

UNIVERSITÉ D'ORLÉANS

ÉCOLE DOCTORALE ÉNERGIE, MATÉRIAUX, SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO)

THÈSE

 présentée par :

Alexane LEGEAY

soutenue le : 28 septembre 2023

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'Université d'Orléans**

Discipline/ Spécialité : Sciences de l'Univers

Effet de la déformation sur l'enregistrement isotopique $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des micas blancs. Approche expérimentale

THÈSE dirigée par :

M. MOREIRA Manuel

Professeur, Université d'Orléans

RAPPORTEURS :

M. LELOUP Philippe Hervé

M. ROLLAND Yann

Directeur de Recherche, Université de Lyon

Maître de Conférences, Université Savoie Mont Blanc

JURY :

Mme ROSE-KOGA Estelle

M. RAIMBOURG Hugues

M. ROLLAND Yann

M. LELOUP Philippe Hervé

Mme BOSSE Valérie

M. GONCALVES Philippe

M. MOREIRA Manuel

M. SCAILLET Stéphane

Directrice de Recherche, ISTO, CNRS Orléans (Présidente du jury)

Professeur, Université d'Orléans

Maître de Conférences, Université Savoie Mont Blanc

Directeur de Recherche, Université de Lyon

Maîtresse de Conférences, Université Clermont Auvergne

Maître de Conférences, Université de Franche Comté

Professeur, Université d'Orléans

Chargé de Recherche, ISTO, CNRS Orléans

INVITÉS :

M. STUNITZ Holger

M. PRECIGOUT Jacques

Professeur, ISTO, Université d'Orléans

Ingénieur de Recherche, ISTO, Université d'Orléans

Remerciements :

Je tiens à remercier, en premier lieu, Stéphane Scaillet, Jacques Précigout et Holger Stünitz pour avoir encadré ce projet de recherche. Je suis reconnaissante pour le temps qu'ils ont pris à m'aider, me guider et me pousser à m'améliorer.

Merci aux membres de mon jury, Mme Rose Koga, Mme Bosse, M. Rolland, M. Leloup, M. Goncalves et M. Raimbourg, pour leur temps et leurs expertises qui ont fait avancer mes réflexions sur ce travail. Un merci particulier pour cette soutenance et cette discussion bienveillante et très enrichissante.

Je souhaiterais également remercier tous les collègues du laboratoire, Angelo, Esteban, Fred, Ida, Jehiel, Patricia, Rémi, Sylvain, qui à un moment de la thèse m'ont apporté leur aide dans la préparation des expériences et des échantillons, ainsi que pour leur expertise lors des analyses.

Un grand merci à toi, Florian, pour ton soutien et ta confiance en moi qui m'ont énormément aidé. J'aurai grand plaisir à retravailler avec toi si l'occasion se présente un jour !

Merci à tous mes amis, Amandine, Amaury, Arnaud, Camille, Fanny, Hugo, Khadija, Lauriane, Nina, pour votre présence, vos encouragements et nos longues discussions. Un merci particulier à vous Hélène et Virginie, pour votre indéfectible soutien !

Enfin, merci à ma famille de toujours être derrière moi, de me soutenir et de m'encourager.

Merci à toi, Tiago, de m'avoir supportée et soutenue durant mes coups de mou et mes coups de folie.

Un dernier mot pour moi, pour le(s) jour(s) où j'aurai l'idée folle de relire cette thèse. Tout n'a pas été rose et tout n'est pas parfait mais tu l'as fait ! Bravo ! Sois fière de toi et garde/gagne confiance en toi.

Table des matières

Remerciements :	II
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux	XX
Chapitre 1 : Introduction générale	1
1.1. Problématique et contexte	2
1.2. Objectifs et stratégie	5
Chapitre 2 : Etat de l'art	6
2.1. Rhéologie et déformation : applications aux micas blancs.....	7
2.1.1. Profils et stratification rhéologique de la croûte.....	7
2.1.2. Localisation de la déformation et rôle des micas dans la rhéologie de la croûte.....	9
2.1.3. Mécanismes de déformation à l'échelle du grain	11
2.1.4. La déformation des micas.....	15
2.2. Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et déformation	22
2.2.1. Diffusion et température de fermeture.....	22
2.2.2. Réouverture du système isotopique : rôle de la déformation et interprétation des âges	
$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les micas blancs	24
Chapitre 3 : Méthodes.....	31
3.1. Méthodologie et stratégie	32
3.2. Déformation expérimentale	32
3.2.1. Presse de Griggs	32
3.2.2. Assemblage et protocole expérimental.....	34
3.2.3. Corrections et analyse des données	36
3.2.4. Matériaux de départ et conditions expérimentales	38
3.3. Imagerie et analyses chimiques	41
3.3.1. Micro-tomographie	41
3.3.2. Microscope électronique à balayage (MEB)	41
3.3.3. Microsonde	42
3.4. Datation <i>in-situ</i> $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	42
3.4.1. Principe de la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	42

3.4.2. Préparation et irradiations des échantillons	43
3.4.3. Analyses spectrométriques	44
Chapitre 4 : Comportement de l'argon dans la muscovite : déformation expérimentale d'un granite isotrope couplée à la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ <i>in-situ</i>	52
4.1. Introduction	53
4.2. Matériau de départ et conditions expérimentales	53
4.3. Résultats	58
4.3.1. Données mécaniques et comportement rhéologique	58
4.3.2. Analyses chimiques des muscovites.....	59
4.3.3. Observations micro-structurales.....	61
4.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	65
4.4. Discussion.....	78
4.4.1. Régime de déformation expérimental.....	78
4.4.2. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences	80
4.4.3. Relations âges vs. température/déformation/eau	82
4.4.4. Mécanismes liés aux pertes d'Ar.....	93
4.5. Conclusion.....	94
Chapitre 5 : Déformation expérimentale d'un gneiss folié : effet de l'anisotropie sur la distribution des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les muscovites.....	96
5.1. Introduction	97
5.2. Matériau de départ et conditions expérimentales	97
5.2.1. Choix et caractérisation du matériau de départ.....	97
5.2.2. Conditions expérimentales	102
5.3. Résultats	104
5.3.1. Chimie des micas traités.....	104
5.3.2. Données mécaniques et comportement rhéologique	105
5.3.3. Observations micro-structurales.....	106
5.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	117
5.4. Discussion.....	124
5.4.1. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences	124

5.4.2. Mécanismes de déformation mis en jeu.....	125
5.4.3. Mécanismes de perte d'argon	129
5.5. Conclusion.....	135
Chapitre 6 : Déformation expérimentale d'un système monocristallin : distribution intragranulaire de la déformation et ses conséquences sur la distribution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ <i>in-situ</i> dans le mica blanc	137
6.1. Introduction	138
6.2. Matériau de départ et conditions expérimentales	138
6.3. Résultats	148
6.3.1. Chimie des produits expérimentaux	148
6.3.2. Données mécaniques et comportement rhéologique	149
6.3.3. Observations micro-structurales	150
6.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	157
6.4. Discussion.....	165
6.4.1. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences	165
6.4.2. Estimation des effets de la diffusion en fonction de la taille effective des grains	167
6.4.3. Vers un modèle de couplage entre comportement rhéologique et redistribution de l'argon	171
6.4.4. Modélisation des coefficients de diffusion dans les voies de diffusion rapide.....	173
6.5. Conclusion.....	177
Chapitre 7 : Synthèse générale et perspectives.....	179
7.1. Evolution des structures de déformation	180
7.2. Corrélation spatiale des âges <i>in-situ</i> $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et des structures de déformation.....	181
7.3. Mécanismes liés aux pertes d'argon.....	184
7.4. Comparaison avec les études expérimentales précédentes	185
7.5. Implications de nos résultats pour l'étude des cas naturels	186
7.5.1. Méthode « <i>step-heating</i> » vs. « <i>in-situ</i> ».....	186
7.5.2. Paramètres de diffusion et température de fermeture	186
7.6. Perspectives	191
Chapitre 8 : Références bibliographiques.....	192
Chapitre 9 : Annexes	206

9.1. Chapitre 4 :	207
9.1.1. Analyses chimiques	207
9.1.2. Données isotopiques.....	211
9.2. Chapitre 5 :	250
9.2.1. Données chimiques.....	250
9.2.2. Données isotopiques.....	258
9.3. Chapitre 6 :	289
9.3.1. Données chimiques.....	289
9.3.2. Données isotopiques.....	293
9.4. Participation à des congrès scientifiques	320
9.4.1. EGU, Vienne, 2019	320
9.4.2. RST, Lyon, 2021	321

Liste des figures

Figure 1-1 : Carte des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ, obtenue par Krigeage, d'une muscovite déformée. L'alignement sub-parallèle au plan de cisaillement des âges les plus jeunes est interprété comme une bande de cisaillement traversant la muscovite. D'après Kramar et al. (2001).	4
Figure 2-1 : Comportement mécanique simplifié des roches lors de déformation.	7
Figure 2-2 : Profil rhéologique de la croûte continentale simplifié. (1) Comportement cassant régi par la loi de Byerlee. (2) Comportement visqueux régi par des lois de fluage (Scholz, 1988).	9
Figure 2-3 : Mécanismes de cataclase. (a) Schéma d'une fabrique cataclastique avec des fragments de roches anguleux de toutes tailles dans une matrice de grain plus fin (d'après Passchier et Trouw, 2005). (b) Image MEB d'une gouge de faille déformée expérimentale.	12
Figure 2-4 : Mécanismes liés au fluage dislocation. Les dislocations sont distribuées de manière homogène dans le grain provoquant une extinction ondulante. Lors de leur déplacement, les dislocations peuvent se concentrer dans certaines zones et ainsi conduire à la formation de kinks ou encore de sous-grains. (D'après Passchier et Trouw, 2005).	13
Figure 2-5 : Les trois principaux mécanismes de recristallisation dynamique. (1) Recristallisation par migration des joints de grain. (2) Recristallisation par rotation des sous-grains (3) la recristallisation par gonflement en bordure de grain. (D'après Passchier et Trouw, 2005).	14
Figure 2-6 : Modèle pour expliquer la formation des kinks. A ; flexion élastique d'un cristal selon le plan de glissement (001). B : l'augmentation de la contrainte entraîne l'augmentation de la densité de dislocations et la formation de murs de dislocations. Formation d'un premier kink (KB1). C : formation de nouveaux murs de dislocations avec la poursuite du raccourcissement et création d'une nouvelle génération de kink (KB2) dans la zone de désorientation du réseau (au sein de KB1). D : Dilatation des plans de glissement (001) au niveau des bordures des kinks. d est la largeur, elle est constante. (D'après Bell et al., 1986).	17
Figure 2-7 : Le mécanisme pression-solution. (a) Schéma retraçant les étapes du mécanisme de pression-solution. (1) Matrice de grain avant déformation (2) application d'une contrainte générant une pression sur les bordures verticales des grains. Cette pression entraîne la dissolution d'une partie de grain qui va se déplacer dans les zones de moindre pression à travers un fluide intergranulaire. (3) Matrice de grain après déformation. La forme des grains a changé, ils se sont allongés. (d'après McClay, 1977). (b) Photo d'une matrice de grain de Quartz ayant subi une pression-solution au niveau du contact entre les deux grains. Les bordures des grains détritiques sont conservées à l'intérieur des surcroissances (Beach, 1982).	20
Figure 2-8 : Concept de température de fermeture (T_c ; Dodson, 1973) : thermo-dépendance de la fermeture du système. L'âge apparent correspond à l'âge de refroidissement. L'accumulation efficace est représentée de façon schématique.	23

Figure 2-9 : Spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ par step-heating de muscovites non-déformées (en rouge et noir) et d'une muscovite déformée (en bleu) issus de l'étude de Mulch et al. (2002). Les âges des premiers paliers de température sont interprétés comme liés à la déformation tandis que les paliers de haute température conservent l'âge initial de la muscovite.....	26
Figure 2-10 : Spectre des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ (classés par ordre croissant) mesurés dans les muscovites de l'échantillon de granite déformé de Cosca et al. (2011). Les pertes d'argon varient entre 0 et 16 % par rapport à l'âge plateau (311 ± 2 Ma, représenté schématiquement) mesuré dans les muscovites du granite non déformé.....	30
Figure 3-1 : Presse de Griggs en 3D (d'après Précigout et al., 2018). L'échantillon est placé au cœur de l'assemblage. Le piston σ_3 permet d'appliquer la pression de confinement et le piston σ_1 permet d'appliquer la déformation.	33
Figure 3-2 : Assemblage nécessaire à la pression de confinement dans les expériences réalisées avec une presse de Griggs. Il est constitué en majorité de sel (NaCl). La déformation est appliquée avec l'avancée du piston σ_1 tandis que la pression de confinement est maintenue par le piston σ_3	36
Figure 3-3 : (a) Courbe de la force en fonction du temps qui permet d'établir le point de contact ou hit-point. (b) Courbe de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de déformation pour une expérience donnée.	37
Figure 3-4 : Photos des hublots contenant les échantillons sous ultra-vide. (a) échantillon déformé positionné pour être analysé à plat (chapitre 4 et 5). (b) échantillon déformé et positionné pour être analysé sur la tranche (chapitre 6).	45
Figure 3-5 : Exemples de spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus par chauffe par paliers de température (step-heating). (a) spectre donnant un âge « plateau ». (b) spectre d'âge complexe pouvant représenter un gradient de concentration d'argon dans le minéral. (c) spectre d'âge complexe.....	46
Figure 3-6 : Ligne d'extraction et de purification pour les analyses de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ composée d'un hublot, de pièges chimiques et physiques où les gaz libérés sont purifiés afin d'être analysés par le spectromètre de masse.	47
Figure 3-7 : Spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des échantillons datés de manière in-situ. Les âges mesurés sont classés par ordre croissant pour mieux distinguer les rajeunissements enregistrés et faciliter la comparaison des spectres des différents échantillons.....	49
Figure 3-8 : Rapports isotopiques $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des âges présentés dans la figure 3-7. Les différents rapports sont stables et proches de zéro ce qui suggère une absence de perturbation du système isotopique.	50
Figure 3-9 : Densités de probabilité empiriques montrant les distributions des âges calculés pour les spectres de la figure 3-7.	51
Figure 4-1 : Carte de la localisation de l'échantillon d'étude, modifié d'après Turrillot et al. (2011). (a) Carte schématique du Massif Armoricain. (b) Carte géologique de la zone de prélèvement. [Coordonnées GPS : $47^\circ 33' 39'' - 2^\circ 59' 39''$].	53

Figure 4-2 : (a) Photo macroscopique du granite de Carnac. (b) Image BSE. (c), (d) et (e) photos en lumière polarisée et analysée de muscovites. Ce granite isotrope présente des grains de biotite (bi), Feldspath potassique (Fk), plagioclase (Pl), quartz (Q) et mica blanc (Wm). La biotite est très régulièrement associée aux muscovites..... 54

Figure 4-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition des muscovites présentes dans le matériau de départ (SM) et dans les échantillons CAR1 et CAR3. Les trois échantillons présentent des compositions similaires (pôle muscovite entre 80 à 87 %) (voir tableau 4-3). 55

Figure 4-4 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation (1.2 GPa, 650 °C pour une vitesse de déformation de 10^{-6} s^{-1}). Les courbes bleues représentent les expériences hydratées (0.2 %.poids d'eau) et les courbes rouges les expériences sans eau ajoutée. 59

Figure 4-5 : Cartographie de la composition chimique d'une partie de l'échantillon CAR3 réalisée à la microsonde. Les compositions chimiques sont très homogènes pour chaque phase minérale, aucune couronne réactionnelle ou zonation n'est visible au sein de la muscovite (en orange)..... 60

Figure 4-6 : Photos MEB des expériences réalisées à la presse de Griggs. (a), (b) et (c) sont les expériences statiques (hot-pressing) : CAR1, CAR5 et CAR8 respectivement. (d), (e) et (f) sont les expériences en déformation sans eau ajoutée : CAR2, CAR3 et CAR4 respectivement. (g) et (h) sont les expériences en déformation avec 0.2 %.pds d'eau ajoutée : CAR6 et CAR7 respectivement. La direction de la contrainte principale est représentée par σ_1 62

Figure 4-7 : Structures de déformation au sein de l'échantillon CAR3. (a) Reconstruction tomographique 3-D de l'échantillon. (b) Image SEM de la section datée, l'échantillon possède de nombreuses fissures de décompression. (c) zoom sur la zone de cisaillement. Les bandes de cisaillement présentes dans l'échantillon se situent tout le long de la zone de cisaillement. 63

Figure 4-8 : Photos en lumière polarisée et analysée (LPA) des muscovites de CAR3 (section non-datée). Cette section est la deuxième moitié de l'échantillon et correspond au vis-à-vis de la section de la figure 4-9. (a) et (b) sont des muscovites éloignées de la zone de cisaillement et qui sont présentes également dans la section datée. (c) et (d) Muscovites aux abords de la zone de cisaillement..... 64

Figure 4-9 : Structures de déformation au sein de l'échantillon CAR7. (a) Reconstruction tomographique 3-D de l'échantillon. (b) Image SEM de la section datée, l'échantillon possède des fissures de décompression. (c) Les bandes de cisaillement présentes dans l'échantillon se distribuent principalement au centre de la section..... 65

Figure 4-10 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM). (a) Spectre des âges mesurés dans les muscovites du matériau de départ. Les âges sont triés par ordre croissant. (b) et (c) Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein des monograins de muscovite du matériau de départ. La répartition spatiale des âges est très homogène. 66

Figure 4-11 : Rapports isotopiques de l' ^{36}Ar déduits des mesures ponctuelles (normalisé sur l' ^{39}Ar) pour les différents échantillons. Les analyses sont classées par âge croissant. De (a) à (h), respectivement SM (matériau de départ), CAR1 (expérience statique), CAR2 (16 % de raccourcissement), CAR3 (26 % de raccourcissement), CAR4 (28 % de raccourcissement), CAR5 (expérience statique avec eau), CAR6 (12 % de raccourcissement avec eau) et CAR7 (26 % de raccourcissement avec eau). Le granite initial (a), les expériences statiques CAR1 (b) et CAR5 (f) ainsi que les expériences de déformation CAR2 (c), CAR4 (e) et CAR6 (g) présentent des rapports isotopiques très faibles (proches de zéro). Les expériences CAR3 (c) et CAR7 (h) présentent des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés qui varient de 1 à 2 ordres de grandeur..... 67

Figure 4-12 : Distribution des âges in-situ dans les échantillons sans eau ajoutée. CAR1 : expérience statique (WMA) ; CAR2, CAR 3 et CAR4 : expériences de déformation (TGA). La majorité des âges des échantillons déformés se superposent à CAR1 (hot pressing) puis les âges mesurés tendent à s'en éloigner. Les mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des expériences de déformation montrent des rajeunissements prononcés. 69

Figure 4-13 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des différents échantillons. (a) matériau de départ et expériences statiques. (b) expériences sans eau ajoutée. (c) expériences avec 0.2 %.pds d'eau ajoutée. (d) Distribution des échantillons CAR1 (expérience statique), CAR4 (déformation sans eau ajoutée) et CAR7 (déformation avec ajout d'eau)..... 69

Figure 4-14 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenus sur les muscovites de CAR1 (expérience statique sans eau ajoutée). La distribution des âges est plutôt homogène avec quelques âges plus jeunes enregistrés en bordure de muscovite..... 70

Figure 4-15 : Distribution des mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ des échantillons avec de l'eau ajoutée. CAR5 : expérience statique (HP) avec 0.2 %.pds d'eau ajoutée ; CAR6 et CAR7 : expériences de déformation avec 0.2 %.pds d'eau ajoutée. Les deux expériences statiques se superposent sur presque tous les âges mesurés. Les muscovites de CAR6 enregistrent des pertes significatives (25 % des âges sont plus jeunes que l'âge moyen de CAR5). CAR7 ne présente que peu d'âges se superposant avec les expériences statiques traduisant un important rajeunissement de toutes les muscovites. La quantité de raccourcissement appliquée est corrélée avec le rajeunissement des âges. 71

Figure 4-16 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus sur les muscovites de CAR5 (expérience statique avec 0.2 %.pds d'eau ajoutée). La distribution des âges in-situ est plutôt homogène avec quelques âges plus jeunes en bordure de muscovite. 72

Figure 4-17 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus sur les muscovites de CAR2 (16 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites et entre elles. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans les muscovites (a, b et h). Les âges les plus récents se concentrent soit en bordure de muscovite, soit dans celles de petite taille (a, b, c, d et g). Plusieurs muscovites, datées dans le plan (001) ont des âges homogènes (f, i et j)..... 73

Figure 4-18 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus pour CAR3 (26 % de raccourcissement). (a) muscovite proche de la zone de cisaillement montrant une diminution des âges à l'approche de cette dernière. (b), (c) et (d) muscovites éloignées de la zone de cisaillement. Des variations d'âge intragrain sont enregistrées, notamment dans la muscovite (a). 74

Figure 4-19 : Corrélation entre la répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans la muscovite de la figure 4-18a et la zone de cisaillement (CAR3). Rajeunissement apparent des âges à proximité du micro-cisaillement indiquant un effet de la déformation localisée. 75

Figure 4-20 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR4 (28 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites et entre elles. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans les muscovites (b, d, et e). Les âges les plus récents se concentrent soit en bordure de muscovites, soit dans celles de petite taille (d, e et f). Plusieurs muscovites ont des âges homogènes (c et g). 76

Figure 4-21 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR6 (12 % de raccourcissement avec 0.2 % pds d'eau ajoutée). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans toutes les muscovites. Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovite. 77

Figure 4-22 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR7 (26 % de raccourcissement avec 0.2 % pds d'eau ajoutée). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans toutes les muscovites. Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovite (a, b, c et d) et au sein des muscovites de petite taille (b, e, f et g). 78

Figure 4-23 : Perte fractionnelle d'argon théorique vs. pertes empiriques dans les muscovites de nos échantillons expérimentaux. (a) perte théorique d'argon en fonction de Dt/a^2 , D est calculé à partir des données de Hames et Bowring (1994). (b) pertes d'argon enregistrées dans nos muscovites. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$, de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$. Des pertes théoriques correspondantes à celles enregistrées dans nos échantillons expérimentaux demanderaient des tailles de grain de 6 à 9 ordres de grandeur plus petites. 85

Figure 4-24 : Perte fractionnelle d'argon théorique et empirique en fonction de la distance fractionnelle entre le cœur et la bordure des grains de muscovite. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (a), de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (b) et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (c). 88

Figure 4-25 : Diagramme synthétique reportant les résultats des distributions des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de plusieurs échantillons (matériau de départ, CAR1, CAR4 et CAR7) et permettant d'illustrer l'effet des différents paramètres investigués (température, déformation et eau ajoutée) sur les gammes d'âges

(pertes) induites lors des expériences. Les pertes les plus prononcées sont associées aux échantillons les plus déformés. La température et l'eau montrent des rajeunissements homogènes entre SM et CAR1 (zone rouge) et entre CAR4 et CAR7 (zone bleue). La déformation présente un rajeunissement hétérogène au sein des échantillons (zone grise)..... 92

Figure 5-1 : Gneiss de Norvège servant de matériau de départ des expériences sur un matériau pré-déformé anisotropique. (a) échantillon macroscopique du gneiss sélectionné. (b) disque de roche (6 mm de diamètre) foré dans le gneiss puis utilisé pour la datation des micas blancs. (c) et (d) photos SEM dans le plan de foliation (001). (e) et (f) photos SEM dans le plan normal au plan de foliation. Ce gneiss possède de nombreux micas blancs et noirs souvent associés. La flèche bleue témoigne de taille de grain/sous-domaine supérieure à 20 μm 98

Figure 5-2 : Photos du matériau de départ prises au microscope optique en LPA (a) et LPNA (b) La foliation se compose d'une alternance de niveaux riches en micas (biotite + muscovite) et de niveaux riches en quartz et feldspaths..... 99

Figure 5-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition des muscovites du gneiss de Norvège (SM) et dans les échantillons expérimentaux NOR1, NOR2a et b, NOR3 et NOR4. La muscovite présente une composition homogène sur l'ensemble des échantillons avec une faible variation (< 1.5 %) des éléments majeurs analysés (voir tableaux 5-1 et 5-3)..... 99

Figure 5-4 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ des muscovites de l'échantillon de gneiss de Norvège utilisé comme matériau de départ dans les expériences de déformation. (a) Spectre des âges classés par ordre croissant. ((b), (c), (d), (e) et (f) répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein du matériau de départ. La distribution des âges est plutôt homogène..... 101

Figure 5-5 : Photos des assemblages post-expérimentaux. Les flèches de polarité indiquent le sommet (T) des assemblages, les flèches rouges montrent les emplacements des thermocouples et les flèches bleues montrent des fissures observées sur NOR1 et NOR4 à l'issue des expériences. La chemise de platine de NOR1 présente une grande fissure à sa base. Les chemises de platine des expériences de déformation (NOR2, NOR3 et NOR4) épousent les formes des échantillons déformés. La chemise de platine de NOR4 présente une petite fissure au-dessus de la marque du thermocouple. 103

Figure 5-6 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation sur des échantillons de gneiss de Norvège (1.5 GPa, 650 °C). En vert : NOR2, l'expérience s'arrêtant au pic de contrainte ; en rose : NOR3, expérience avec 16 % de raccourcissement ; en bleu : expérience avec 32 % de raccourcissement... 106

Figure 5-7 : Reconstruction tomographique des échantillons. (a), (d), (g) et (j) avant le passage à la presse de Griggs des échantillons NOR1, NOR2, NOR3 et NOR4 respectivement. (b), (c), (e), (f), (h), (i), (k) et (l) après les expériences. (e) correspond à NOR2a et (f) à NOR2b dans la suite des figures. Des zones de cisaillement conjuguées sont visibles dans les échantillons NOR3 et NOR4. 107

Figure 5-8 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR1 (expérience statique). Quelques bandes de cisaillement sont visibles dans l'échantillon (a) et (b). Certaines muscovites

présentent des déformations internes (b) et (c). De rares porphyroclastes de quartz possèdent des grains recristallisés à leur bordure (d). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite] 108

Figure 5-9 : Photos SEM de l'échantillon NOR1. L'échantillon a été coupé en 2 en son milieu, des observations microstructurales ont été réalisées de part et d'autre, ces 2 sections de roches correspondent aux volumes b et c de la figure 5-6. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm sont visibles. La flèche jaune montre la zone où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont identifiés. 109

Figure 5-10 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR2 (expérience arrêtée au pic de contrainte). Quelques bandes de cisaillement sont visibles dans l'échantillon (a) et (b). Certaines muscovites présentent des déformations internes (b) et (c). De rares porphyroclastes de quartz possèdent des grains recristallisés à leur bordure (d). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite] 110

Figure 5-11 : Photos SEM de l'échantillon NOR2a. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks sont visibles et se concentrent dans la partie supérieure de l'échantillon (a). Les muscovites dans la partie inférieure de l'échantillon sont de forme sigmoïdale et sont similaires à celles du gneiss de Norvège initial (b et c)..... 111

Figure 5-12 : Photos SEM de l'échantillon NOR2b. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks ou encore des bandes de cisaillement sont visibles et se concentrent dans la partie supérieure de l'échantillon. 112

Figure 5-13 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR3 (16 % de raccourcissement). Les muscovites présentent des déformations internes (b) et (e), de même que les grains de quartz (c), (d) et (f). Les cœurs des bandes de cisaillement sont constitués de zones de mélange (e). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite] 113

Figure 5-14 : Photos SEM de l'échantillon NOR3. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks ou encore des bandes de cisaillement sont visibles. Des zones de cisaillement traversent l'échantillon..... 114

Figure 5-15 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR4 (32 % de raccourcissement). Les muscovites présentent des déformations internes (b) et (c), de même que les grains de quartz (d) et (f). les cœurs de bandes de cisaillement sont constitués de zones de mélange (e) et (f). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite] 115

Figure 5-16 : Photos SEM de l'échantillon NOR4. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où

des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 μm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des bandes de cisaillement sont visibles. Une zone de cisaillement traverse l'échantillon. 116

Figure 5-17 : Rapports isotopiques de l' ^{36}Ar , normalisé par rapport à l' ^{39}Ar , pour les différents échantillons. Les mesures sont classées par ordre croissant des âges. Les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour le matériau de départ (SM) et pour NOR2 restent constants. Pour les trois autres échantillons, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plus élevés de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport au matériau de départ et varient en fonction des âges mesurés. Une tendance générale est observée avec l'augmentation du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en fonction du rajeunissement des âges. 117

Figure 5-18: Spectres des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ, de l'expérience statique (NOR1), de l'expérience arrêtée au pic de contrainte (NOR2) ainsi que des échantillons déformés (NOR3 et NOR4). Le matériau de départ présente une distribution homogène. La première moitié des âges de NOR1 est similaire au matériau de départ, la suivante présente des âges significativement plus jeunes. NOR2 présente des âges essentiellement similaires au matériau de départ, avec seulement quelques âges ponctuellement plus jeunes. NOR3 et NOR4 montrent des âges rajeunis qui s'écartent significativement de la tendance homogène définie par le matériau de départ et NOR2, tout en décrivant une distribution continue des âges depuis le plus jeune jusqu'à l'âge d'origine (SM). 119

Figure 5-19 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés sur les muscovites des différentes expériences. Les distributions du matériau de départ et de NOR2 présentent un pic principal commun, bien défini à 425 Ma, avec proportionnellement peu d'âges enregistrés sous 400 Ma. Les autres distributions partagent un pic dominant vers 425 Ma, commun avec le matériau de départ, puis un étalement vers les âges plus récents avec une décroissance progressive (NOR4) ou l'apparition de pics secondaires isolés (NOR1 et NOR3), jusqu'à des âges aussi jeunes que 127 Ma (NOR3). 119

Figure 5-20: Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de l'expérience statique (NOR1). La distribution spatiale est plutôt hétérogène. 120

Figure 5-21 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR2 (expérience au pic de contrainte). La distribution spatiale est globalement homogène avec quelques âges plus jeunes en bordure et dans les muscovites de petite tailles (a, c, f, i et m). 121

Figure 5-22 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR3 (16 % de raccourcissement). La distribution spatiale est hétérogène, avec des gradients cœur-bordure (j, l, m, o, p). Les muscovites de petite taille enregistrent de forts rajeunissements, jusqu'à 127 Ma (d, e, f, g, l). 122

Figure 5-23 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR4 (32 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans plusieurs muscovites (c, d, i, l). Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovites (c, d, i, j) et au sein des muscovites de petite taille (a, e). 123

Figure 5-24 : Perte fractionnelle d'argon théorique vs. pertes empiriques dans les muscovites de nos échantillons expérimentaux de gneiss. (a) perte théorique d'argon en fonction de Dt/a^2 , D est calculé

à partir des données de Hames et Bowring (1994). (b) pertes d'argon enregistrées dans nos muscovites. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$, de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$. Des pertes théoriques correspondantes à celles enregistrées dans nos échantillons expérimentaux demanderaient des tailles de grain de 6 à 10 ordres de grandeur plus petites. 130

Figure 5-25 : Perte fractionnelle d'argon théorique et empirique en fonction de la distance fractionnelle entre le cœur et la bordure des grains de muscovite. Les calculs effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (a), de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (b) et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (c). 134

Figure 6-1 : Matériaux de départ utilisés lors des expériences de recuit statique et de déformation réalisées à la presse de Griggs. Deux séries d'expériences ont été réalisées : la première utilisant un mélange de poudre de calcite et de muscovite (70 % - 30 %) ; la deuxième, utilisant un monocristal de mica blanc (Lépidolite). 139

Figure 6-2 : Photo et schéma de l'échantillon CM2. Le mélange de poudre (calcite + muscovite) a été déformé en cisaillement. Les muscovites ont été cisailées et se présentent sous forme sigmoïdale. L'échantillon s'est cependant fracturé durant la décompression et n'est plus cohésif, rendant impossible la reconstitution de l'échantillon à l'extraction de la chemise de platine et la datation in-situ en fonction des structures. 140

Figure 6-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition de la lépidolite initiale (SM), dans les expériences statiques LEP1 et LEP2 ainsi que dans l'échantillon LEP3. Les trois échantillons présentent des compositions similaires avec une proportion de muscovite majoritaire (82 à 90 %) (voir tableaux 1 et 3). 142

Figure 6-4 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein du matériau de départ. (a) Spectre des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM). (b) répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. les datations ont été réalisées dans le plan (001) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 50 μm de diamètre. (c) Quelques mesures ont été effectuées sur la tranche de l'échantillon. Quelle que soit l'orientation de la lépidolite, la distribution des âges est plutôt homogène dans tout le disque. 144

Figure 6-5 : Schémas de l'assemblage et de la disposition des disques de lépidolite et du mélange de poudre à l'intérieure des chemises de platine. (a) assemblage solide utilisé lors des expériences à la presse de Griggs (cf. fig. 3-2) ; (b) disposition des disques de lépidolite pour LEP2 et LEP3, les pistons sont coupés à 45 °, de la poudre (70% calcite – 30 % muscovite) a été rajoutée pour que l'échantillon reste centré entre les deux pistons ; (c) disposition de la lépidolite pour LEP1, les pistons sont coupés perpendiculairement à σ_1 et de la poudre a été rajoutée autour et au-dessus de l'échantillon pour accommoder la déformation durant la montée en pression et température. 146

Figure 6-6 : Photos des assemblages post-expérimentaux. Les flèches de polarité indiquent le sommet (T) des assemblages, les flèches rouges montrent les emplacements des thermocouples et les flèches bleues montrent des fissures. La chemise de platine de LEP1 présente un bourrelet central au niveau de l'échantillon. Les chemises de LEP2 et LEP3 (expériences en cisaillement) présentent de nombreuses modifications de forme : les chemises suivent les contours des pistons qui se sont décalés au cours des expériences. Quelques fissures (flèches bleues) sont présentes, principalement au niveau des pointes des pistons 147

Figure 6-7 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation (1.5 GPa, 650 °C). En bleu : LEP3, déformation non-coaxiale d'une pastille de lépidolite ; en noir : CM2, déformation non-coaxiale du mélange de poudre (30 % muscovite et 70 % de calcite) ; en rouge : CM1, déformation non-coaxiale du mélange de poudre (30 % muscovite et 70 % de calcite) (voir tableau 1). 150

Figure 6-8 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine du hot pressing coaxial (LEP1) réalisé à partir des images SEM. La section datée est entourée d'un liseré bleu, figurée au-dessus avec de multiples ablations d'une taille de 100 µm. Des fractures de décompression sont visibles dans la poudre (zones blanches). 151

Figure 6-9 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP1 (expérience statique coaxiale). Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont visibles. Les flèches grises montrent les zones où les sous-domaines sont d'une taille supérieure à 20 µm. Des structures de déformation cassantes (kinks) sont présentes et se situent principalement au centre de l'échantillon. Les sous-domaines avec les tailles les plus faibles sont situés aux abords des kinks. ... 152

Figure 6-10 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine du hot pressing non-coaxial (LEP2) réalisé à partir des images SEM. La zone analysée est entourée d'un liseré bleu et comporte de multiples ablations d'une taille de 100 µm. La partie centrale présente un micro-cisaillement et les deux extrémités présentent des structures de déformation cassantes (kinks). 153

Figure 6-11 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP2. Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 µm sont visibles. Les flèches grises montrent les zones ou sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm. Les zones rouges correspondent aux zones de cisaillement. Des structures cassantes sont présentes aux deux extrémités de la lépidolite (a), (f) et (g). Le centre de l'échantillon présente une zone de cisaillement (b), (c), (d) et (e). Les sous-domaines de petite taille sont localisés aux abords de cette zone ainsi qu'au niveau des kinks..... 154

Figure 6-12 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine de l'échantillon déformé (LEP3) réalisé à partir des images SEM. La zone analysée est entourée d'un liseré bleu et comporte de multiples ablations d'une taille de 100 µm dans la partie amincie et de deux ablations de 50 µm dans la partie extrudée. La première partie se compose d'une grande zone de cisaillement et l'extrémité inférieure présente quelques kinks. 155

Figure 6-13 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP3. Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 μm sont visibles. Les flèches grises montrent les zones ou sous-domaines d'une taille supérieure à 20 μm . Les zones rouges correspondent aux zones de cisaillement. Des structures cassantes sont présentes à l'extrémité inférieure de la lépidolite, elles sont sub-parallèles à la direction de cisaillement (e). La partie supérieure de l'échantillon présente une zone de cisaillement (a), (b), (c) et (d). Les sous-domaines de petite taille sont localisés aux abords de cette zone..... 156

Figure 6-14 : Rapports isotopiques de l' ^{36}Ar , ^{37}Ar et ^{38}Ar déduits des mesures ponctuelles (normalisés sur l' ^{39}Ar) pour les différents échantillons. Les mesures sont classées par ordre croissant des âges. Les rapports $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont similaires pour les quatre échantillons. Le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour le matériau de départ (SM) reste constant. Pour les trois autres échantillons, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plus élevés de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport au matériau de départ et varient : pour LEP1 (expérience statique coaxiale), les rapports les plus élevés correspondent aux âges les plus vieux alors que pour les deux expériences en cisaillement (LEP2 et LEP3), les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ les plus élevés correspondent aux âges les plus jeunes. 157

Figure 6-15 : Spectres des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM), des expériences de recuit statique (LEP1 et LEP2) ainsi que de l'échantillon déformé (LEP3). Le matériau de départ et LEP1 présentent une distribution homogène. LEP2 et LEP3 montrent des âges rajeunis qui s'écartent significativement de la tendance homogène définie par les deux autres échantillons..... 158

Figure 6-16 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite du hot pressing coaxial (LEP1). (a) Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 100 μm de diamètre. (b) Quelques mesures ont été réalisées dans le plan (001). La répartition spatiale des âges est très homogène pour les deux orientations (plan 001 et sur tranche). 160

Figure 6-17 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite déformée du hot pressing non-coaxial (LEP2). Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 100 μm de diamètre. La distribution spatiale des âges est contrôlée par la microstructure. Les âges sont plutôt homogènes aux deux extrémités mais varient fortement au centre de l'échantillon en relation avec la déformation cisailante localisée au centre de l'échantillon..... 161

Figure 6-18 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite de l'échantillon déformé (LEP3). (a) Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 100 μm de diamètre ou de deux ablations de 50 μm contigües. (b) Quelques mesures ont été effectuées dans le plan (001) en complément. La distribution des âges est très hétérogène. La partie inférieure de la lépidolite présente la majorité des âges anciens (>420 Ma). 163

Figure 6-19 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des différents échantillons. Les distributions du matériau de départ et du hot-pressing coaxial (LEP1) présentent un pic principal (respectivement entre 480 et 500 Ma et entre 485 et 510 Ma). Les deux expériences coaxiales (LEP2 et LEP3) possèdent des distributions beaucoup plus étendues (entre 200 et 520 Ma). LEP2 possède un pic principal qui se superpose avec celui du matériau de départ et des pics secondaires pour des âges de 370 à 460 Ma. LEP3 ne possède pas de pic principal mais une gamme d'âge très étendue (de 200 à 520 Ma). 164

Figure 6-20 : Estimation du rayon de diffusion requis pour expliquer la perte fractionnelle pour un cristal parfait et pour un cristal comportant des défauts intracristallins (selon nos conditions expérimentales : 650 °C, 170h). Les paramètres de diffusion utilisés sont $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (courbes bleue et violette ; Hames et Bowring, 1994) ; $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (courbes jaune et rouge ; Harrison et al., 2009) et $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (courbes verte et grise ; Nteme et al., 2022). Les courbes « Hames diff, Harrison diff et Nteme diff », explorent les pertes d'argon théoriques en fonction du rayon de diffusion pour un cristal parfait : pour obtenir une perte de 10 % d'argon, un rayon de diffusion maximal de 9, 24 et 0.06 μm respectivement est nécessaire en fonction du jeu de paramètre adopté. Les courbes « Hames def, Harrison def et Nteme def » décrivent les pertes d'argon en fonction du rayon de diffusion compte tenu de la présence de défaut (énergie d'activation divisée par 2 ; Kramar et al., 2003) : pour obtenir une perte maximale de 56 % d'argon (LEP3), le rayon de diffusion nécessaire serait de ~5 mm, ~8.5 mm et 80 μm respectivement 168

Figure 6-21 : Modèle d'évolution des relations structure-déformation le long d'une courbe mécanique de déformation. (1) le premier stade correspond à la nucléation de kinks ; (2) Le second stade comprend la croissance des kinks et la formation de plans de cisaillement dans lesquelles les kinks viennent s'enraciner, s'apparentant aux structures observées dans l'échantillon LEP2 ; (3) le troisième stade correspond à la croissance des zones de cisaillement au détriment des kinks qui disparaissent. (4) le dernier stade hypothétique correspond au stade ultime (non observé ici), où les kinks ont complètement disparu par transposition dans la foliation (d'après Paterson et Weiss, 1966 ; et Misra et al., 2012)..... 173

Figure 6-22 : Modélisation des coefficients de diffusion (diffusivité) des chemins de diffusion rapide dans les micas blancs selon nos données expérimentales ($t = 170 \text{ h}$, pastille de 6 mm de diamètre), pour différents écartements interfoliaires et pour différentes densités de défauts. La courbe rouge modélise les coefficients de diffusion pour un rayon de diffusion effectif $a = 1 \text{ mm}$, la courbe bleue pour un rayon de $a = 3 \text{ mm}$. La diffusion le long des voies de diffusion rapide est de 5 à 6 ordres de grandeur supérieurs à la diffusion volumique estimée dans nos expériences (couche grise). 177

Figure 7-1 : Distribution cœur-bordure des pertes fractionnelles d'argon à travers les micas blancs des échantillons de granite traités expérimentalement (chapitre 4). En abscisse, le 0 correspond au cœur de l'échantillon et 1 à la bordure. Les courbes marron et rouge sont les expériences statiques (perte très faible), les courbes verte, rose et violette sont les expériences de déformation sans eau et les courbes bleues sont les expériences de déformation avec eau. 182

Figure 7-2 : Distribution cœur-bordure des pertes fractionnelles d'argon à travers les micas blancs des échantillons de gneiss traités expérimentalement (chapitre 5). En abscisse, le 0 correspond au cœur de l'échantillon et 1 à la bordure. NOR1 (l'expérience statique) et NOR2 (expérience au pic de déformation) ne présentent pas de muscovites possédant des variations coeur-bordure. Les muscovites des expériences NOR3 et NOR4 (expériences de déformation de 16 et 32% de raccourcissement) présentent des âges plus récents en bordure et plus vieux au cœur. 183

Figure 7-3 : Perte fractionnelle d'argon le long de gradients cœur-bordure des zones de cisaillement des échantillons déformés du chapitre VI (lépidolite), le 0 correspond au cœur de la zone de cisaillement et le 1 correspond aux âges éloignés de la zone intensément déformée (abscisse). Les profils montrent un rajeunissement des âges au cœur des zones de cisaillement et des âges plus anciens lorsque l'on s'éloigne de la structure de déformation. 184

Figure 7-4 : Diffusivité de l' ^{40}Ar dans la muscovite. Modélisation des paramètres proposés dans la littérature (Hames et Bowring, 1994 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$; Harrison et al., 2009 : $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$; Kramar et al., 2003 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 58 \text{ kcal/mol}$; et Nteme et al., 2022 : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$) et de ceux issus des résultats de Kramar et al. (2003) portant sur la diffusivité de l'argon au sein d'une muscovite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts). 188

Figure 7-5 : Diffusivité de l' ^{40}Ar dans la muscovite. Modélisation des paramètres proposés dans la littérature (Hames et Bowring, 1994 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$; Harrison et al., 2009 : $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$; Kramar et al., 2003 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 58 \text{ kcal/mol}$; et Nteme et al., 2022 : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$) et de ceux issus des résultats du chapitre 6, portant sur la diffusivité de l'argon au sein de lépidolite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts). Les coefficients des trois types de diffusion sont plus élevés de plusieurs ordres de grandeurs que ceux proposés dans la littérature. 189

Figure 7-6 : Diffusivité de l' ^{40}Ar dans la muscovite. Modélisation des paramètres selon les résultats de Kramar et al. (2003) portant sur la diffusivité de l'argon au sein d'une muscovite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts) et comparés à nos résultats portant sur de la lépidolite déformée. 190

Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Récapitulatif des expériences réalisées avec la presse de Griggs. Chaque matériau de départ est distingué par une couleur et fait l'objet d'un chapitre dédié. [Poudre : mélange de poudre : 70 % de calcite et 30 % de muscovite ; HP : hot pressing (expérience statique)].	40
Tableau 3-2 : Principales réactions d'interférence durant l'irradiation (Brereton, 1970 ; McDougall et Harrison, 1999).	48
Tableau 4-1 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM, moyenne sur 53 analyses).	56
Tableau 4-2 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir du granite de Carnac [HP : hot pressing (expérience statique)].	57
Tableau 4-3 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM), de CAR1 (expérience statique) et de CAR3 (expérience de déformation) (moyenne sur 53, 51 et 78 analyses respectivement).	61
Tableau 4-4 : Récapitulatif des données $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenues sur le matériau de départ (SM) et les échantillons déformés expérimentalement à la presse de Griggs aux conditions indiquées dans le tableau 4-1.	68
Tableau 4-5 : Récapitulatif des pertes fractionnelles empiriques calculées à partir des datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig. 4-21) [HP : hot pressing]	86
Tableau 4-6 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la distance coeur-bordure des muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig.4-24).	89
Tableau 5-1 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM, pour "Starting Material") (N = 39 analyses ponctuelles).	100
Tableau 5-2 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir d'un échantillon pré-déformé (gneiss). [HP : hot pressing (expérience statique)].	102
Tableau 5-3 : Composition chimique des muscovites du gneiss de Norvège (SM), de l'expérience statique (NOR1), de l'expérience arrêtée au pic de contrainte (NOR2a et NOR2b) et des expériences de déformation coaxiale (NOR3 et NOR4) (moyenne sur 39, 69, 53, 50, 77 et 102 analyses respectivement).	105
Tableau 5-4 : Récapitulatif des âges in-situ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur muscovites et des pertes d'argon induites. SM: matériau de départ; N: nombre d'analyses ; TGA : total gas age.	118
Tableau 5-5 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la taille de grain des muscovites de nos échantillons expérimentaux, (voir fig. 5-24) [HP : hot pressing].	133
Tableau 5-6 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la distance coeur-bordure des muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig. 5-25).	135

Tableau 6-1 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir d'un monograin de lépidolite. [HP : hot pressing (expérience statique)].	141
Tableau 6-2 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur la lépidolite initiale (moyenne sur 64 analyses).	143
Tableau 6-3 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur la lépidolite initiale (SM), LEP1 (expérience statique coaxiale), LEP2 (expérience statique non-coaxiale) et LEP3 (expérience de déformation non-coaxiale); moyennes calculées sur 64, 38, 30 et 25 analyses respectivement.	149
Tableau 6-4 : Récapitulatif des données $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenues sur le matériau de départ (SM) et les échantillons de lépidolite déformés expérimentalement à la presse de Griggs aux conditions indiquées dans le tableau 6-1. Les pertes(-)/gains(+) d' ^{40}Ar radiogénique ($^{40}\text{Ar}^*$) sont calculées par rapport à l'âge de référence (487.2 ± 4.5) ; N : nombre d'analyses.	159

Chapitre 1 : Introduction générale

1.1. Problématique et contexte

La disposition actuelle des continents et des océans est le fruit de multiples mouvements tectoniques, horizontaux comme verticaux, au cours des temps géologiques et sont bien décrits par le cycle de Wilson (Wilson, 1966). Les formations géologiques qui en résultent ont donc subi un ou plusieurs événements, incluant nécessairement leur mise en place et potentiellement une ou plusieurs phases de déformation successives. Ces phases de déformation crustale entraînent des changements de structure (physiques) et/ou de composition (chimiques) des roches affectées, rendant difficile – mais permettant aussi de tracer – la reconstruction géologique de leur évolution. Par l'association de plusieurs disciplines complémentaires comme la pétrologie, la géochimie, la géologie structurale et/ou la géochronologie, l'étude des formations géologiques et des roches qui les composent permet d'identifier et quantifier les conditions pression-température de mise en place ou de déformation, les microstructures associées ou encore l'âge de ces roches et de leur déformation. Ces âges, qui sont au cœur de cette thèse, sont indispensables à la caractérisation temporelle de l'évolution géologique de la croûte continentale, aussi bien en termes de durée qu'en termes de vitesse de déformation, et ce sur des cycles orogéniques longs de plusieurs millions d'années. Aujourd'hui, bien que l'âge de mise en place ou de formation (cristallisation) d'une roche ou d'un minéral puisse être obtenu par de nombreuses méthodes radiochronologiques robustes et bien établies (U/Pb, Rb/Sr, etc.), peu de méthodes s'appliquent directement à la datation des épisodes ou cycles de déformation (Ar/Ar, Rb/Sr sur micas, U/Pb sur monazite). Réciproquement, notre appréciation de l'impact physique de la déformation sur les âges obtenus en fonction du style et de l'intensité de cette déformation (plastique vs. cassant, effet de la température et des microstructures, etc.) reste assez peu étudiée et assez mal contrainte.

Cette thèse s'intéresse aux relations entre déformation et datation radiochronologique en se focalisant sur la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ appliquée aux micas blancs. Ces derniers, de la famille des phyllosilicates, sont en effet très abondants dans la croûte continentale et particulièrement dans les zones intensément déformées comme les mylonites (roches composées à plus de 90% d'une matrice à grain fin produites par la déformation) ou les phyllonites (mylonites riches en phyllosilicates). Le mica blanc est aussi un minéral riche en potassium, dont l'isotope ^{40}K est radioactif et se désintègre en ^{40}Ar , à la base du chronomètre K/Ar et de sa variante $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Ceci en fait un minéral idéal pour l'étude des relations déformation vs. âges dans les zones déformées, en particulier vis-à-vis de l'impact (micro)tectonique sur l'enregistrement des âges radiochronologiques et les renseignements que l'on peut en tirer sur la chronologie et les conditions (distribution, superposition, vitesse) de déformation.

Les âges isotopiques dans les systèmes crustaux sont régis au premier ordre par la température de fermeture suivant le modèle établi par Martin H. Dodson en 1973 (Dodson et al., 1973). Ce modèle considère qu'au cours du refroidissement d'une roche lors de l'exhumation vers la surface (par dénudation tectonique et/ou érosion), la diffusivité par voie solide ("solid-state diffusion" = diffusion volumique thermo-activée) diminue et, sous une certaine température, devient négligeable de telle sorte

que le système se ferme vis-à-vis de la perte en éléments radiogéniques (ici, le ^{40}Ar). L'accumulation par désintégration dépend alors directement du taux de production radioactive de l'élément père (ici, le ^{40}K) et du temps de résidence en dessous de la température de fermeture. Dans le cas du système $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, un âge correspond ainsi à un refroidissement sous cette température de fermeture si les conditions suivantes sont réunies : (i) la température est le seul paramètre contrôlant la mobilité de l'argon dans le réseau cristallin et (ii) la concentration d'argon radiogénique ($^{40}\text{Ar}^*$) est nulle lors de la fermeture du système isotopique.

Bien que cette dépendance à la température soit globalement vérifiée dans les systèmes de température initiale élevée (métamorphisme barrovien ou de croûte moyenne-inférieure), elle est souvent remise en question dans d'autres contextes de grade métamorphique plus froid de type Schistes-Verts ou Schistes-Bleus (Hames et Bowring, 1994 ; Kirschner et al., 1996). Plusieurs études suggèrent en effet que la déformation, la composition ou encore la présence de fluide peuvent compliquer le comportement isotopique du système K/Ar au-delà (voire à la place) des seuls effets de la diffusion (Harrison et al., 1985 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Scaillet et al., 1992 ; Reddy et al., 1999 ; Kramar et al., 2001 ; Mulch et al., 2002 ; Kramar et al., 2003 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Hames et al., 2008 ; Rolland et al., 2008 ; Harrison et al., 2009 ; Sanchez et al., 2011 ; Warren et al., 2012 ; Bosse et Villa, 2019). Ces facteurs introduisent un degré d'incertitude important quant aux âges obtenus, impliquant des biais d'interprétation non négligeables s'ils sont considérés (à tort) comme des âges de refroidissement ou, à juste titre, comme des âges de (re)cristallisation mais sans forcément de signification directe si la remise à zéro du système n'a été que partielle (âges mixtes).

La déformation étant variable mais quasi-omniprésente à travers la croûte exhumée, elle est souvent invoquée comme participant, voire régulant, la rétention de l'argon dans les micas et autres minéraux métamorphiques riches en potassium. Des études appliquées ont en effet mis en évidence des variations d'âges intra- et inter-grains laissant supposer un contrôle à plusieurs échelles de la mobilité de l'argon par la déformation (Heizler et al., 1997 ; Cheilletz et al., 1999 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Di Vincenzo et al., 2001 et 2004 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Hames et al., 2008 ; Rolland et al., 2009 ; Sanchez et al., 2011 ; Rolland et al., 2013 ; Kellett et al., 2016 ; Beaudoin et al., 2020 ; Laurent et al., 2021). Celle-ci peut engendrer des modifications intra-cristallines facilitant la mobilité de l'argon sans rapport avec le concept de température de fermeture. Dans le cas des micas, ceci comprend par exemple le glissement basal le long du plan de clivage (001), la formation de kinks et/ou le mécanisme de fluage-dislocation (Wilson et Bell, 1979 ; Wilson, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Mariani et al., 2006). Une recristallisation dynamique, qui découle directement de la déformation plastique des grains (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Behrmann, 1985 ; Passchier et Trouw, 2005), contribue également à redistribuer l'argon à travers les zones déformées (Kramar et al., 2001 ; 2003, fig. 1-1). Ces mécanismes et leur effet sur la mobilité de l'argon restent néanmoins mal compris et peu quantifiés.

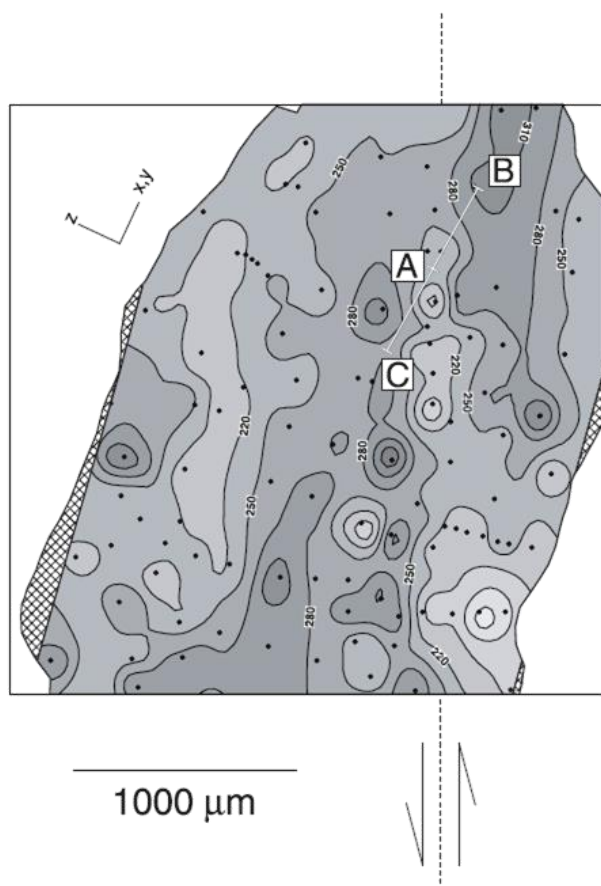


Figure 1-1 : Carte des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ, obtenue par Krigeage, d'une muscovite déformée. L'alignement sub-parallèle au plan de cisaillement des âges les plus jeunes est interprété comme une bande de cisaillement traversant la muscovite. D'après Kramar et al. (2001).

De surcroît, les roches naturellement déformées subissent ces mécanismes en présence – ou non – de fluide(s) intergranulaire(s), impliquant (ou accompagnant) une cinétique réactionnelle avec des gradients de déformation qui viennent compliquer le comportement isotopique de système K/Ar, à la fois dans l'espace et dans le temps. La distinction des effets conjugués des différents paramètres en jeu (température, pression, taille de grain...) est d'ailleurs souvent impossible dans les conditions naturelles. L'étude expérimentale de ces mécanismes constitue une alternative sérieuse (pour ne pas dire indispensable) afin de clarifier les relations de cause à effet entre les paramètres de premier ordre (température, pression, fraction fluide, vitesse de déformation, lithologie) et la réponse isotopique du système dans la mesure où ces paramètres peuvent être imposés de manière indépendante et contrôlée. A ce jour, très peu d'études de déformation en laboratoire ont été couplées à des datations *in-situ*, quel que soit le système radiochronologique considéré (en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ seulement deux cas d'étude: Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Cosca et al., 2011). La variété des protocoles $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (datation *in-situ* vs. step-heating ou datation par chauffage par paliers) et la multiplication des analyses permettent pourtant de réaliser des cartographies précises des variations d'âges intra-grains depuis près de trente ans (e.g. Scaillet et al., 1992), avec aujourd'hui une précision et une puissance d'abattage démultipliée par l'automatisation de ces protocoles (Beaudoin et al., 2020, Laurent et al., 2021, Nteme et al., 2023). Ces

protocoles sont en mesure d'éclairer le comportement isotopique à l'échelle du grain lors de la déformation (Kramar et al., 2001 ; 2003 ; Mulch et al., 2002 ; 2005 ; Di Vincenzo et al., 2004 ; 2007 ; Nteme et al., 2023). Les premières études réalisées ont en effet montré que la déformation pouvait avoir un impact non négligeable sur les âges obtenus, en particulier les travaux de Kramar et al. (2001 ; 2003), de loin les plus aboutis en termes de quantification des mécanismes (diffusion, recristallisation) et d'identification des facteurs structurels (défauts induits, drains diffusifs) responsables de l'état fini de la composition isotopique en ^{40}Ar dans les micas naturels déformés.

1.2. Objectifs et stratégie

Compte tenu de (i) l'importance des micas blancs dans l'étude géochronologique de la dynamique crustale et (ii) la rareté des études en mesure de contraindre et quantifier précisément les relations spatiales des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ* vis-à-vis de la déformation au sein des micas blancs, cette thèse s'est donné pour objectif d'approfondir ces deux aspects à travers une approche expérimentale innovante destinée à : (1) documenter, caractériser et quantifier les effets de la déformation sur la rétention et la mobilité de l'argon dans des micas blancs expérimentalement déformés, en séparant les effets induits par la déformation (structure) de ceux liés à la température seule (cinétique); (2) identifier et quantifier les mécanismes intra-cristallins à l'œuvre lors de la déformation, en étudiant notamment les relations spatiales entre les structures induites par la déformation et les âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés *in-situ*.

Cette approche innovante complète et affine les rares travaux réalisés à ce jour concernant la datation de la déformation sur micas blancs, notamment Kramar et al. (2001 et 2003) sur les micas blancs naturels, ainsi que Dunlap et Kronenberg (2001) et Cosca et al. (2011) concernant l'approche expérimentale. Pour cela, des échantillons naturels ont été spécifiquement sélectionnés afin de conduire des expériences de déformation au moyen d'une presse tri-axiale à confinement solide (presse de Griggs) à température et pression constantes pour une quantité de déformation finie. Un élément important de la stratégie mise en œuvre concerne la réalisation d'expériences statiques (témoin en température) afin de servir de référence aux expériences de déformation. Les détails du choix des échantillons naturels utilisés comme matériaux de départ sont exposés et argumentés dans les chapitres suivants en fonction de la cible d'étude et des paramètres investigués. Suite à l'état de l'art présenté au Chapitre 2 et faisant état des connaissances actuelles en la matière, trois volets essentiels sont successivement abordés et discutés dans les chapitres suivants : (1) les effets des différents paramètres entrant en jeu dans les expériences de déformation (Chapitre 4); (2) l'effet de la micro-rhéologie et l'anisotropie de forme et de texture (orientation des micas) vis-à-vis de la contrainte principale (Chapitre 5) ; et (3) le rôle de la déformation intra-cristalline dans un système simple monominéralogique (Chapitre 6). La synthèse des résultats et des conséquences qui en découlent est développée dans le dernier Chapitre 7 avec une perspective sur les directions susceptibles d'enrichir et affiner notre compréhension des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les systèmes naturels.

Chapitre 2 : Etat de l'art

Cette partie passe brièvement en revue les éléments nécessaires à la compréhension des mécanismes de déformation à différentes échelles, depuis la lithosphère jusqu'à la taille du grain. Ces éléments sont importants pour contextualiser les études $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ayant abordé la question du comportement isotopique des micas lors de la déformation, incluant les systèmes naturels. Les mécanismes envisagés ou décrits dans les travaux antérieurs sont synthétisés et commentés, avec une évaluation critique des interprétations qui en découlent (ou qui sont proposées) vis-à-vis du comportement de l'argon dans les micas blancs et de l'interprétation des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ qui en est faite dans la littérature. Cette revue conclut ensuite avec les éléments de réflexion qui ont guidé la stratégie et le choix des paramètres expérimentaux investigués.

2.1. Rhéologie et déformation : applications aux micas blancs

2.1.1. Profils et stratification rhéologique de la croûte

Le comportement rhéologique des roches conditionne le comportement global de la dynamique de la lithosphère. Les différentes enveloppes constituant la Terre ont des compositions et des propriétés mécaniques différentes, qui sont régies par des lois reliant les contraintes (σ) aux déformations (ϵ , quantité de déformation) à travers une relation de cause (contraintes) à effet (déformation). Lorsqu'une roche – ou tout autre matériau solide – se déforme sous l'effet d'une contrainte différentielle (i.e., la différence des contraintes principales), elle se comporte d'abord de manière élastique et accumule ainsi une quantité de déformation réversible. La roche retrouve donc sa forme initiale si les contraintes sont relâchées (Loi de Hooke, 1660). Par contre, au-delà d'une certaine contrainte (seuil de plasticité), la déformation passe dans le régime plastique et accumule une déformation finie qui se matérialise **soit de** manière cassante en impliquant une rupture de la roche, soit de manière plastique avec un comportement quasi-visqueux sans perte de cohésion (fig. 2-1).

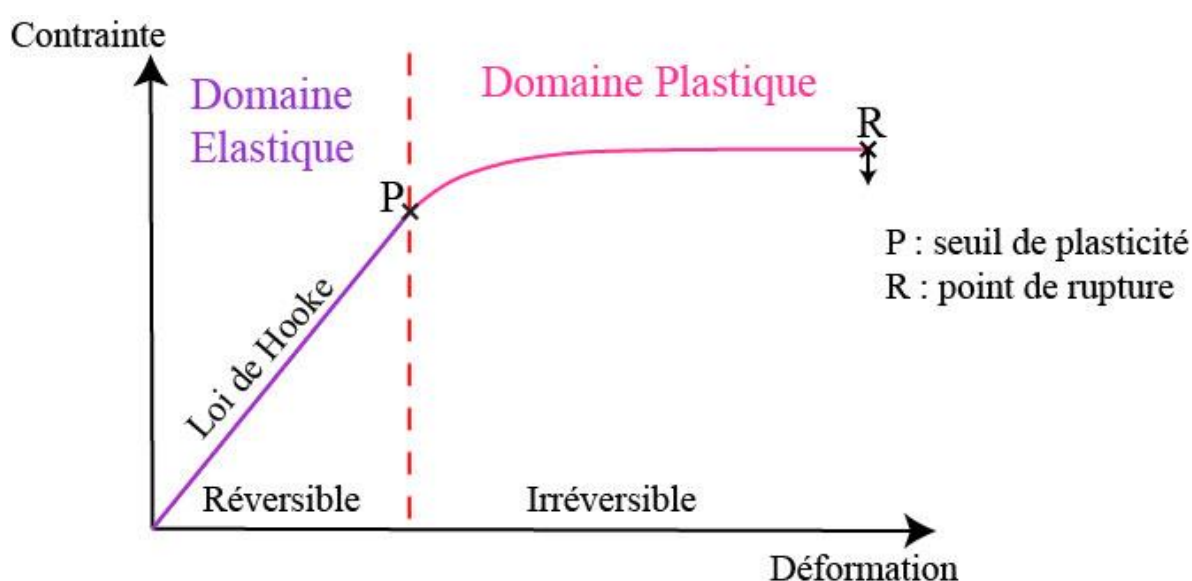


Figure 2-1 : Comportement mécanique simplifié des roches lors de déformation.

A faible profondeur et donc à basse température, la déformation est cassante et les roches sont parcourues de failles et fractures dont la résistance au frottement, aussi appelée friction, contrôle leur résistance. D'après la loi de Byerlee (1978), cette résistance dépend uniquement de la pression et d'un coefficient de friction, tous deux reliés par l'équation suivante:

$$\tau = \mu \cdot \sigma_n \quad (2-1)$$

où τ est le critère de glissement, μ le coefficient de friction et σ_n la contrainte normale.

Au-delà d'une certaine profondeur, l'augmentation de température favorise au contraire le régime plastique, au sein duquel la résistance des roches dépend principalement de la température et de la vitesse de déformation avec une légère dépendance à la pression. Cette résistance est définie par une loi de fluage (Scholz, 1988), dont les paramètres principaux sont exposés ci-dessous :

$$\dot{\varepsilon} = A \left(\frac{\sigma_n}{d^p} \right) e^{\frac{-Q}{RT}} \quad (2-2)$$

où $\dot{\varepsilon}$ est la vitesse de déformation, A un coefficient de proportionnalité, Q l'énergie d'activation, R la constante des gaz parfaits, T la température, σ la contrainte différentielle, d la taille de grain, n l'exposant de la contrainte et p l'exposant de la taille de grain.

Suivant un profil vertical des premiers 30 km de la Terre depuis la surface, correspondant à l'épaisseur moyenne de la croûte continentale, l'extrapolation des lois cassante et plastique permet de définir un profil rhéologique et ainsi de prédire la résistance de la croûte en fonction de la nature des roches impliquées et de leurs conditions de déformation (T , P , vitesse de déformation, etc.; Sibson, 1977; Goetze and Evans, 1979; Brace et Kohlstedt, 1980 ; Kirby, 1980). Depuis maintenant plusieurs décennies, de nombreux profils rhéologiques ont été proposés en fonction des contextes géodynamiques et des lois de fluage considérées (Kirby et Kronenberg, 1987 ; Handy, 1989 ; Maggi et al., 2000 ; Jackson, 2002 ; Handy and Brun, 2004 ; Burov et Watts, 2006 ; Burgmann and Dresen, 2008 ; Gueydan et al., 2008). Pour la plupart d'entre eux, la transition fragile-plastique dans la croûte continentale implique un pic de résistance autour de 350 °C (Kohlstedt et al., 1995 ; fig. 2-2), celui-ci pouvant être influencé par d'autres facteurs tels que la quantité de déformation finie, la présence de fluides, ou la minéralogie, la proportion des phases minérales pouvant varier au cours des réactions métamorphiques syn-cinématiques (e.g., Handy, 1990; Tullis et Wenk, 1994 ; Gueydan et al., 2001, 2003 ; Dimanov et Dresen, 2005; Takeda et Grier, 2006).

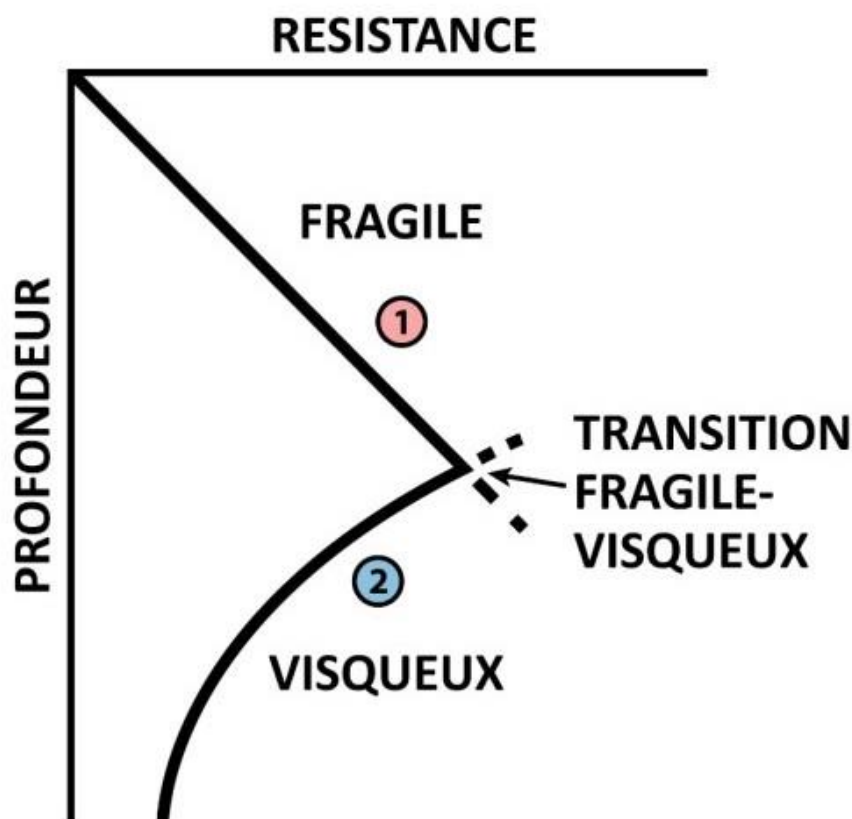


Figure 2-2 : Profil rhéologique de la croûte continentale simplifié. (1) Comportement cassant régi par la loi de Byerlee. (2) Comportement visqueux régi par des lois de fluage (Scholz, 1988).

Dans le régime plastique, bien que plusieurs mécanismes de déformation soient impliqués, ils sont tous dépendants de la diffusion à l'état solide et opèrent de manière simultanée. En théorie, le mécanisme dont la résistance est la plus faible domine le comportement rhéologique du système. Parmi les mécanismes les mieux contraints et quantifiés, on trouve (1) le fluage-dislocation, qui aboutit à la recristallisation dynamique (migration de joints de grains, rotation de sous-grains et bourgeonnement) ; (2) le fluage-diffusion (fluage de type Nabarro-Herring ou de type Coble) ; (3) le fluage par pression-solution. Ces différents mécanismes seront décrits plus loin en section 2.1.4.2.

2.1.2. Localisation de la déformation et rôle des micas dans la rhéologie de la croûte

Dans la nature, la déformation se distribue fréquemment de manière hétérogène, avec des structures localisant la déformation sur des échelles centimétriques à pluri-kilométriques. Ces zones de déformation intense, aussi appelées zones de cisaillement, se forment en accommodant de grandes quantités – voire l'essentiel – de déformation, ce qui en fait des structures géologiques intégrant la déformation à long terme (i.e., sur plusieurs millions d'années) dans les cycles de déformation d'échelle crustale tels que l'orogène Alpin (Huber et al., 1980 ; Burkhard et Kerrich, 1988 ; Kirschner et al., 1996 ; Muller et al. 2003 ; Challandes et al., 2008 ; Simon-Labric et al., 2009 ; Rolland et al., 2009 ; Wiederkehr

et al., 2009) ou encore la géodynamique des Cyclades (Wijbrans et McDougall, 1986 ; Pultiz et al., 2005 ; Broker et al., 2013 ; Laurent et al., 2016, 2017, 2021). Dans la croûte, la localisation de ces zones de cisaillement se traduit par le développement progressif de protomylonites, mylonites et ultramylonites au sein de roches souvent felsiques et riches en micas (Bell et Etheridge, 1973 ; Tsurumi et al., 2003 ; Baratoux et al., 2005 ; Linckens et al., 2015 ; Farkašovský et al., 2016 ; Mansard et al., 2018 ; Ceccato et al., 2022). Ces zones constituent ainsi des cibles de choix pour les datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ afin de contraindre la cinématique et la dynamique de l'évolution crustale (Di Vincenzo et al., 2004 ; Rolland et al., 2009, 2013 ; Beaudoin et al., 2017, 2020 ; Laurent et al., 2021 ; Bessière et al., 2022).

Le passage de la protomylonite à l'ultramylonite s'accompagne d'une réduction granulométrique et d'une séparation des phases avec des changements majeurs de proportions de phases (processus hétérochimiques impliquant des transferts à différentes échelles en système ouvert). La déformation au sein de ces zones de cisaillement est souvent très hétérogène et la déformation à travers la zone de cisaillement est souvent associée à des gradients d'intensité de déformation. Chaque roche est caractérisée par des mécanismes de déformation qui peuvent varier selon sa minéralogie (nature et proportion des phases).

Trois paramètres peuvent contribuer à la localisation de la déformation (Poirier, 1980 ; White et al., 1980) :

(1) la réduction de taille de grain, notamment par recristallisation dynamique dans le domaine du fluage-dislocation; celle-ci peut entraîner un changement dans les mécanismes de déformation en passant à du glissement aux joints de grains (GBS, domaine du fluage-diffusion; White et al., 1980 ; Stunitz et FitzGerald, 1993 ; Stunitz et Tullis, 2001 ; De Ronde et al., 2004 ; Holyoke et Tullis, 2006 ; Miranda et al., 2016). Un adoucissement mécanique important intervient lorsque la réduction de taille de grain a lieu dans le domaine du fluage-diffusion (ou équivalent), même si le mécanisme responsable de cette réduction reste encore mal contraint (Behrmann and Mainprice, 1987; Fliervoet et al., 1997; Kilian et al., 2011 ; Oliot et al., 2014 ; Platt, 2015 ; Kulberg, 2021) ;

(2) la présence de phases rhéologiquement faibles tels que les micas, surtout si elles sont interconnectées. Ces phases peuvent être présentes dans le protolithe mais peuvent également nucléer à la faveur de réactions chimiques, notamment en présence de fluides (FitzGerald et Stunitz, 1993 ; Newmann et Mitra, 1993). Ces réactions peuvent ainsi engendrer la formation de micas au détriment des plagioclases ou des feldspaths potassiques, affectant profondément la rhéologie de l'assemblage de départ et son évolution au cours de la déformation (FitzGerald et Stunitz, 1993 ; Gueydan et al., 2003 ; Park et al., 2006) ;

(3) la nucléation de néograins d'une phase déjà présente mais dont la composition est différente (Kruse et Stunitz, 1999 ; Kenkmann et Dresen, 2002 ; Précigout and Stunitz, 2016). La

nucléation de ces néograins peut affecter la viscosité de la roche, notamment si ces grains ont une plus faible densité de défauts que le reste de la roche.

Tous ces mécanismes peuvent entraîner un adoucissement local des roches soumises aux contraintes tectoniques et ainsi engendrer une localisation de la déformation. L'abondance des micas dans les zones de cisaillement (néoformés ou hérités) leur confère un rôle majeur dans la déformation de la croûte continentale, particulièrement lorsqu'ils s'interconnectent (Berthé et al., 1978 ; Kronenberg et al., 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Holyoke et Tullis, 2006 ; Kilian et al., 2011 ; Gonçalves et al., 2015 ; Mansard et al., 2018 ; Tokle et al., 2023). Ce rôle leur confère une importance de premier plan dans l'analyse de la déformation. D'une part, ils participent, voire conditionnent, les mécanismes rhéologiques mis en jeu, d'autre part, ils sont une cible de choix pour la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du fait de leur richesse en K et de leur habitus textural. **Ce double rôle est central dans l'étude chronologique de la (ou des) déformation(s) crustale, mais suppose d'établir un lien de cause à effet univoque entre texture (déformation finie) et âge apparent. Cette question est centrale dans toutes les études $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des socles métamorphiques ou des croûtes exhumées, sans pour l'instant avoir obtenu une réponse claire indépendamment du contexte.**

2.1.3. Mécanismes de déformation à l'échelle du grain

La dynamique globale met en jeu des processus multi-échelles qui s'enracinent dans les mécanismes de déformation à l'échelle du grain, en particulier vis-à-vis de la localisation de la déformation (nucléation) et sa distribution (localisée ou diffuse). Ces mécanismes ne peuvent être compris qu'à travers l'étude des microstructures et des mécanismes d'adoucissement à l'échelle de l'échantillon ou de la lame mince. Ils peuvent être ainsi divisés en trois grandes catégories : (1) les processus cataclastiques ; (2) les processus intra-cristallins en lien avec la mobilité des dislocations, aussi appelés plasticité cristalline ou fluage-dislocation ; et (3) les processus de diffusion à l'état solide (McClay, 1977 ; Bell et al., 1986 ; Meike, 1989 ; Kronenberg et al., 1990 ; Evans, 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Etheridge et al., 1973 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Noe et Veblen, 1999 ; Tullis, 2002 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012 ; Aslin et al., 2019 ; Ceccato et al., 2022, Tokle et al., 2023).

A basse température, les processus cataclastiques prédominent, même s'ils peuvent être associés à d'autres mécanismes comme la pression-solution ou la formation de kinks et de macles. Par contre, à des températures plus élevées, la plasticité cristalline et la diffusion – qui d'ailleurs sont indissociables – deviennent prédominantes et aboutissent à une déformation finie de la matière sans perte de cohésion. A plus haute température, l'efficacité des mécanismes de diffusion cantonne le fluage-dislocation à un rôle mineur, subordonné au fluage-diffusion. La présence de fluide rend aussi possible une combinaison de ces mécanismes avec les processus de pression-solution (mise en solution, transport puis dépôt de la

matière via une phase fluide le long des joints de grains) et de recristallisation (cf. sections 2.1.4.2 et 2.1.3.2 respectivement).

2.1.3.1. Mécanismes cataclastiques

Les mécanismes cataclastiques accommodent la déformation par broyage de la roche sous contrainte, mettant en jeu des processus cassants (micro-fracturation) pour produire ce qui est communément appelé une cataclasite. La résistance d'une cataclasite, qui généralement localise la déformation dans des conditions de basse température pour des vitesses de déformation géologiques, dépend donc directement de la friction entre les grains. En fonction de la taille de ces derniers et du rapport d'abondance entre grains et matrice, on parlera de cataclasite (petits grains avec peu de matrice), de brèches (gros grains avec peu ou pas de matrice) ou encore de gouges de failles contenant des grains souvent anguleux et englobés (dispersés) dans une matrice à granulométrie très fine (fig. 2-3). Les grains et la matrice sont tous deux obtenus par broyage de la roche initiale et donc de même nature (Higgins, 1971 ; Rutter, 1986 ; Evans, 1990 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Keulen et al., 2007 ; Hadizadeh et al., 2015).

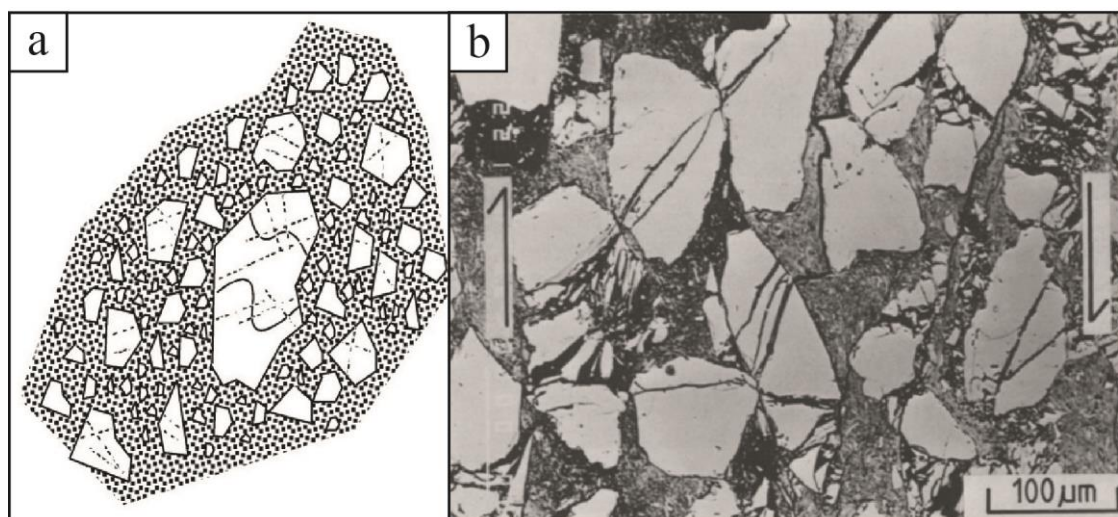


Figure 2-3 : Mécanismes de cataclase. (a) Schéma d'une fabrique cataclastique avec des fragments de roches anguleux de toutes tailles dans une matrice de grain plus fin (d'après Passchier et Trouw, 2005). (b) Image MEB d'une gouge de faille déformée expérimentale.

2.1.3.2. Plasticité cristalline (ou fluage-dislocation)

Lorsqu'un matériau cristallisé se déforme plastiquement, il crée et accumule des défauts cristallins ponctuels ou linéaires, respectivement appelés lacunes et dislocations. La mobilité de ces dernières est l'acteur majeur de la plasticité cristalline, aussi communément décrit sous le terme de fluage-dislocation. C'est la migration, l'empilement puis l'évacuation de ces dislocations via certains plans cristallographiques qui aboutit à la déformation plastique d'un grain sous contrainte différentielle. Bien que certains défauts soient toujours présents dans les minéraux avant déformation, la majorité

d'entre eux – et surtout les dislocations – sont créés pendant la déformation en fonction des contraintes appliquées. Plus la contrainte est élevée, plus les densités de dislocations augmentent (e.g. Karato, 2008).

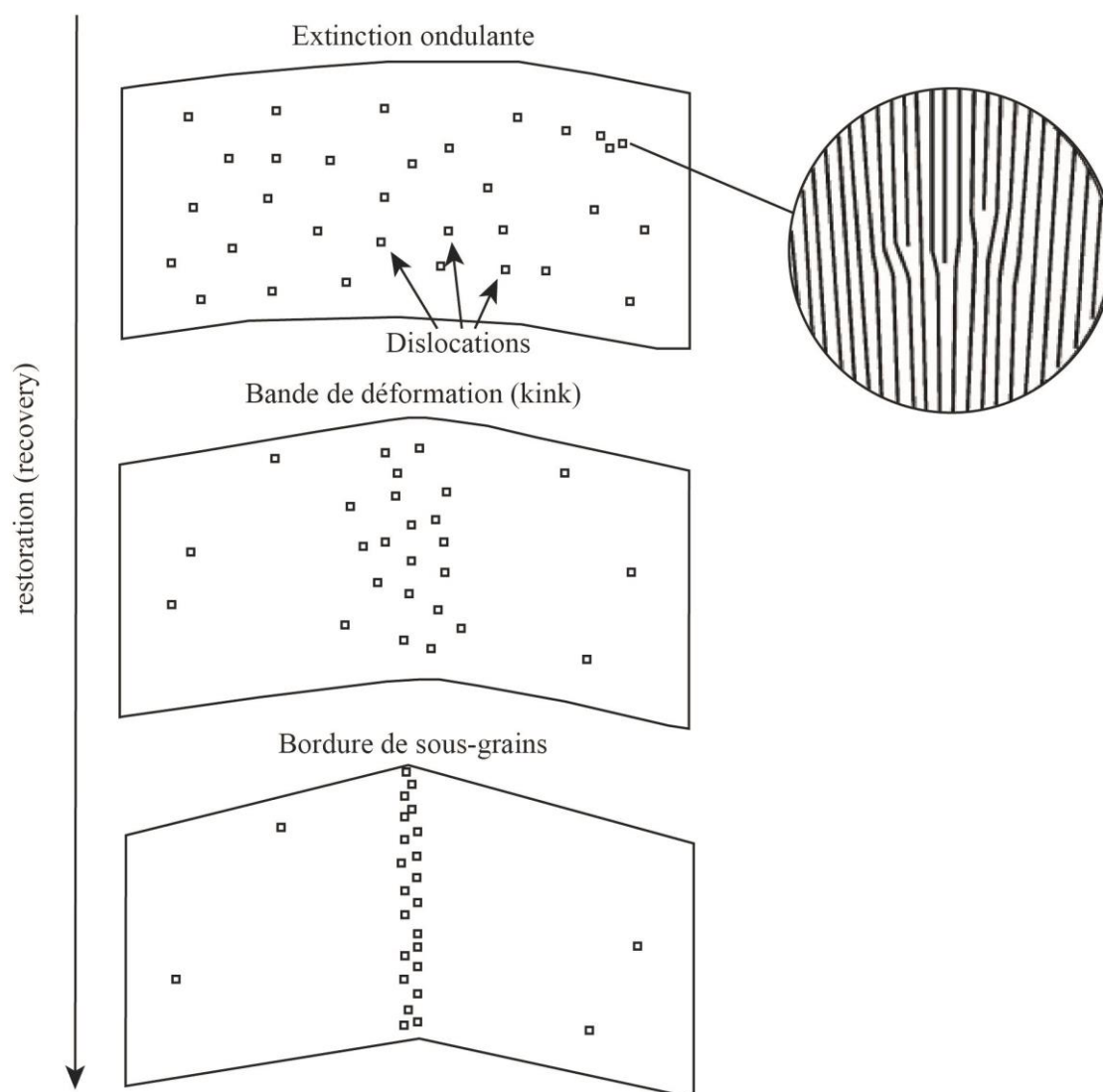


Figure 2-4 : Mécanismes liés au fluage dislocation. Les dislocations sont distribuées de manière homogène dans le grain provoquant une extinction ondulante. Lors de leur déplacement, les dislocations peuvent se concentrer dans certaines zones et ainsi conduire à la formation de kinks ou encore de sous-grains. (D'après Passchier et Trouw, 2005).

Les dislocations ne s'observent qu'à l'échelle atomique (par microscopie à transmission, MET ; Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Kramar et al., 2003 ; Aslin et al., 2019), mais plusieurs microstructures témoignent indirectement de leur présence, telles que les extinctions onduleuses, les macles et les kinks (plis en chevrons) ou encore les limites de sous-grains (fig. 2-4). La formation de sous-grains est conditionnée par la formation d'un plan séparant deux parties d'un même cristal qui ont subi une légère rotation l'un par rapport à l'autre, généralement de moins de 5° (FitzGerald et al., 1983). Les

dislocations se regroupent en plan régulier au sein d'un cristal, les alignements formant des bordures de sous-grains (fig. 2-4). Ces microstructures résultent de l'accumulation et/ou de la montée ("climbing") de dislocations, qui, à terme, sont évacuées par migration hors du cristal pour limiter son énergie interne. Ceci implique plusieurs mécanismes d'évacuation (éradication) des dislocations, communément rassemblés sous le terme de récupération mécanique ("recovery", Passchier et Trouw, 2005), et qui aboutissent systématiquement à une réduction de la taille de grain par recristallisation dynamique (fig. 2-5). Cette dernière opère selon trois principaux mécanismes (fig. 2-5) : 1) la migration de joints de grains, 2) la rotation de sous-grains et 3) le bourgeonnement (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Lister and Snoke, 1984 ; Passchier, 1985 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Passchier et Trouw, 2005). Ces trois processus sont dépendants de la température et de la vitesse de déformation. Avec l'augmentation de la température et la diminution de la vitesse de déformation, le bourgeonnement laisse place à la rotation de sous-grains puis à la migration de joints de grains à haute température (Hirth et Tullis, 1992 ; Dunlap et al., 1997).

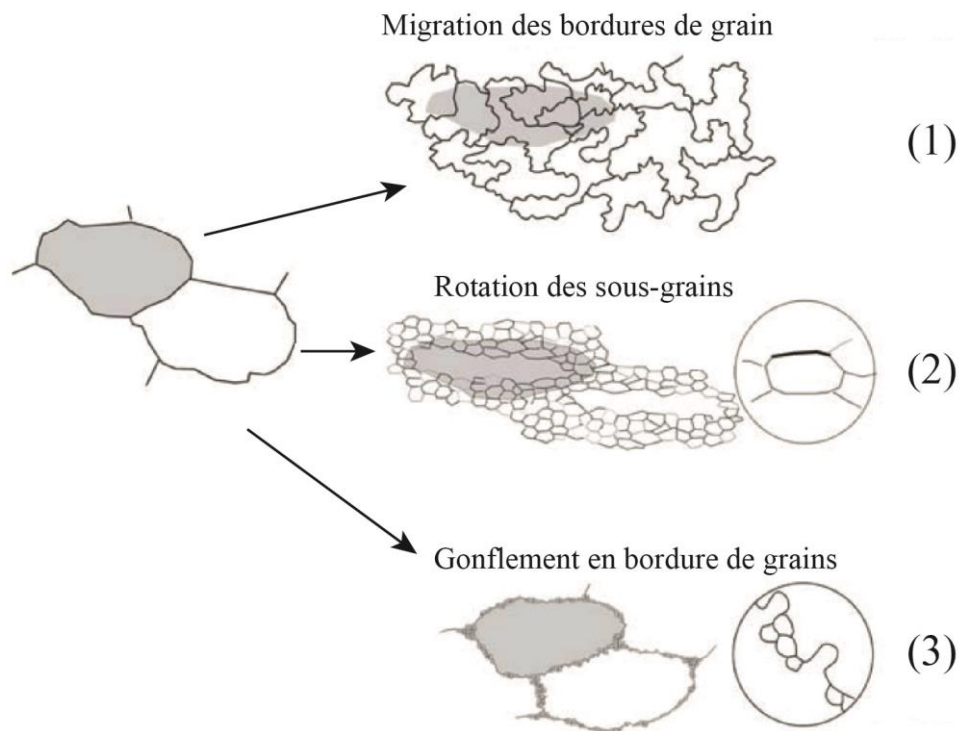


Figure 2-5 : Les trois principaux mécanismes de recristallisation dynamique. (1) Recristallisation par migration des joints de grain. (2) Recristallisation par rotation des sous-grains (3) la recristallisation par gonflement en bordure de grain. (D'après Passchier et Trouw, 2005).

2.1.3.3. Fluage-diffusion

Le fluage-diffusion est le principal mécanisme de déformation qui entre en compétition avec le fluage-dislocation. Au même titre que ce dernier, il accommode la déformation quasi-visqueuse (ou plastique) par migration des imperfections cristallines que contiennent les grains. Cependant,

contrairement au fluage-dislocation, cette diffusion concerne essentiellement les lacunes cristallines – peu de dislocations sont présentes lorsque le fluage-diffusion est dominant – et elle n'est pas conditionnée par le réseau cristallin. Les lacunes produites par la déformation peuvent donc migrer dans toutes les directions de l'espace au gré de l'orientation des contraintes locales. En fonction de la température, la pression, la vitesse de déformation et surtout la taille du grain, le fluage-diffusion concerne, soit le volume total des grains (fluage de type **Nabarro-Herring**; Mott et Nabarro, 1948 ; Herring, 1950), soit uniquement les bordures de grains (fluage de type **Coble** ; Coble, 1963). De plus, le fluage-diffusion peut être associé à l'action d'un mécanisme de déformation inter-grain communément nommé le glissement aux joints de grain (en anglais : *Grain Boundary Sliding* ou GBS). En effet, contrairement au fluage-dislocation où l'action du GBS est mineure, voire négligeable, le GBS contribue largement à la déformation d'un matériau dominé par fluage-diffusion. Dans certains cas, cette contribution peut atteindre plus de 50% par rapport aux déformations intra-grains. Ces conditions caractérisent un régime communément appelé la superplasticité. Dans les conditions naturelles, le fluage-diffusion domine la déformation plastique des roches à grain très fin, habituellement matérialisée par les ultramylonites au sein de la lithosphère, mais aussi dans les roches à plus gros grain et de haute température propres aux conditions asthénosphériques.

2.1.4. La déformation des micas

Dans les roches intrusives grenues qui contiennent des micas, tel le granite, la cataclase affecte préférentiellement le quartz et les feldspaths, mais elle peut aussi affecter les micas le long de leurs plans de clivage par décollement basal (Evans, 1990, Rutter, 1986, fig. 2-3b). En reproduisant ces processus cataclastiques sur des granites en laboratoire, plusieurs études expérimentales sur des cylindres de roches granitiques ($T = 300$ et 500 °C, $P = 500$ et 1030 MPa, avec 0.2 % pds d'eau ou sans eau ajoutée et pour une vitesse de déformation de 10^{-4} s⁻¹; Keulen et al., 2007; $T = 25$ °C, $P = 25$ MPa, Hadizadeh et al. 2015) ont montré que la réduction de taille de grain inhérente à la cataclase produit une localisation de la déformation dans les zones à grain très fin. Cette réduction de taille de grain concerne néanmoins essentiellement le quartz et les feldspaths.

Dans le cas des micas, la migration et la montée des dislocations, ainsi que l'ensemble des microstructures qui en découlent, s'effectuent principalement le long des plans (001), même si plusieurs systèmes de glissement sont généralement activés en fonction des conditions pression-température (Bell et al. 1986 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Tullis, 2002 ; Passchier et Trouw, 2005). Comme de nombreuses autres phases minérales, les micas subissent une recristallisation dynamique lors de leur déformation. Les formes sigmoïdales des muscovites et biotites dans des mylonites naturelles sont attribuées à cette recristallisation, et plus précisément à la migration des joints de grains (Lister et Snoke, 1984). Cependant, lorsque cette recristallisation s'accompagne de diffusion le long des bordures de grains, les bordures du mica de forme sigmoïdale deviennent plus irrégulières (grains plutôt xénomorphes). La

rotation de grains a aussi été mise en évidence par Etheridge et Hobbs (1974), Bell (1979) ou encore ten Grotenhuis et al. (2003) : les sous-grains formés par la rotation des plans (001) des micas de part et d'autre des kinks accommodent la déformation par recristallisation dynamique. L'étude des micas déformés naturellement ou expérimentalement montrent que la biotite recristallise plus facilement que la muscovite, impliquant des effets de cinétique/seuils liés à la stabilité thermodynamique du réseau cristallin en fonction de la nature du mica (i.e., son occupation octaédrique et l'énergie de cohésion des feuillets élémentaires). La cohésion des feuillets élémentaires est affectée par les glissements des dislocations et du plan basal qui se produisent dans la couche interfoliaire des micas (Giese, 1974 ; Baños et al., 1983 ; Baronnet, 1989). Baños (1985) a calculé l'énergie de cohésion interfoliaire nécessaire pour réaliser des glissements et des clivages au sein des muscovites. Ainsi, une muscovite avec une occupation idéale des sites interfoliaires par le potassium (sans augmentation de l'espacement inter-foliaire) possède une énergie de cohésion de 1.12 J/m². Une muscovite qui a subi des glissements (selon le plan 001) a une distance interfoliaire de 0.65 Å et une énergie de cohésion plus faible de 0.9 J/m² (Baños, 1985). L'augmentation de la distance interfoliaire avec la déformation favorise la mobilité/déplacement de l'argon et, notamment, peut servir de voies de diffusion rapide (Kramar et al., 2003).

2.1.4.1. Rippllocations et kinks (chevrons)

Lorsque le fluage-dislocation est dominant, Aslin et al. (2019) ont proposé un nouveau mécanisme de déformation désigné "ripplocation" dans des biotites naturellement déformées. Ces rippllocations sont identifiées comme des ondulations d'échelle pluri-atomique affectant le plan de symétrie basal avec étirement des liaisons inter-couches (comportement visco-élastique) allant jusqu'à la rupture (délamination). Ces rippllocations ont été identifiées dans plusieurs composés chimiques (MoS₂, Kushima et al., 2015 ; Ti₃SiC₂, Grubber et al., 2016 ; Griggs et al., 2017 ; graphite, Grubber et al., 2016 ; Freiberg et al., 2018), qui sont observables à l'aide d'images TEM. Leur caractère dilatatant peut suggérer des processus cassants pour leur formation. Si une partie du déplacement en cisaillement des plans (001) des micas implique une dilatance, il pourrait s'agir d'une déformation de type frottement (probablement avec des coefficients de frottement très faibles), ce qui rend complexe l'interprétation de la déformation en terme de régime cassant/plastique.

Ces rippllocations permettent d'expliquer le développement d'une déformation cassante normale à la contrainte principale (σ_1). En effet, dans les roches naturellement déformées, les kinks présents dans les micas sont majoritairement orthogonaux à la contrainte principale (fig. 2-6 ; Etheridge et al., 1973 ; Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Misra et Burg, 2012). La rippllocation présente donc une alternative viable au fluage-dislocation classique pour produire des kinks, mais sans pour autant accommoder une grande quantité de déformation.

Shea et Kronenberg (1992) ont déformé des micaschistes riches en biotite à l'aide d'une presse triaxiale de type Heard (pression de confinement gazeuse) à $T = 25$ à 400 °C, $P = 0$ à 500 MPa et des vitesses de déformation de 10^{-4} à 10^{-7} s $^{-1}$. Le raccourcissement a été appliqué pour différentes orientations de la foliation. Dans toutes leurs expériences, la déformation s'est localisée dans une ou plusieurs zones de cisaillement épaisses de quelques millimètres, elle est accommodée par une combinaison de mécanismes cassants (micro-fracturation et glissement par friction) et plastiques (glissement de dislocation et formation de kink). Le glissement de dislocation dans le plan (001) accommode la majeure partie de la déformation intracristalline, en association avec la formation de kinks sub-orthogonaux à la contrainte principale (σ_1). La densité des kinks varie d'un grain à l'autre, mais également au sein d'un même grain : la nucléation des kinks a lieu dans les régions où la contrainte s'est concentrée. Les zones de cisaillement se développent par la nucléation des micro-kinks.

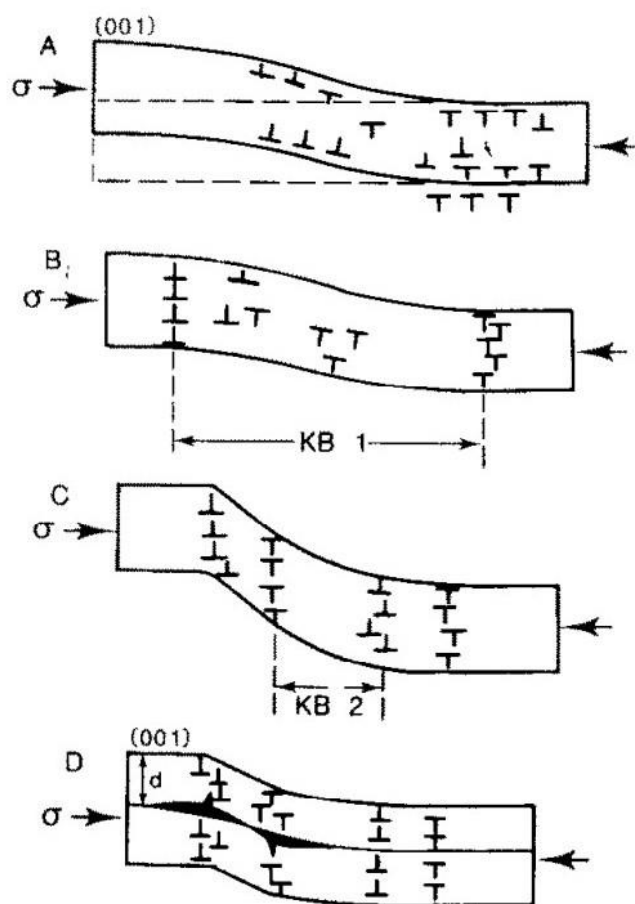


Figure 2-6 : Modèle pour expliquer la formation des kinks. A ; flexion élastique d'un cristal selon le plan de glissement (001). B : l'augmentation de la contrainte entraîne l'augmentation de la densité de dislocations et la formation de murs de dislocations. Formation d'un premier kink (KB1). C : formation de nouveaux murs de dislocations avec la poursuite du raccourcissement et création d'une nouvelle génération de kink (KB2) dans la zone de désorientation du réseau (au sein de KB1). D : Dilatation des plans de glissement (001) au niveau des bordures des kinks. d est la largeur, elle est constante. (D'après Bell et al., 1986).

Ces résultats sont concordants avec les résultats de l'étude sur monograin de Bell et al. (1986), qui proposent un modèle de formation et d'évolution des kinks au sein des monograins de biotites détaillé en quatre étapes (fig. 2-6) :

1/- La flexure initiale est provoquée par glissement le long du plan (001) et entraîne la formation de dislocations capables de former des murs de dislocations (fig. 2-6a)

2/- A faible contrainte, peu de plans de glissement sont actifs et les murs de dislocations sont rares. Les plans actifs divisent les grains en plusieurs parties et accommodent les contraintes dans les zones adjacentes (fig. 2-6b)

3/- A mesure que la contrainte augmente, la limite élastique du matériau entre les plans de glissement est progressivement atteinte. Cela entraîne la formation de nouveaux plans de glissement et de nouveaux murs de dislocations. Une flexure supplémentaire est prise en charge en créant des murs de dislocations secondaires entre les premiers murs (fig. 2-6c).

4/- Lorsque la rotation entre les différentes parties du minéral augmente, la densité de dislocations dans ces zones augmente également. Cela peut entraîner des ouvertures de dilatations (fig. 2-6d).

Une étude analogue sur roche entière (phyllites) à l'aide d'une presse Paterson ($T = 25\text{ °C}$, $P = 5\text{ kbar}$, foliation parallèle ou sub-parallèle à σ_1) révèle également quatre stades d'évolution (Paterson et Weiss, 1996) : (1) nucléation de kinks, parfois conjugués, et la présence de grandes zones non-déformées entre ces kinks ; (2) multiplication (en taille et en nombre) des kinks de moins en moins espacés, avec disparition des zones non-déformées ; (3) intersection de kinks conjugués avec formation de chevrons complexes dont les plans axiaux sont normaux à σ_1 ; (4) aplatissement (serrage) des kinks et chevrons qui évoluent en cisaillement en se transposant dans la foliation.

La déformation de muscovite, à l'aide d'une presse Paterson en cisaillement ($T = 400\text{ et }600\text{ °C}$, $P = 100\text{ et }300\text{ MPa}$, vitesse de déformation de 3.10^{-4} s^{-1} et $\gamma = 0.2\text{ à }5$) et en compression ($T = 600\text{ °C}$, $P = 300\text{ MPa}$, vitesse de déformation de 3.10^{-4} s^{-1} et quantité de raccourcissement de $5.1\text{ à }17.0\%$) par Misra et Burg (2012) révèle également plusieurs étapes de déformation : (1) nucléation de kinks (peu nombreux et isolés) ; (2) accommodation de la déformation par la croissance des premiers kinks et la formation de kinks de seconde génération ; (3) réduction de l'espacement entre les kinks et dilatations des feuillettes. La plupart des kinks (i.e. leur plan axial) sont normaux à la direction de compression.

Ces différentes études montrent qu'en augmentant la quantité de raccourcissement, les zones de cisaillement évoluent par coalescence des kinks à travers les grains de micas interconnectés. Des dilatations sont observées au niveau des bordures de kinks, elles permettent d'accommoder les rotations des plans (001) (fig. 6d). Ces dilatations sont également documentées dans la biotite (Etheridge et al.,

1973 ; Bell et al. 1986 ; Paterson et Wess, 1996) et dans des muscovites (Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012).

Les kinks ne peuvent accommoder qu'une quantité de déformation limitée ($\gamma = 5$ disparition des kinks au profit de plans de cisaillement ; Misra et Burg, 2012). Pour des taux plus importants, le fluage-dislocation domine et peut s'accompagner de pression-solution, fluage-diffusion ou recristallisation.

2.1.4.2. Dissolutions-précipitation (ou pression-solution)

Bien qu'applicable à de nombreuses phases minérales, la dissolution-précipitation est un mécanisme particulièrement effectif dans la déformation des micas. Aussi nommé fluage pression-solution lorsqu'il s'avère être le mécanisme principal de déformation, la dissolution-précipitation est un processus multi-étape. Il comprend la mise en solution, le transport puis le dépôt de la matière via une phase fluide le long des joints de grains ou fractures (fig. 2-7). La matière dissoute au niveau des surfaces soumises à une forte contrainte est transportée vers les zones de moindre contrainte moyennant le fluide intergranulaire (Ernst et Blatt, 1964 ; McClay, 1977 ; Beach, 1982 ; Burg et Iglesias Ponce de Leon, 1985 ; Passchier et Trouw, 2005). Ce processus se divise en deux catégories : (1) la pression-solution congruente où la phase minérale précipitée est la même que celle ayant subi une dissolution, avec un changement de composition possible ; et (2) la pression-solution incongruente où la phase minérale précipitée n'est pas la même que celle dissoute. La particularité de ce mécanisme est qu'il peut se combiner à tous les autres mécanismes de déformation, plastique (fluages dislocation et diffusion) comme fragile (fluage cataclastique), et peut même dans certains cas être le mécanisme de déformation dominant, donnant lieu au fluage pression-solution. Il est extrêmement efficace (et fréquent) à moyenne température dans les lithologies susceptibles de contenir une fraction de fluide libre dans la mesure où le transfert de matière est grandement facilité aux joints de grain (contrairement au fluage-dislocation opérant préférentiellement à haute température).

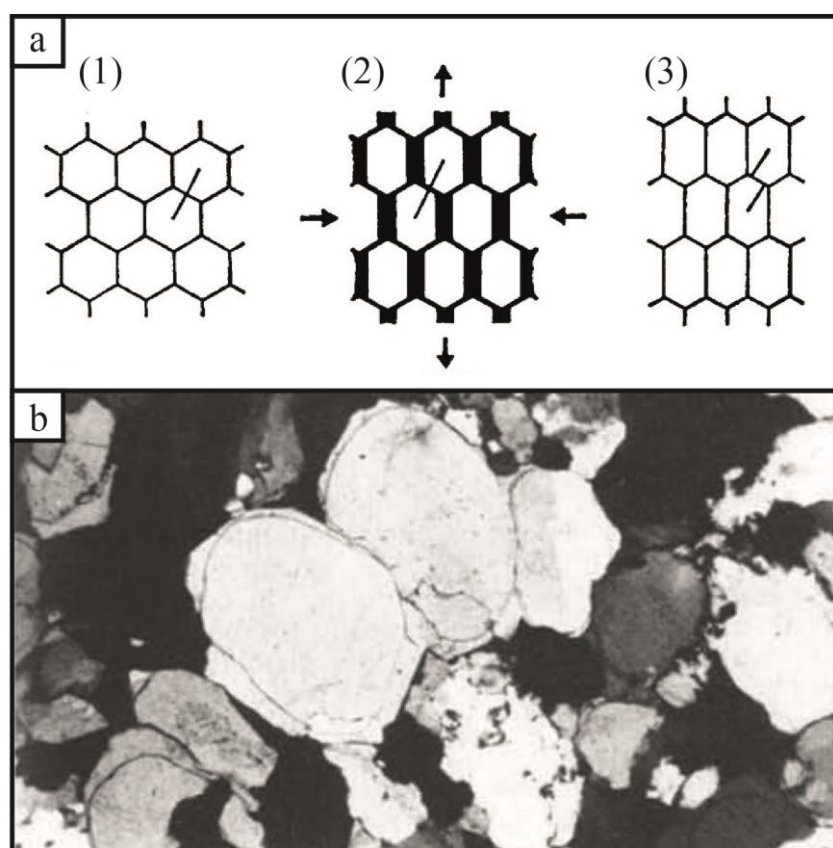


Figure 2-7 : Le mécanisme pression-solution. (a) Schéma retraçant les étapes du mécanisme de pression-solution. (1) Matrice de grain avant déformation (2) application d'une contrainte générant une pression sur les bordures verticales des grains. Cette pression entraîne la dissolution d'une partie de grain qui va se déplacer dans les zones de moindre pression à travers un fluide intergranulaire. (3) Matrice de grain après déformation. La forme des grains a changé, ils se sont allongés. (d'après McClay, 1977). (b) Photo d'une matrice de grain de Quartz ayant subi une pression-solution au niveau du contact entre les deux grains. Les bordures des grains détritiques sont conservées à l'intérieur des surcroissances (Beach, 1982).

Les micas sont fréquemment impliqués dans (ou affectés par) des phénomènes de pression-solution incongruente, qui provoquent un enrichissement en micas dans les zones de cisaillement crustales au détriment des feldspaths plagioclases et/ou potassiques (FitzGerald et Stunitz, 1993 ; Gueydan et al., 2003 ; Park et al., 2006). Ces enrichissements ont même été proposés comme étant potentiellement capables de localiser la déformation à l'échelle lithosphérique, et ainsi contribuer par exemple à l'ouverture des rifts continentaux (Gueydan et al., 2003) ou de développement de failles de détachement crustales. La pression-solution est enfin un mécanisme qui contribue aussi à recrystalliser la roche déformée via la nucléation de nouveaux grains à partir du fluide. Cette nucléation se combine alors à la recrystallisation dynamique lorsque le fluage-dislocation est un acteur majeur de la déformation (Précigout et Stünitz, 2016 ; Précigout et al., 2022). Les expériences de Niemeijer et Spiers (2005) sur des agrégats de quartz-micas ont montré une diminution du taux de pression-dissolution du quartz lorsque la muscovite est présente, indiquant que la muscovite accommode une part importante des

transformations à modalité croissante. Ce type de transfert micro-rhéologique (inter-phase) conditionne d'ailleurs de façon dynamique la localisation de la déformation en fonction des changements texturaux et modaux induits par dissolution-précipitation sous contrainte. Niemeijer (2018) a reproduit le comportement rhéologique des zones de cisaillement constituées de clastes durs et de phyllosilicates en réalisant des expériences de cisaillement (« ring shear ») sur des mélanges de quartz et de muscovites (80 % - 20 %). Tous les échantillons expérimentaux ($T = 500\text{ °C}$, $P = 120\text{ MPa}$; $P_f = 80\text{ MPa}$, déplacement constant entre 0.03 et 300 μm) présentent une zone de granulométrie réduite formant une zone de cisaillement avec une orientation préférentielle des grains. La résistance au frottement chute considérablement avec la diminution de la vitesse de déplacement. Niemeijer (2018) attribue les observations structurales à des mécanismes de fluage mixte avec des glissements frictionnels au sein des muscovites (présentes aux joints de grain des quartz) couplés à des mécanismes de pression-solution au sein des grains de quartz. Plusieurs études présentent la pression-solution comme un mécanisme majeur dans la redistribution de l'Argon en cours de déformation plastique à l'échelle macroscopique (Scaillet, 1996 ; 1998 ; Laurent et al., 2021).

2.1.4.3. Déformation en présence de phase fluide : le rôle de l'eau

La déformation crustale implique des effets de contrainte mécanique combinés aux effets thermiques et barométriques, principaux moteurs des cinétiques et réactions métamorphiques. Les paramètres physiques impliqués sont multiples : température, pression, vitesse de déformation et composition chimique, mais aussi quantité, mobilité et nature des fluides. Ces derniers sont très variables au sein de la croûte en fonction de la lithologie et ont un impact drastique sur le comportement mécanique lors de la déformation. En effet, pour des conditions P - T - t similaires, l'eau peut considérablement réduire la résistance des roches, dans le régime fragile en imposant une pression de fluide, dans le domaine plastique en facilitant la plasticité cristalline (Summers et Byerlee, 1977). C'est notamment le cas du quartz à travers l'affaiblissement hydrolytique décrit expérimentalement par Griggs et Blacic (1965), d'autant plus prononcé que la pression augmente (Tullis et Yund, 1980 ; Nègre et al., 2021). La déformation expérimentale d'échantillons de granite réalisée par Tullis et Yund (1980) ($\epsilon = 15$ à 20% , à $P = 15\text{ kbar}$, $T = 300$ à 800 °C et à une vitesse de $10^{-6}/\text{s}$) avec 0.2% mass. d'eau ajoutée montrent que l'eau pénètre dans les grains de quartz et de feldspaths pour abaisser la transition de la micro-fracturation vers le fluage-dislocation d'environ 150 - 200 °C par rapport à des expériences anhydres. De plus, il y a sensiblement moins d'affaiblissement hydrolytique à 10 kbar qu'à 15 kbar (Tullis et Yund, 1980 ; Nègre et al., 2021). De façon générale, la quantité d'eau diminue la résistance d'un matériau donné (Kekulawala et al., 1981 ; Kronenberg et Tullis, 1984), en particulier dans les roches felsiques (gneiss et micaschists riches en quartz), dont la déformation plastique est favorisée par la présence d'eau libre, et entraînant le développement des zones de cisaillement.

2.2. Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et déformation

Dater la déformation permet de contraindre la durée ainsi que la vitesse de déformation, apportant des contraintes numériques absolues sur la cinématique des mouvements tectoniques. L'application de la technique $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ à cette question existe depuis à peu près aussi longtemps que la technique elle-même, avec des interprétations – parfois contradictoires – concernant la signification des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur micas blancs. Cette partie retrace les concepts fondamentaux avancés et développés au cours des années successives.

2.2.1. Diffusion et température de fermeture

La diffusion est un phénomène de transport d'éléments en fonction des gradients de potentiel chimique (ou de concentration), qui dépendent essentiellement de la température et de la pression, mais aussi de la contrainte mécanique. Ces potentiels se traduisent généralement par des différences en concentration d'éléments, avec un transfert atomique des éléments depuis les zones à forte concentration vers les domaines à faible concentration. La diffusion de la matière est décrite par les lois de Fick (1855) et, dans le cas d'un minéral, elle s'effectue à travers le réseau cristallin, souvent via les défauts lorsqu'ils sont présents (diffusion de lacune vs. diffusion interstitielle). Ces derniers sont en effet les vecteurs du transport et de la cinétique par diffusion intra-cristalline (Nteme et al., 2022). Dans le cas de l'Argon, le déplacement des atomes est strictement régi par le mouvement brownien aléatoire (agitation thermo-activée) et se déplace indépendamment de tout gradient de concentration (« *self-diffusion* »). Il peut y avoir des gradients de concentration en réponse à cette mobilité mais ce ne sont pas eux qui agissent sur le flux atomique. La cinétique de diffusion est ainsi considérée comme neutre ; le transport s'effectue par migration de lacune sans interaction chimique avec les autres éléments. Ses propriétés de diffusion ne dépendent donc pas de la nature des autres éléments chimiques adjacents mais uniquement des effets de paramètres de maille et de structure atomique (Sardarov, 1961 ; McDougall et Harrison, 1999 ; Nteme et al., 2022).

La diffusion d'un élément chimique dans un milieu donné est un processus thermiquement activé et décrit par la loi d'Arrhenius :

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad (2-3)$$

où D_0 représente le facteur pré-exponentiel (entropie vibrationnelle, en cm^2/s), E l'énergie d'activation (enthalpie de formation et de migration, kcal/mol) et R la constante des gaz parfaits (8.31 J/K/mol). Lorsque la température diminue, la diffusion diminue ainsi de façon exponentielle. Cette dépendance de la diffusion à la température est à la base du concept de température de fermeture (T_c) élaboré par Dodson (1973 ; fig. 2-8) pour décrire physiquement la transition entre comportement ouvert (diffusant) et comportement clos (peu ou pas diffusant) des systèmes isotopiques en cours de refroidissement (exhumation). Ce modèle physique définit une température théorique en dessous de

laquelle la diffusion n'est plus assez efficace pour que des échanges aient lieu entre le minéral et son environnement. L'isotope radiogénique ($^{40}\text{Ar}^*$, dans le cas du chronomètre K/Ar) reste alors piégé dans le minéral (entre les couches tétraédriques et octaédriques pour les micas) et ce dernier fonctionne comme un thermochronomètre datant la fermeture du système à la température calculée. Cette température fondée sur l'équation (1) est donnée par :

$$T_c = \frac{R}{E \ln(A \tau \frac{D_0}{a^2})} \quad (2-4)$$

Où A est une constante dépendante de la géométrie de diffusion et de la constante de désintégration de l'élément père, τ est la constante de temps liée à la vitesse de refroidissement (*cooling rate* en anglais) et a correspond à la taille du cristal ou au domaine de diffusion.

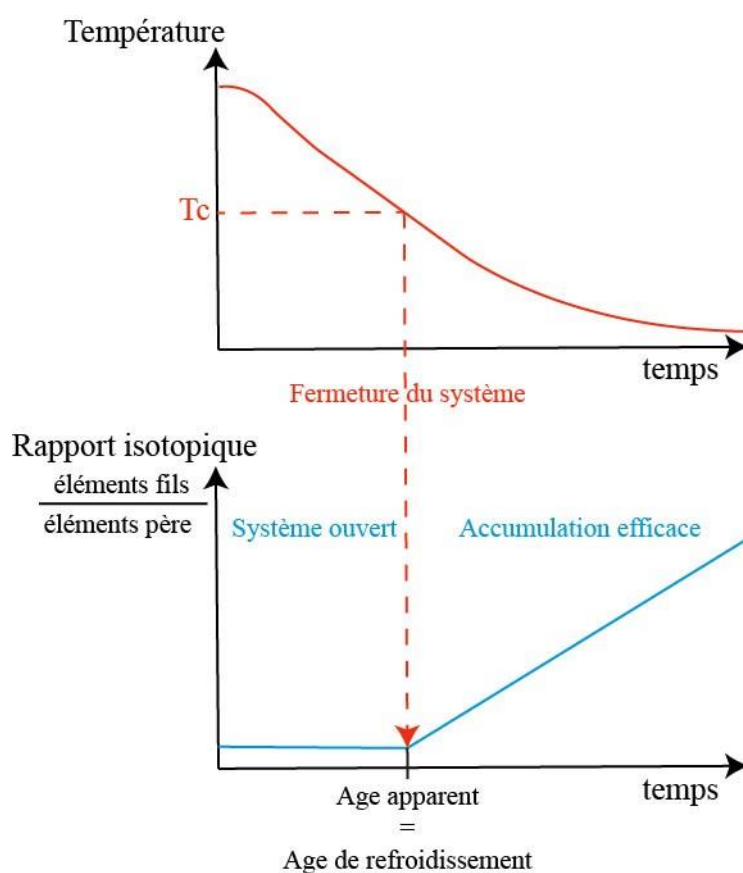


Figure 2-8 : Concept de température de fermeture (T_c ; Dodson, 1973) : thermo-dépendance de la fermeture du système. L'âge apparent correspond à l'âge de refroidissement. L'accumulation efficace est représentée de façon schématique.

La détermination des paramètres de diffusion de l'argon dans les micas a été réalisée par des expériences en laboratoire selon plusieurs méthodes. Ces paramètres ont été quantifiés par chauffe par palier en mesurant la fraction d'argon libéré par chauffage sous vide (Berger et al., 1979; Harrison et al., 1985; Hess et al., 1987; Onstott et al., 1991). Toutefois, les micas ne sont pas stables à haute

température, leur structure se déstabilisant par déshydroxylation (Lee, 1993 ; Sletten et Onstott, 1998). Les expériences réalisées en conditions hydrothermales pallient à ce problème. Pour les muscovites, deux études ont ainsi été réalisées par Robbins (1972) et par Harrison et al. (2009). Les résultats obtenus par Robbins (1972) indiquent un coefficient de diffusion $D_0 = 6 \times 10^{-7} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ et une énergie d'activation $E = 40 \text{ kcal/mol}$, les mesures obtenues par Harrison et al. (2009) sont $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ et $E = 63 \pm 7 \text{ kcal/mol}$. Plusieurs études mettent en évidence une diffusion de l'argon dans les micas le long des plans des feuillets. L'utilisation de cartographies *in-situ* a montré l'existence de gradients de diffusion dans le plan (001). Ces observations indiquent une géométrie de diffusion cylindrique (Scaillet, 1990 ; Hames et Bowring, 1994 ; Hodges et al., 1994 ; Scaillet, 1996 ; Dunlap, 1997). Les paramètres de diffusion proposés par Robbins (1972) et adoptant une géométrie planaire ont été recalculés par Hames et Bowring (1994; $D_0 = 0,04 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$). Les études *in-situ* ont également permis de déterminer que la distance de diffusion effective au sein des micas était égale à la taille physique du cristal (Scaillet, 1990, Hames et Hodges, 1993 ; Hodges, 1994 ; Hames et Bowring, 1994). Une étude par dynamique moléculaire combinée à la méthode dite de « Nudged Elastic Band » a récemment permis de préciser le mécanisme de diffusion d' ^{40}Ar à l'échelle atomique (Nteme et al., 2022). Cette technique de simulation des chemins de transition et les barrières énergétiques correspondantes indique que l' ^{40}Ar diffuse préférentiellement le long de l'espace interfoliaire à travers un mécanisme de double lacune avec un coefficient de diffusion $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$ et une énergie d'activation $E = 66 \text{ kcal/mol}$, ce qui implique des températures de fermeture (T_c) entre 560 et 800 °C. Cette hausse significative des T_c , est proche de la limite de stabilité de la muscovite (700°C Massone et Schreyer, 1987 et 1989) et pose la question de la signification de âges : âges de cristallisation vs. âge de refroidissement. Plusieurs études proposent ainsi que les systèmes de rétention Ar/Rb-Sr sont assez similaires (Bosse et al., 2005 ; Scibiorski et al., 2021).

2.2.2. Réouverture du système isotopique : rôle de la déformation et interprétation des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les micas blancs

2.2.2.1. Interprétation des âges

La température de fermeture T_c est définie formellement pour les systèmes en cours de refroidissement. Indépendamment de son refroidissement final culminant avec l'exhumation à la surface (les conditions d'application de T_c), une roche peut subir des événements amenant à une réouverture partielle ou totale du système isotopique. Des études $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ indiquent que la diffusion d'argon et la fermeture du système isotopique dans les muscovites ne dépendent pas uniquement de la température (Hames et Bowring, 1994 ; Lee, 1995 ; Kirschner et al., 1996 ; Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Kramar et al., 2001 ; 2003 ; Cosca et al., 2011). Ceci complique l'interprétation des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ qui peuvent alors indiquer (1) un refroidissement conforme à T_c (Mulch et al., 2002 ; Hames et al., 2008 ; Scharf et al., 2016) ; ou (2) des âges de (re)cristallisation ou déformation avec une remise à zéro complète du système isotopique (Kirschner et al., 1996 ; Mulch et al., 2002 ; Di Vincenzo et al., 2004 ; Mulch et al.,

2005 ; Rolland et al., 2008, 2009, 2013 ; Laurent et al., 2021) ; ou (3) des âges sans signification si la remise à zéro du système n'a été que partielle (Dunlap et al., 1991 ; Sanchez et al., 2011). Une remise à zéro partielle entraîne un rajeunissement des âges qu'il est en général impossible à quantifier car la quantité d'argon perdue reste inconnue.

Contrairement aux autres techniques de datation qui ne disposent que de l'approche *in-situ* (SIMS ou LA-ICPMS) ou "en bulk" (par dissolution et spectrométrie par voie solide/humide), l'interprétation des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ est grandement conditionnée (et souvent facilitée) par l'application de deux approches complémentaires (chauffage par palier de température ou « *step-heating* » vs. cartographie *in-situ*). Les spectres d'âge mesurés par chauffage par palier de température sur des micas issus de roches déformées sont souvent discordants et présentent rarement des âges plateaux (= spectre plat), ce qui traduit une distribution hétérogène de l'argon au sein de l'échantillon (West et Lux, 1993 ; Kirschner et al., 1996 ; Mulch et al., 2002 ; Rolland et al., 2009 ; Sanchez et al., 2011 ; Schneider et al., 2013 ; Rolland et al., 2013). Schneider et al. (2013) interprètent les premiers paliers du spectre comme un âge de déformation. Mulch et al. (2002) font la même hypothèse et attribuent les premiers paliers du spectre à des âges liés à la déformation des micas tandis que les paliers de haute température préserveraient l'âge initial de cristallisation (fig. 2-9). L'estimation des pertes d'argon est réalisée à partir de l'étude quantitative des spectres en se référant à des pertes théoriques dues à l'ouverture partielle (sous l'effet de la diffusion). Ainsi, les paliers de basse température enregistrent typiquement des âges plus jeunes correspondant aux bordures de grains plus affectées par la perte tandis que les paliers de haute température enregistrent les âges du cœur de l'échantillon théoriquement moins affecté (Mulch et al., 2002 ; Sanchez et al., 2011). Ce type d'analyse est largement conditionné par l'allure attendue des modèles théoriques de diffusion.

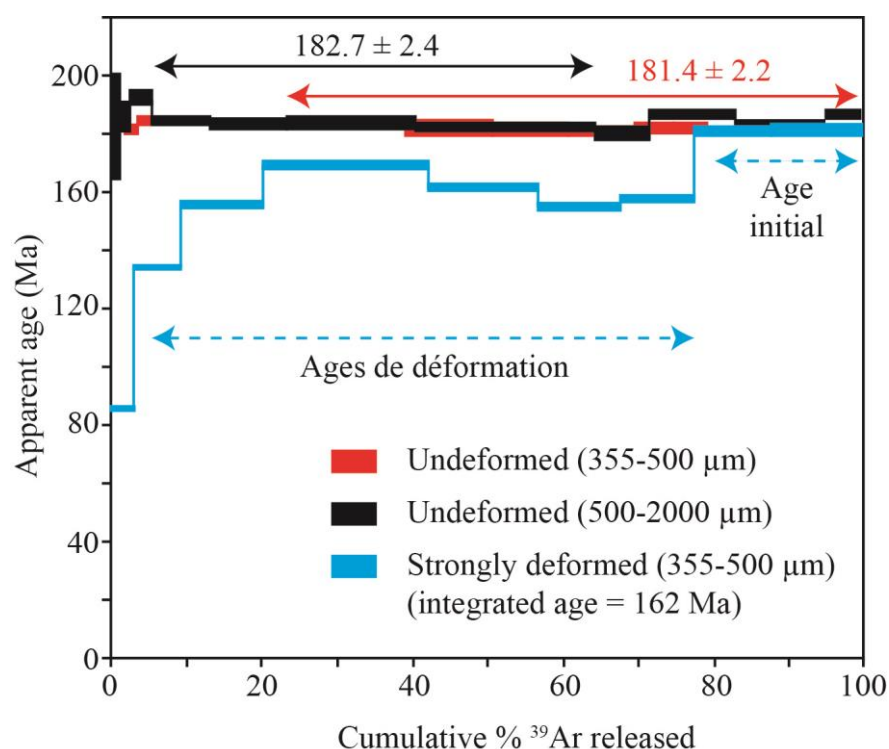


Figure 2-9 : Spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ par step-heating de muscovites non-déformées (en rouge et noir) et d'une muscovite déformée (en bleu) issus de l'étude de Mulch et al. (2002). Les âges des premiers paliers de température sont interprétés comme liés à la déformation tandis que les paliers de haute température conservent l'âge initial de la muscovite.

La datation *in-situ* permet quant à elle d'obtenir des cartographies des concentrations d'argon au sein d'un minéral sans faire d'hypothèse sur le mécanisme de dégazage sous vide et de comparer les âges directement avec la répartition spatiale des variations chimiques, ou encore en relation avec les microstructures induites par la déformation (Scaillet et al., 1990 et 1992 ; Hames et Cheney, 1997 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Di Vincenzo et al., 2004 ; Mulch et al., 2005 ; Di Vincenzo et al., 2006). Les hétérogénéités isotopiques et de composition sont ainsi susceptibles de contrôler la diffusion de l'argon au sein de porphyroclastes de muscovites (Scaillet et al., 1990). La circulation de fluide est également souvent évoquée pour expliquer les pertes d'argon dont la diffusion peut être favorisée notamment par altération aux joints de grains via la circulation de fluide intergranulaire (Scaillet, 1998 ; Di Vincenzo et al., 2001 et 2004 ; Harrison et al., 2009 ; Beltrando et al., 2013 ; Laurent et al., 2021). L'effet de déformation sur la réouverture des systèmes isotopiques a déjà fait l'objet de plusieurs études. Celles utilisant la datation *in-situ* ont mis en évidence des relations complexes entre la distribution de la déformation et la répartition spatiale des âges : les âges les plus récents sont présents dans la zone où l'intensité de la déformation est la plus forte. Cette corrélation existe à plusieurs échelles, depuis le grain (Kramar et al., 2001 et 2003 ; Mulch et al., 2002 et 2005 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Di Vincenzo et al., 2004 ; Bellanger et al., 2015) jusqu'à l'échelle métrique, voire kilométrique (Dunlap et al., 1991 ; Dunlap, 1997 ; Beaudoin et al., 2020 ; Laurent et al., 2021).

Laurent et al. (2021) ont étudié la répartition des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur phengite à différentes échelles d'observation (régionale, zone de cisaillement et échantillon/grain) à Syros et Sifnos. A l'échelle régionale, les âges et la déformation sont corrélés. Les âges les plus jeunes correspondent aux échantillons les plus intensément déformés, particulièrement ceux contenant des grains de phengite recristallisés, cette concordance a déjà été identifiée dans d'autres études (e.g. Reddy et al., 1996 ; Dunlap, 1997 ; Rogowitz et al., 2015). A l'échelle d'une zone de cisaillement (à Syros comme à Sifnos), les âges les plus jeunes sont localisés dans les régions proches ou à l'intérieur des zones intensément déformées. Les gradients de déformation sont concordants avec les gradients d'âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, mais aucun effet de composition n'est observé. A l'échelle de l'échantillon ou du grain, il n'y a pas de corrélation entre les microstructures, la composition chimique et les âges apparents (e.g. Scaillet et al., 1992 ; Di Vincenzo et al., 2006 ; Beltrando et al., 2013 ; McDonald et al., 2016 ; Fornash et al., 2016). Au contraire de l'absence de corrélation âge-texture, le Δt (gamme d'âge) est corrélé avec l'intensité de la déformation. Le Δt augmente avec des âges de plus en plus jeunes avec l'augmentation de la déformation. Ces âges sont interprétés comme des âges de recristallisation, comme proposés dans plusieurs études sur des complexes HP/LT ayant subi une température supérieure à 500 °C et dont le temps de résidence a été analysé théoriquement (Lister et Baldwin, 1996 ; Baldwin et Lister, 1998 ; Warren et al., 2012a, Uunk et al., 2018) et de façon empirique (Scaillet, 1998 ; Warren et al., 2011 et 2012b).

A l'échelle intragranulaire, Kramar et al. (2001, 2003) établissent une corrélation directe entre les pertes d'argon mesurées par cartographie $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ* et les microstructures induites par déformation dans des muscovites naturelles (porphyroclastes dans mylonite). Les monograins de muscovites déformées naturellement présentent des âges rajeunis au niveau de bandes de cisaillement identifiées optiquement et par microscopie. Les pertes fractionnelles calculées suivant la répartition des âges ne sont pas concordantes avec une diffusion volumique agissant seule. Les pertes d'Ar plus importantes, situées à proximité des bandes de cisaillement, sont interprétées comme de la diffusion intragranulaire via des voies de diffusion rapide, concordantes avec d'autres études théoriques ou expérimentales (Onstott et al., 1991 ; Phillips, 1991 ; Lee et Aldama, 1992 ; Reddy et al., 1999). Avec ces voies de diffusion rapide, les paramètres de diffusion (D_0 , E) pour des minéraux exempts de défaut, proposés dans la littérature (Hames et Bowring, 1994 ; Harrison et al., 2009, Nteme et al., 2022) ne s'appliquent pas aux minéraux déformés. La présence de défauts et de voies de diffusion rapide engendre la présence de plusieurs échelles de diffusion (taille de grain varie localement), il n'y a donc pas de température de fermeture unique. A partir de ces résultats et des observations TEM montrant la présence de défauts intracristallins dont la densité augmente à l'approche des microstructures, Kramar et al. (2003) ont réalisé des simulations de diffusion. Leur modèle prédit que la vitesse de diffusion, dans les voies de diffusion rapide, est de 6 à 7 ordres de grandeur plus rapide que pour la diffusion volumique seule.

Plus récemment, une approche plus exhaustive de mesures *in-situ* de gradients $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ intra- et inter-cristallins naturels (bases de données de plus de 400 mesures) a permis de montrer que la correspondance entre les âges et des structures de déformation est loin d'être systématique, en particulier lorsque l'on change d'échelle d'observation (Beaudoin et al., 2020 ; Laurent et al., 2021). Ces résultats posent notamment la question de la représentativité des études ponctuelles qui totalisent quelques dizaines d'analyses au plus (et souvent beaucoup moins à l'échelle du monograin ; Everard et Villa, 1994 ; Kelley et al., 1994 ; Warren et al., 2012). Depuis l'émergence de l'approche *in-situ* à haute résolution, il est d'ailleurs surprenant de constater le faible nombre de laboratoires $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ engagés dans des campagnes massives et systématiques en relation avec la déformation et ses effets présumés sur le chronomètre $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (IGG, Pise; OU, Milton Keynes; ISTO, France; U. Lausanne, désormais inactive sur ce plan depuis le départ de M. Cosca). Cette lacune tient largement à la capacité des laboratoires à soutenir des campagnes de mesures exhaustives et en adéquation avec la nécessité de documenter plus précisément l'état isotopique de systèmes complexes affectés par la déformation.

2.2.2.2. Déformation et mobilité de l'argon : vers des études expérimentales

Parmi les mécanismes possibles affectant la diffusion de l'argon dans les micas, la cataclase, la recristallisation dynamique et la formation de kinks sont des candidats potentiels pouvant diminuer la distance de diffusion effective en réduisant la taille du grain (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Wilson, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Mulch et al., 2002 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Mariani et al., 2006 ; Keulen et al., 2007 ; Hadizadeh et al., 2015 ; Ceccato et al., 2022). La présence de dislocation est aussi envisagée comme un moyen facilitant la diffusion de l'argon en constituant des drains de diffusion préférentielle dans les minéraux (Bell et al., 1986 ; Lovera et al., 1989 ; Lee, 1995 ; Kramar et al., 2001, 2003). Les études les plus exhaustives à ce jour (Kramar et al., 2001 ; 2003) ont documenté la relation entre l'augmentation de la densité de défauts (incluant les dislocations, et leurs interconnexions) et l'accélération de la diffusion par plusieurs ordres de grandeur.

En dépit de ce lien révélé et documenté de longue date, les études en laboratoire susceptibles de quantifier ces phénomènes restent excessivement rares avec seulement deux études expérimentales couplant déformation expérimentale et datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Cosca et al., 2011). Cette situation contraste avec le nombre considérable d'expériences de déformation en laboratoire menées depuis au moins 40 ans (Tullis et Yund, 1980 ; Kronenberg et Tullis, 1984 ; Hirth et Tullis, 1994 ; Post et Tullis, 1998 ; Mariani et al., 2006). En outre, les résultats obtenus correspondent à des conditions de déformation différentes, et difficilement comparables. Ces résultats sont de fait partiellement contradictoires et indiquent un effet mineur (voire minime, Dunlap et Kronenberg, 2001), ou au contraire significatif (Cosca et al., 2011) de la déformation, ni l'un ni l'autre de ces travaux ne permettant de démontrer un effet systématique sur la mobilité de l'Ar. Enfin, aucune étude n'a jusqu'à présent tenté de séparer expérimentalement l'effet de la déformation (mécaniquement activé) de celui

de la diffusion volumique (thermiquement activée) sur la diffusion de l'argon, alors que ces deux mécanismes opèrent de concert en compliquant significativement la signature $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des systèmes naturels.

Dans une première étude, réalisée par Dunlap et Kronenberg (2001), deux types d'expériences de déformation de courte durée (environ 1h30) ont été menées : (1) des expériences de broyage cataclastiques à température ambiante sur des biotites ; et (2) des expériences de déformation sur des monograins de muscovites à l'aide d'une presse triaxiale à une température de 400 °C, des pressions de 100 ou 200 MPa, avec une orientation de la foliation à 45 ° ou parallèle à la contrainte principale et pour des taux de raccourcissement de 11 et 14 %. Les âges mesurés par step-heating montrent que la déformation a un effet mineur sur la perte d'argon (0,7-1 % de perte d'argon) pour les deux types d'expérience. Ils n'ont pu détecter aucune perte significative d' $^{40}\text{Ar}^*$ dans leur muscovite déformée, essentiellement parce que leurs expériences de cataclase ont été menées à température ambiante et que la durée de l'expérience était très courte. Ces auteurs en concluent que la perte d'argon par cataclase (c'est-à-dire sans augmentation de température) est mineure, et que les variations apparentes d'âge sont très probablement causées par une perte par diffusion volumique de l' $^{40}\text{Ar}^*$ après ou pendant la réduction mécanique de la taille de grain et l'accumulation de défauts intracristallins favorisant la diffusion rapide le long de défauts induits.

Cosca et al. (2011) ont déformé un granite isotrope à l'aide d'une presse de Griggs en déformation coaxiale (600 °C, 10 kbar, $\text{H}_2\text{O} = 0.1$ %.pds, taux raccourcissement = 10 %). Une perte significative d' $^{40}\text{Ar}^*$ est enregistrée dans les muscovites déformées par rapport au matériau de départ (0-16 % de perte ; fig. 2-10). Les micas présentent des structures de déformation telles que des kinks, mais sans corrélation spatiale apparente avec la distribution des âges et l'intensité de la déformation. Les auteurs rattachent les pertes d'argon observées à l'interconnectivité présumée des défauts d'empilement (voies de diffusion rapide) induits lors de la déformation expérimentale, ce qui aurait favorisé la mobilité intracristalline de l' $^{40}\text{Ar}^*$.

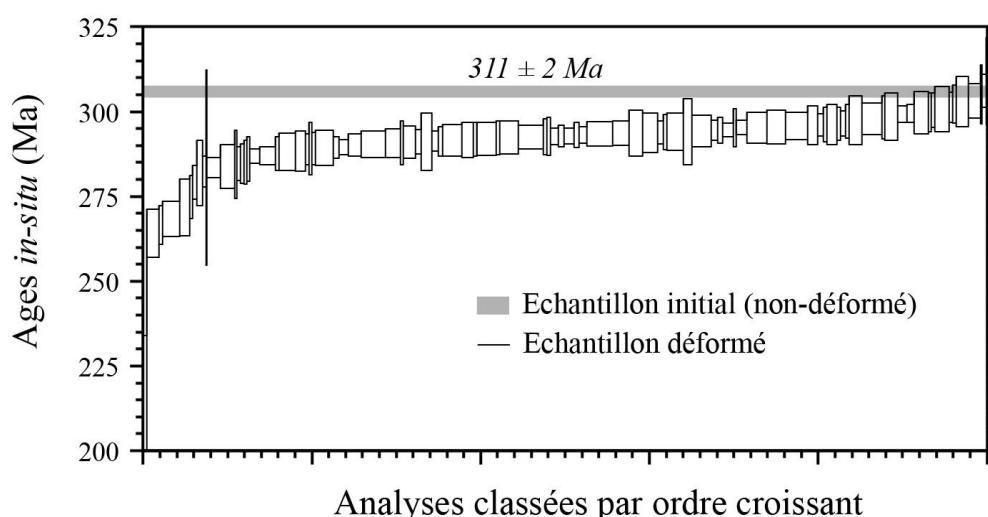


Figure 2-10 : Spectre des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ (classés par ordre croissant) mesurés dans les muscovites de l'échantillon de granite déformé de Cosca et al. (2011). Les pertes d'argon varient entre 0 et 16 % par rapport à l'âge plateau ($311 \pm 2 \text{ Ma}$, représenté schématiquement) mesuré dans les muscovites du granite non déformé.

Ces deux études n'ont pas tenté d'évaluer l'effet thermique indépendamment de la déformation. La réalisation d'expériences témoin en température fait en particulier défaut alors qu'elles permettraient de mieux contraindre et de quantifier l'effet de la déformation, via la caractérisation des microstructures, sur la mobilité de l'argon au sein des micas blancs.

Afin de compléter ces résultats et d'en préciser la portée pour la signification des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés dans les systèmes naturels nécessairement plus complexes, des expériences complémentaires sont donc requises. Le but de ce travail est de coupler une analyse $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ exhaustive à l'échelle du grain comme de la lame mince à la déformation expérimentale en vue d'investiguer (1) l'intensité de la déformation ; (2) l'effet de la lithologie et de la micro-rhéologie (en traitant différents matériaux de départ) ; et (3) les variables extensives telles que la présence d'eau libre. La démarche et la stratégie expérimentale adoptée sont explicitées et argumentées dans le chapitre suivant traitant des protocoles expérimentaux et analytiques déployés au sein de l'ISTO.

Chapitre 3 : Méthodes

3.1. Méthodologie et stratégie

Comme évoqué précédemment (section 1.2), cette thèse vise à mieux contraindre le rôle de la déformation dans l'enregistrement isotopique des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour les micas blancs. L'approche expérimentale choisie consiste à caractériser les effets de la déformation sur la mobilité de l'argon et d'identifier les mécanismes intra-cristallins mis en œuvre et affectant le comportement Ar/Ar lors de la déformation. Pour cela, plusieurs échantillons naturels ont été sélectionnés (cf. chapitre 4, 5 et 6) afin d'être déformés expérimentalement à l'aide d'une presse tri-axiale à confinement solide (presse de Griggs). Leur caractérisation chimique et texturale de départ comme les produits finis a été réalisée à l'aide de la micro-tomographie, la microscopie optique et l'analyse chimique à la microsonde. La composition isotopique en argon a été analysée en réalisant des cartographies *in-situ* des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ à la sonde laser UV. Ce chapitre détaille les différentes techniques utilisées et leur protocole respectif.

3.2. Déformation expérimentale

La préparation des expériences ainsi que leur déroulement ont été réalisés à l'Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) au sein de la plateforme « Expérimentation ». L'ensemble des expériences de déformation a été réalisé avec une presse tri-axiale à confinement solide dite de « Griggs », d'après le nom de son concepteur David T. Griggs (Griggs, 1967).

3.2.1. Presse de Griggs

La presse de Griggs est une machine de déformation expérimentale dont il existe actuellement deux générations : 1) une première dessinée par David Griggs dans les années 1960, puis modifiée par Jane et Terry Tullis dans les années 1980 (Tullis et Tullis, 1986) ; et 2) une deuxième, d'abord dessinée par Harry Green (Tingle et al., 1993), puis optimisée et adaptée aux normes Européennes par Alexandre Schubnel et Jacques Précigout en collaboration avec l'entreprise *Sanchez Technologies*. La première presse de Griggs nouvelle génération utilisée dans cette thèse a été développée et installée au sein de l'ISTO au cours des années 2010 (Précigout et al., 2018).

Basée sur la technologie du piston-cylindre, cette presse permet de déformer tout type de matériau jusqu'à une température de 1300 °C et une pression de 5 GPa, à savoir une pression équivalente à 150 km de profondeur dans la croûte terrestre. Ces pressions peuvent être atteintes grâce à un confinement solide (généralement du NaCl) et des joints métalliques anti-extrusions situés autour des deux principaux pistons, qui appuient sur l'échantillon et son assemblage au sein d'une enclume circulaire (fig. 3-1). Dans le détail, cette machine est composée d'un châssis métallique en acier inoxydable, sur lequel trois plaques du même métal sont superposées (fig. 3-1). Alors que la plaque basale supporte la charge appliquée par 2 pistons indépendants (un piston de confinement et un piston de déformation), les plaques intermédiaire et supérieure supportent les vérins hydrauliques permettant d'actionner ces mêmes pistons. Les vérins sont eux-mêmes connectés à des pompes hydrauliques seringues réglables en flux ou en pression et spécifiquement adaptées pour ce type d'expériences.

Plusieurs capteurs de pression (connectés aux vérins) et de déplacement (*Linear Variable Differential Transformer*), ainsi qu'un capteur de force situé entre le vérin et le piston de déformation permettent enfin de contrôler chaque expérience.

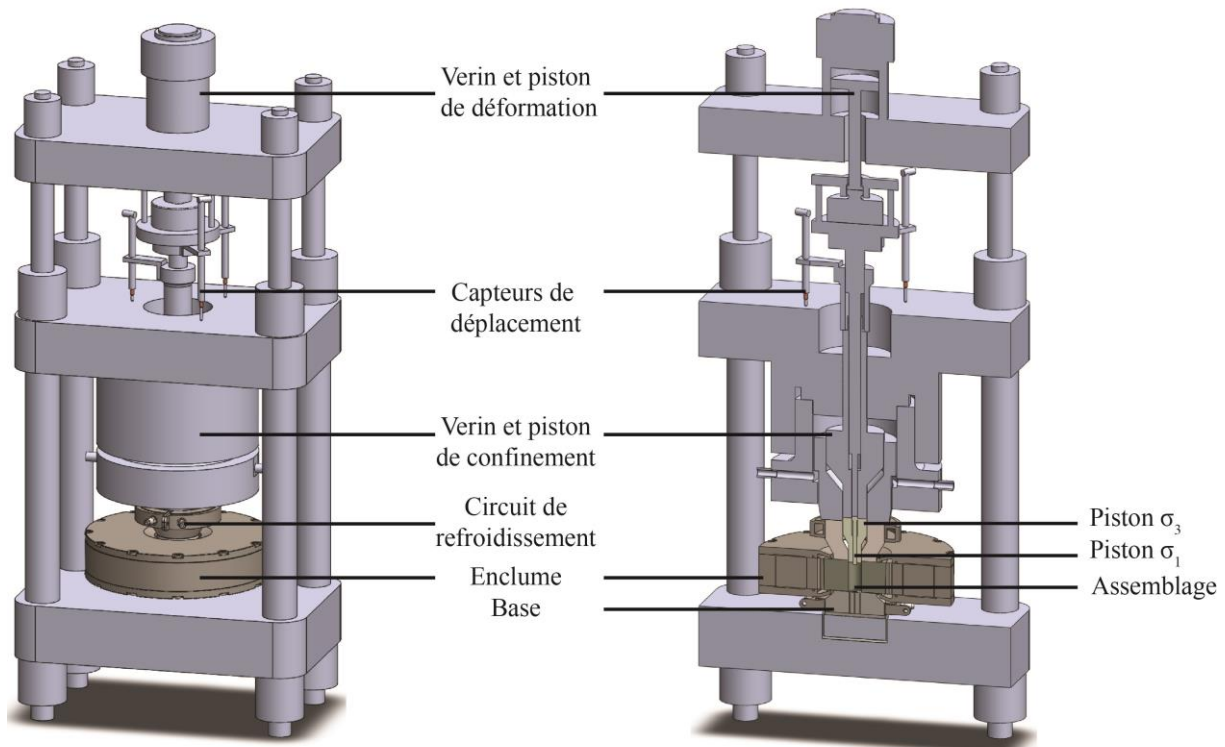


Figure 3-1 : Presse de Griggs en 3D (d'après Précigout et al., 2018). L'échantillon est placé au cœur de l'assemblage. Le piston σ_3 permet d'appliquer la pression de confinement et le piston σ_1 permet d'appliquer la déformation.

L'échantillon se trouve quant à lui emballé dans un assemblage de plusieurs pièces et matériaux, dont les propriétés mécaniques permettent de transférer les pressions/contraintes et de monter en température. L'ensemble échantillon-assemblage (décrit dans la partie suivante) est lui-même contenu dans une enclume circulaire composée d'un cœur en carbure de tungstène et d'une lame d'acier étirée, puis enroulée autour du cœur. Cette technique permet de pré-contraindre le cœur de carbure, qui se trouve à l'équilibre mécanique (sans contrainte) à une pression de 1 GPa. C'est pourquoi la presse de Griggs nouvelle génération est aussi équipée d'un piston de pré-charge, connecté au vérin de confinement et qui appuie directement sur le cœur en carbure avec une force proportionnelle à la pression imposée à l'échantillon. Pendant que l'enclume est maintenue à température ambiante par circulation d'un fluide réfrigérant, le chauffage de l'échantillon s'effectue par effet joule en injectant un courant électrique de forte intensité (100 à 200 A) et faible tension (5-10 V) à travers un four en graphite, qui fait partie d'un des composants de l'assemblage.

3.2.2. Assemblage et protocole expérimental

L'assemblage « Griggs » est composé de nombreuses pièces, dont la majorité est usinée et ajustée avant d'être assemblée et insérée au cœur de l'enclume circulaire. La réalisation de ces pièces nécessite une grande précision afin d'éviter la rupture de l'assemblage lors de sa mise en place ou durant l'expérience. En conséquence, la préparation de celui-ci prend en moyenne 3 jours, suivie de l'expérience proprement dite, qui dans notre cas dure environ une semaine. En dehors de l'échantillon, l'assemblage comprend (fig. 3-2) : (1) un tube en graphite (four) protégé entre deux tubes de pyrophyllite ; (2) une rondelle de cuivre à chaque extrémité du four afin de conduire le courant électrique ; (3) un matériau de confinement (ici du NaCl) qui occupe la majorité du volume de l'assemblage ; (4) une chemise en platine soudée aux deux extrémités et qui isole chimiquement l'échantillon du NaCl environnant ; (5) deux thermocouples de type S (Platine-Rhodium (10%) / Platine) protégés par une gaine de mullite ; (6) une pièce de pyrophyllite et deux tubes d'oxyde de magnésium qui scellent l'assemblage à sa base, particulièrement autour des gaines de thermocouple ; (7) un piédestal en carbure de tungstène sur lequel repose la colonne de déformation ; (8) deux pistons d'alumine de part et d'autre de l'échantillon ; et (9) une pièce de plomb qui chapeaute l'ensemble afin d'homogénéiser les contraintes pendant la montée en pression-température. Cette pièce de plomb a aussi une fonction particulière, puisqu'elle permet d'estimer quand le piston de déformation entre en contact avec le piston d'alumine supérieur, c'est-à-dire quand la déformation de l'échantillon commence. Enfin, une feuille de Nickel est généralement insérée entre l'échantillon et la chemise de platine avant qu'elle ne soit soudée, afin de tamponner l'oxygène dans la capsule et garantir des conditions d'expérience modérément réductrices (Ni-NiO).

L'échantillon et son assemblage sont d'abord insérés dans l'enclume grâce à une presse à crémaillère, puis placés dans la presse avec les pistons de confinement (σ_3), de déformation (σ_1) et de pré-charge. Après alignement et mise en contact des pistons avec les actionneurs de la presse, les pistons σ_1 et σ_3 sont ensuite actionnés alternativement grâce au logiciel « Falcon » via les pompes hydrauliques, afin de monter progressivement en pression. Parallèlement, l'échantillon est progressivement chauffé par injection d'un courant électrique, dont l'intensité et la tension sont contrôlées par un régulateur programmable (Eurotherm), la référence étant donnée par la valeur de température indiquée par l'un des deux thermocouples. Le deuxième thermocouple est, quant à lui, utilisé pour vérifier le bon fonctionnement du premier et, si ce n'est pas le cas, pour donner une seconde référence à l'Eurotherm afin d'assurer les bonnes conditions (et la finalisation) d'expérience. Indépendamment de l'opérateur et du type d'expérience, le thermocouple est en effet une pièce fragile de l'assemblage qui, parfois, cède à la montée en pression ou rentre en court-circuit entraînant un mauvais fonctionnement. Une fois les consignes de pression et de température atteintes (12-15 kbar et 650 °C pour nos expériences), la pompe hydraulique du piston σ_3 est programmée pour réguler en pression et la pompe reliée à σ_1 est lancée à flux d'huile constant de manière à ce que le piston de déformation avance à la vitesse souhaitée. Cette

vitesse peut néanmoins varier en fonction du degré de compressibilité de l'huile et de la compaction élastique de la machine, qui tous deux dépendent des forces nécessaires au maintien sous pression et à la déformation de l'échantillon. Tout au long de l'expérience, les données de pression, de contrainte, de température et de déplacement sont enregistrées avec une fréquence de 1 Hz (1 donnée par seconde) à l'aide du logiciel "Catman-Easy", permettant une visualisation en continu.

Au début de l'expérience de déformation, le piston σ_1 doit traverser 2 à 3 mm de plomb avant de toucher le piston d'alumine et commencer ainsi à déformer l'échantillon. La courbe mécanique de l'échantillon se développe alors à travers sa phase initiale élastique, puis sa phase plastique (fig. 3-3a). A noter que dans la déformation à la presse de Griggs, l'augmentation initiale de la contrainte différentielle n'est pas purement élastique (cf. modèle théorique en section 2.1.1), une partie de la déformation appliquée n'est pas réversible. Ainsi, nous tiendrons compte de cette particularité pour la suite de la thèse et le terme « déformation élastique » correspondra à l'augmentation de la contrainte différentielle au cours des expériences (mélangeant déformation permanente et non-permanente).

Le point de contact entre le piston σ_1 et le piston d'alumine ("*hit-point*") est alors déterminé par l'intersection des tangentes aux courbes définies par (1) la traversée du piston σ_1 dans le plomb et (2) la phase élastique de l'échantillon. Le *hit-point* correspond au "zéro" de la courbe contrainte-déformation (fig. 3-3b). Il est donc fondamental de le définir avec la plus grande précision, sans quoi l'estimation des contraintes différentielles peut comporter une erreur non négligeable. Cette dernière a été estimée à ± 30 MPa à partir d'expériences réalisées dans la presse de Griggs de première génération (Holyoke and Kronenberg, 2010). L'expérience est enfin arrêtée lorsque le taux de déformation (raccourcissement) souhaité est atteint. A ce stade, l'échantillon est refroidi par une trempe contrôlée de la température d'expérience à 200° C en 2 minutes, et ce afin de limiter les éventuelles réactions chimiques en cours et figer les microstructures produites. La pression est ensuite lentement relâchée en veillant à ce que la contrainte différentielle reste toujours positive entre 50 et 100 MPa. Le point critique de cette étape consiste à empêcher ou limiter au mieux les fractures liées à la décompression. Lorsque la pression de confinement atteint 100 MPa, la température est abaissée à 30 °C. Le four est alors éteint et la pression peut être abaissée jusqu'à la pression atmosphérique. L'échantillon est finalement extrait de la presse, puis de l'enclume et enfin de l'assemblage.

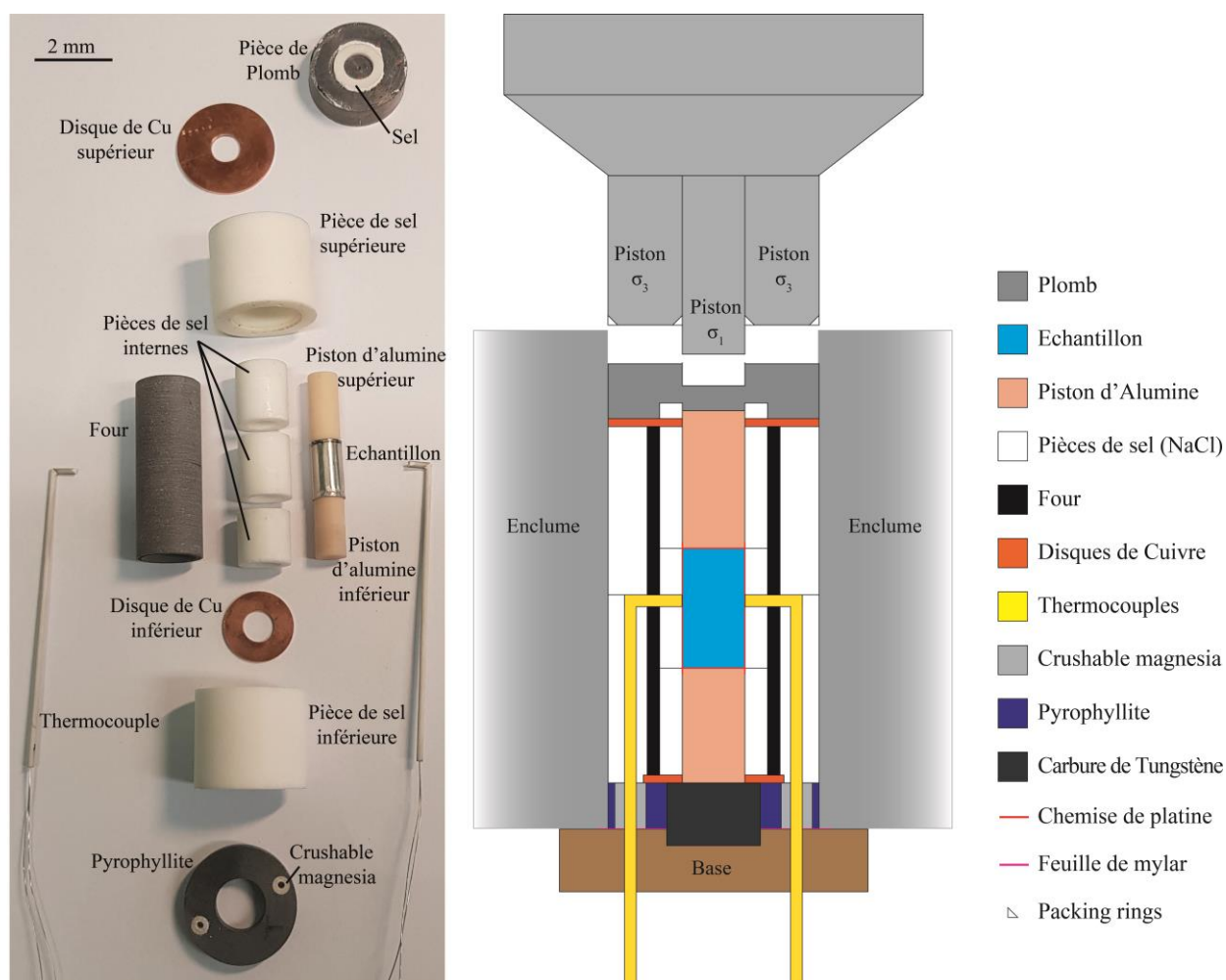


Figure 3-2 : Assemblage nécessaire à la pression de confinement dans les expériences réalisées avec une presse de Griggs. Il est constitué en majorité de sel (NaCl). La déformation est appliquée avec l'avancée du piston σ_1 tandis que la pression de confinement est maintenue par le piston σ_3 .

3.2.3. Corrections et analyse des données

Les données mécaniques de l'expérience sont d'abord acquises par le logiciel « Catman Easy » fourni par l'entreprise HBM, puis extraite au format .m afin de les traiter avec le logiciel Matlab à l'aide d'un script dédié (script de traitement disponible sur ce [lien](#)). Ce script, écrit en premier lieu par Pec M. et basé sur plusieurs programmes (rigPrep, rigC4 et rigS4) développés par Heilbronner R., applique toutes les corrections nécessaires selon les procédures standards décrites dans Keulen et al. (2007), Pec et al. (2012), Tarantola et al. (2012), Marti et al. (2018) et Précigout et al. (2018).

Lorsque l'expérience se termine, le point de contact est recalculé. Les corrections liées à la compressibilité/extensibilité de la machine et au changement de forme de l'échantillon (élargissement provoqué par le raccourcissement) sont ensuite appliquées afin d'obtenir la courbe contrainte-déformation de l'expérience (fig. 3-3). Cela permet d'estimer le niveau de résistance de l'échantillon, ainsi que la quantité de déformation totale appliquée. Selon Holyoke et Kronenberg (2010), la précision de la mesure de contrainte dans l'appareil de type Griggs est de ± 30 MPa pour un assemblage

d'échantillon solide-NaCl, tel qu'utilisé ici. En conséquence, nos calculs de contrainte sont précis à cette valeur près, ce qui implique une erreur significative par rapport aux expériences réalisées en presse de Paterson (confinement gazeux), dont l'erreur est de ± 1 MPa. Cependant, cette étude n'a pas pour objectif de se concentrer sur les propriétés mécaniques des granites et ainsi produire des lois rhéologiques, mais plutôt de se focaliser sur l'impact des microstructures et quantités de déformation finies dans la mobilité/remobilisation de l'argon. De plus, bien qu'une loi de correction ait été proposée pour les données mécaniques obtenues en presse de Griggs (Holyoke et Kronenberg, 2010), celle-ci n'est pas forcément applicable telle quelle pour les Presses de nouvelle génération, dont les propriétés ne sont pas identiques aux presses de première génération. Ces corrections n'ont donc pas été appliquées à nos données.

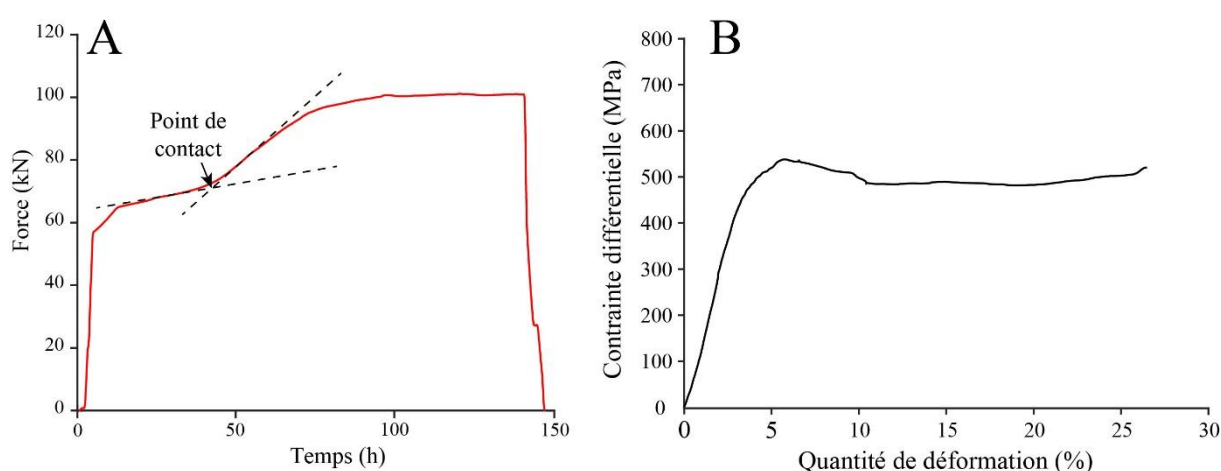


Figure 3-3 : (a) Courbe de la force en fonction du temps qui permet d'établir le point de contact ou hit-point. (b) Courbe de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de déformation pour une expérience donnée.

Au cours d'une expérience, la quantité de déformation finie est estimée à partir du raccourcissement de l'échantillon, lui-même déduit de l'avancée du piston de déformation depuis le point de contact (*hit-point*). Il est noté en pourcentage de la longueur initiale selon la relation suivante :

$$\varepsilon = \frac{L_0 - L_1}{L_0} * 100 \quad (3-1)$$

Où ε est la déformation, L_0 la longueur initiale et L_1 la longueur finale (ou en cours de déformation). Cependant, pour le calcul réel du raccourcissement, il est nécessaire de corriger la valeur brute des paramètres de compressibilité/extensibilité de l'appareil, à savoir $13.8 \mu\text{m/kN}$, qui sont retranchés au raccourcissement de l'échantillon pour chaque incrément d'avancée du piston de déformation. Cette correction est appliquée *post-mortem*, au même titre que la correction de changement de forme de l'échantillon, qui est nécessaire pour estimer la contrainte réelle. Cette correction s'applique en considérant la section moyenne du cylindre déformé selon l'équation suivante :

$$A_s = \pi * \left[\frac{\left[1 - \nu * \left(\frac{L_1}{L_0} - 1 \right) \right] * l_0}{2} \right]^2 \quad (3-2)$$

Où A_s est l'aire de la section moyenne, ν le coefficient de Poisson et l_0 , le diamètre du cylindre avant déformation. Le coefficient de Poisson est ici égal à 0.5, car l'échantillon est considéré comme incompressible. La contrainte différentielle est donc ensuite calculée pour chaque incrément de déformation en divisant la force différentielle (force mesurée – force au *hit-point*) par l'aire de la section moyenne.

3.2.4. Matériaux de départ et conditions expérimentales

Trois séries d'expériences coaxiales et de cisaillement (non-coaxiales) ont été réalisées sur différents matériaux de départ, incluant : (1) un granite isotrope, (2) un assemblage de mica-calcite (poudre) et un monocristal de lépidolite, et (3) un orthogneiss avec une fabrique orientée. Le choix et la nature de chaque matériau de départ sont présentés et étayés dans les chapitres dédiés (Chapitres 4, 5 et 6), l'objectif d'ensemble étant d'explorer les effets de fabrique initiale (isotrope ou non) et de micro-rhéologie inter-phase (mica seul ou non; table 1) sur l'évolution mécanique et son résultat final (déformation finie et distribution Ar/Ar résultantes). Pour les expériences coaxiales, réalisées sur roche naturelle telle quelle (expériences de type #1 et #3), l'échantillon est foré en laboratoire sous forme de cylindre de 8 mm de diamètre et de 15 mm de longueur. Les expériences de cisaillement sur assemblage (poudre + mica) se font à partir d'un assemblage synthétique de calcite et micas naturels préalablement broyés et tamisés de manière à obtenir une poudre de taille de grain relativement homogène (calcite : 16-25 μm ; muscovite : 60-125 μm). Les poudres sont ensuite mélangées et insérées entre les pistons d'alumine avant d'être déformées dans la presse. Dépendamment de la quantité de poudre incorporée, l'épaisseur des échantillons varie entre 1 et 3 mm. Dans le cadre des expériences sur monograin de mica (expériences de type #2), le mica naturel (lépidolite originaire de Madagascar) est d'abord placé entre les deux pistons, puis les espaces sont comblés par la poudre de calcite. Ces déformations non-coaxiales permettent de localiser (et amplifier les effets de) la déformation afin de mieux révéler les processus intra-cristallins mis en jeu (glissement basal, kink/chevrons, décollement/délamination, etc.). Elles permettent aussi de contrôler l'orientation cristallographique du cristal de mica dès le départ de l'expérience, contrairement aux expériences multi-phases (multi-minérales). Les déformations expérimentales sont complétées par des expériences de contrôle statique (sans déformation et nommées HP pour *hot-pressing*) pour des durées et des températures équivalentes. Celles-ci sont destinées à séparer et discriminer les effets thermiques de ceux de la déformation. Les expériences portant sur le premier matériau de départ ont été réalisées sans eau ajoutée dans un premier temps, puis avec de l'eau ajoutée (0,2 % mass.) afin d'étudier l'effet de l'eau libre en joint de grain sur la mobilité de l'argon. Pour les deuxième et troisième séries d'expériences, 0,1 % mass. d'eau ont été ajoutés dans la chemise de platine à l'aide d'une micropipette.

Les conditions de déformation ont été déterminées en fonction de la stabilité de la muscovite en s'assurant que la déformation des micas soit quasi-visqueuse (domaine de la plasticité cristalline), afin de garantir des conditions représentatives de la déformation naturelle. En effet, la pression de confinement élevée (1.2-1.5 GPa) garantit la stabilité thermodynamique de la muscovite (i.e., sous le point de fusion de 700 °C à cette pression ; Huang et Wyllie, 1974 ; 1981) tout en permettant d'appliquer une température assez élevée (650 °C) assurant des conditions de déformation dans le domaine plastique. La vitesse de déformation appliquée est de 10^{-6} s^{-1} , compatible avec une durée d'expérience raisonnable afin de produire une déformation significative des échantillons (typiquement de l'ordre de 12-32 % en déformation coaxiale sur une semaine). Pour les expériences non-coaxiales, une même durée d'expérience implique une vitesse de déformation plus élevée ($2 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$), sans pour autant modifier le comportement mécanique des micas. Les quantités de déformation finie obtenues (γ) varient entre 1.5 et 6.0.

Nom	Matériau de départ	T (°C)	P (kbar)	Eau ajoutée (mass.%)	Type d'expérience	Quantité de déformation	Durée (h)	Vitesse de déformation (s ⁻¹)	Datation ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	Chapitre
CAR1	granite	650	12	-	Expérience statique	HP	190	-	Oui	Chapitre 4
CAR2	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	16 %	168	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CAR3	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	26 %	190	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CAR4	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	28 %	190	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CAR5	granite	650	12	0.2	Expérience statique	HP	147	-	Oui	
CAR6	granite	650	12	0.2	Déformation coaxiale	12 %	96	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CAR7	granite	650	12	0.2	Déformation coaxiale	26 %	147	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CAR8	granite	650	12	-	Expérience statique	HP	168	-	Non	
NOR1	gneiss	650	15	0.1	Expérience statique	HP	182	-	Oui	Chapitre 5
NOR2	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	Pic de contrainte	85	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
NOR3	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	16 %	143	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
NOR4	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	32 %	182	1.10 ⁻⁰⁶	Oui	
CM1	poudre	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 1.5$	384	1.10 ⁻⁰⁵	Non	Chapitre 6
CM2	poudre	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 4.5$	150	2-3.10 ⁻⁰⁵	Non	
LEP1	lépidolite	650	15	0.1	Expérience statique coaxial	HP	170	-	Oui	Chapitre 6
LEP2	lépidolite	650	15	0.1	Expérience statique non-coaxial	HP - $\gamma = 0.5$	170	-	Oui	
LEP3	lépidolite	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 6$	169	2.10 ⁻⁰⁵	Oui	

Tableau 3-1 : Récapitulatif des expériences réalisées avec la presse de Griggs. Chaque matériau de départ est distingué par une couleur et fait l'objet d'un chapitre dédié. [Poudre : mélange de poudre : 70 % de calcite et 30 % de muscovite ; HP : hot pressing (expérience statique)].

3.3. Imagerie et analyses chimiques

Avant et après déformation, les échantillons sont analysés au micro-tomographe à rayons X (XRCT : X-ray computed tomography) afin de réaliser une reconstruction 3D détaillée de leur structure interne. Cela permet d'identifier les zones plus déformées via la distribution et la forme des grains de biotite, et ainsi d'optimiser la préparation des échantillons pour comparer au mieux les microstructures à la cartographie élémentaire et isotopique *in-situ*. Les échantillons sont ensuite coupés en deux dans le plan XZ des structures identifiées le plus près possible du centre du cylindre, X et Z étant respectivement la direction d'allongement principal et la normale au plan de foliation. Ils sont ensuite imagés et analysés au microscope électronique à balayage (MEB) et à la microsonde électronique de l'ISTO et/ou du BRGM (Orléans, France). L'utilisation de ces différentes techniques est essentielle pour coupler les analyses isotopiques, chimiques et texturales dans chaque échantillon étudié. Ce ciblage méthodologique représente un effort particulier réalisé dans le cadre de ce travail par rapport aux études antérieures, appliquées comme expérimentales, où le couplage des informations est souvent indirect (sur sections différentes, ou par le biais d'hypothèses de correspondance entre spectre d'âge et texture pétrographique).

3.3.1. Micro-tomographie

La microtomographie à rayons X est une méthode non destructive de reconstruction de l'intérieur d'objets en trois dimensions à partir d'images tomographiques à haute résolution. La cartographie 3D est réalisée en reconstruisant la projection 3D à 360° de l'échantillon par l'utilisation du Nanotom 180 NF (ISTO, Orléans) et couplé au logiciel Phoenix X-Ray. Les images tomographiques sont traitées et compilées à l'aide du logiciel « VGStudio Max » de Volume Graphics. Plusieurs traitements sont ainsi appliqués sur le volume reconstruit : 1) un filtre $3 \times 3 \times 3$ afin de supprimer les pixels "morts" (pixels blancs), 2) une modification de la luminosité et du contraste pour améliorer la visualisation, et 3) une séparation des différentes phases à l'aide d'un histogramme (le "fond" et les phases minérales). Ces images 3D, qui mettent en évidence les biotites de par leur plus forte densité (les autres phases minérales ont des densités trop proches pour pouvoir les distinguer), ont ensuite permis de sélectionner les zones les plus favorables pour l'étude de la déformation et pour la datation *in-situ* à la sonde laser UV. La reconstruction 3D de l'échantillon présente toutefois un artéfact, ainsi les contours des échantillons apparaissent en orange, comme s'ils étaient constitués exclusivement de biotite, ce qui n'est pas le cas. Ainsi, pour la suite de la thèse, les contours des cylindres de roches ne seront pas pris en compte et les observations se concentreront sur le cœur des charges expérimentales.

3.3.2. Microscope électronique à balayage (MEB)

Le microscope électronique à balayage utilise les interactions d'un faisceau d'électrons avec un objet pour le visualiser dans une chambre sous vide. Ces interactions provoquent la réémission d'électrons secondaires, électrons rétrodiffusés ou rayons X détectés par plusieurs capteurs, permettant de révéler la surface (SE pour *secondary electron*) et/ou la nature chimique (BSE pour *backscattered*

electron) de l'échantillon avec une résolution micronique. Un détecteur EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) permet de mesurer les rayons X émis et de quantifier par analyse spectrale les proportions d'éléments chimiques majeurs qui composent l'échantillon. Dans le cas de cette thèse, les échantillons ont été caractérisés par des images BSE et des cartographies EDS en utilisant le microscope TESCAN MIRA 3 à 25 kV sur des échantillons métallisés avec 20 nm de carbone. Ces différentes analyses ont permis d'imager et de localiser (cibler) les zones à dater et de caractériser la déformation à l'échelle microstructurale. En particulier, l'imagerie BSE s'avère précieuse pour repérer les bords des micas qui ne sont pas clairement visibles à la loupe binoculaire ou à la caméra du banc optique d'ablation laser utilisée pour la datation.

3.3.3. Microsonde

La microsonde électronique a été utilisée pour des analyses semi-quantitatives et quantitatives en spectrométrie de rayons X par émission. Grâce la présence de plusieurs spectromètres, ce procédé permet de quantifier la composition en éléments majeurs d'un échantillon donné, au même titre que l'EDS, mais de manière bien plus précise via l'utilisation de standards. Les analyses ont été réalisées à 15 kV et 10 nA sur lame mince polie (pâte diamantée au micron) et métallisée (20 nm de carbone) en utilisant une microsonde CAMECA SX five située à l'ISTO. Alors que les analyses ponctuelles permettent de quantifier précisément les éléments majeurs, les cartes sont pseudo-quantitatives (relatives). Elles permettent, en complément aux cartes EDS, de visualiser les variations chimiques fines des échantillons, y compris au sein d'une même phase minérale.

3.4. Datation *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Les mesures d'âges de tous les échantillons de cette thèse ont été réalisées de manière *in-situ* afin d'étudier la distribution intragranulaire et le comportement de l'argon au sein des micas blancs. Le principe de la méthode ainsi que son protocole d'utilisation et les calculs appliqués sont détaillés ci-dessous.

3.4.1. Principe de la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

La méthode de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dérive de la méthode ^{40}K - ^{40}Ar . Cette dernière se fonde sur la désintégration naturelle du ^{40}K en ^{40}Ar radiogénique (noté $^{40}\text{Ar}^*$). Dans la méthode ^{40}K - ^{40}Ar , l'âge est calculé suivant l'équation :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{\lambda}{\lambda e} \left(\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{40}\text{K}} \right) + 1 \right) \quad (3-3)$$

Où λe ($= 0.581 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$; Steiger et Jäger, 1977) est la constante de désintégration de ^{40}K en $^{40}\text{Ar}^*$ et λ ($= 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$) est la constante totale de désintégration du ^{40}K . La méthode ^{40}K - ^{40}Ar exige de mesurer par deux techniques différentes les concentrations en ^{40}K et ^{40}Ar , ce qui entraîne une double source d'erreur. La méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ possède l'avantage de mesurer les quantités d' $^{40}\text{Ar}^*$ et

^{39}Ar (un traceur artificiel du K) lors d'une seule et même analyse spectrométrique. Cependant, la production d' ^{39}Ar nécessite d'irradier l'échantillon sous un flux de neutrons au sein d'un réacteur nucléaire afin de transmuter le ^{39}K en ^{39}Ar d'après la réaction nucléaire: $^{39}\text{K}(n,p)^{39}\text{Ar}$. La quantité d' ^{39}Ar est donc proportionnelle à la quantité de potassium dans l'échantillon ($^{40}\text{K}/^{39}\text{K} = \text{constant}$). L'échantillon est irradié conjointement avec des standards d'âge K/Ar connu (cf. section 3.4.2.2 ci-dessous) afin de calculer le rendement de production de l' ^{39}Ar à travers le paramètre J défini selon la formule suivante :

$$J = \frac{(e^{\lambda t_{\text{standard}}} - 1)}{\left(\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}}\right)_{\text{standard}}} \quad (3-4)$$

où $^{40}\text{Ar}^*$ est l'argon radiogénique (distinct de l' ^{40}Ar issu d'autres sources comme l'argon atmosphérique), ^{39}Ar le nombre d'atomes d' ^{39}Ar produits à partir du ^{39}K et λ est la constante de désintégration. L'âge (t) est ensuite calculé par l'équation suivante :

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(J \left(\frac{^{40}\text{Ar}^*}{^{39}\text{Ar}} \right) + 1 \right) \quad (3-5)$$

3.4.2. Préparation et irradiations des échantillons

Les analyses $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et la préparation des échantillons ont été réalisées à l'institut des Sciences de la Terre d'Orléans au sein de la plateforme « Gaz rares et Géochronologie Ar/Ar ».

3.4.2.1. Préparation des échantillons

Afin de restreindre le volume de matériel irradié, les échantillons sont limités en volume avec un diamètre de 10 mm pour une épaisseur de 2 mm (maximum). Les matériaux de départ (échantillons initiaux non passés à la presse de Griggs) sont forés afin d'obtenir une carotte (9 mm de diamètre) puis sont découpés en petites pastilles ensuite collées sur une lame en verre de manière superficielle (pas d'imprégnation sous vide, utilisation de glu ou de crystal-bond). Les sections sont ensuite affinées manuellement ou au moyen d'une polisseuse de litho-lamellage permettant de les réduire à 200-500 μm d'épaisseur en fonction de la cohésion de la roche. Les échantillons déformés à la presse de Griggs sont d'abord coupés en deux dans le sens de la longueur (coupe transversale aux microstructures précédemment identifiées par microtomographie), puis réduits en épaisseur de la même façon que les matériaux de départ. La finition des surfaces comprend le polissage avec une pâte diamantée à 1 μm pour un rendu optimal des microstructures exposées. Les sections fines sont décollées par dissolution en plongeant la lame de verre dans l'acétone pendant 5 min puis abondamment rincées à l'eau distillée.

Le polissage et le nettoyage final des échantillons constituent les étapes les plus importantes du protocole ; c'est un gage de qualité pour la réalisation des mesures, tant pour la qualité de la vision et le repérage des structures que pour le contrôle géométrique des zones d'ablation. Dans un premier temps, les échantillons sont passés au bain à ultrasons avec de l'eau pendant 1 à 2 minutes permettant d'enlever la majeure partie des impuretés et de vérifier leur cohésion (i.e., s'ils se cassent ou non). Ensuite, chaque

échantillon est passé deux à trois fois au bain à ultrasons pendant 5 minutes avec de l'éthanol, puis avec de l'acétone pour éliminer toute trace de matière organique. Pour finir, les sections sont passées trois à cinq fois à l'eau distillée au bain à ultrasons. Après chaque étape, les échantillons sont séchés à l'étuve (50 °C).

3.4.2.2. Préparation de la navette pour l'irradiation

Le conditionnement des échantillons (disques polis) consiste à les emballer dans des petits paquets constitués de deux feuillets d'aluminium domestique de 20 mm et de 9 mm de diamètre découpés à l'emporte-pièce et préformatés avec un piston (nacelle + opercule de fermeture). Chaque échantillon est pesé puis emballé dans le paquet. Chaque paquet contenant un échantillon est intercalé avec un paquet contenant des standards. Ces standards sont des monograins de sanidine d'âge connu (Fish Canyon tuff sanidine, FCS, 28.02 ± 0.28 Ma, Renne et al., 1998) répartis dans sept emplacements au sein du disque (un au centre et six en bordure). Chaque paquet (échantillons et standards) est répertorié au sein d'un registre indiquant sa position dans la navette d'irradiation. Un soin particulier est apporté à l'orientation lors de l'assemblage de la navette par un repérage (marquage) des disques. En effet, le flux de neutrons utilisé pour l'irradiation n'est pas homogène et la position des standards dans chaque paquet permet de détecter d'éventuelles variations latérales et longitudinales du rendement de la réaction $^{39}\text{K} \rightarrow ^{39}\text{Ar}$ et de corriger le gradient du paramètre J au sein de la navette (équation 3.4, section 3.4.1). Les échantillons ont été irradiés (en plusieurs irradiations) pendant 5 heures dans la position CLICIT au centre d'irradiation de Corvallis (OSU, USA). Dans cette position, les gradients latéraux de flux neutronique s'avèrent négligeables sur 8 mm (à travers les disques individuels) alors que longitudinalement ils peuvent atteindre 10 % sur la hauteur de la navette (5-6 cm). Ces gradients sont corrigés dans le calcul de l'âge.

3.4.3. Analyses spectrométriques

Au retour de l'irradiation, les échantillons sont déballés et disposés dans un porte-échantillon en acier inoxydable, puis placés dans un hublot scellé sous vide (fig. 3-4). Les échantillons sont étuvés pendant deux à trois jours à une température de 180 à 200 °C afin d'éliminer l'argon atmosphérique absorbé à la surface des échantillons, mais également dans le but de purifier la ligne de l'air introduit pendant le chargement des échantillons dans le hublot.

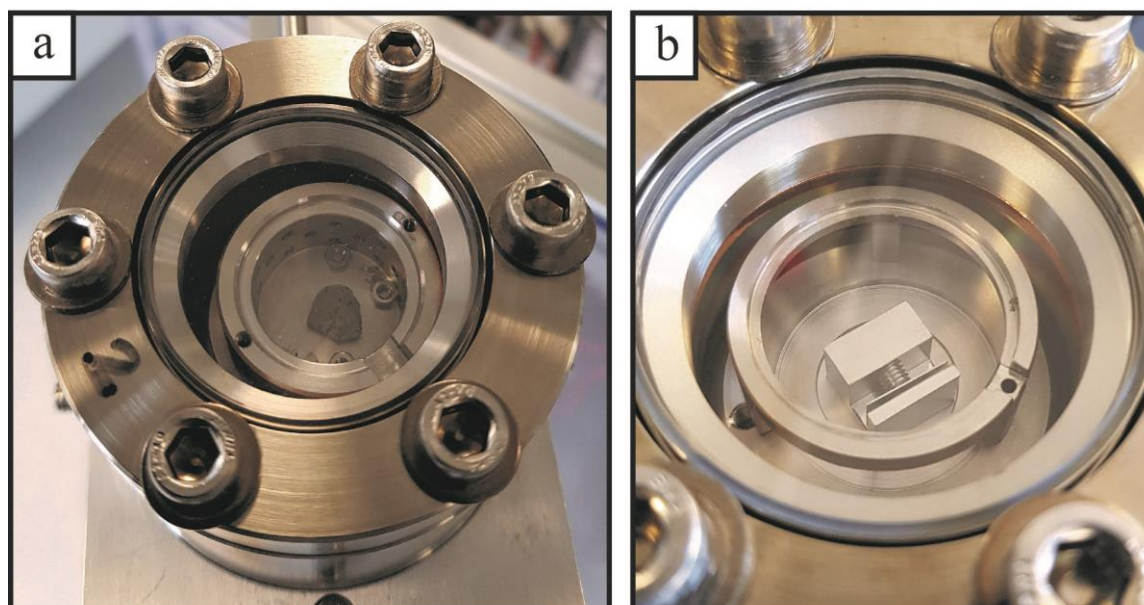


Figure 3-4 : Photos des hublots contenant les échantillons sous ultra-vide. (a) échantillon déformé positionné pour être analysé à plat (chapitre 4 et 5). (b) échantillon déformé et positionné pour être analysé sur la tranche (chapitre 6).

3.4.3.1. Analyses *in-situ* et laser Ultraviolet (UV)

Plusieurs techniques sont possibles pour mesurer l'âge d'un échantillon : (1) la fusion totale ; (2) le chauffage par paliers (*step-heating*) ; (3) la datation *in-situ*. La méthode (1) consiste à fondre l'échantillon en une fois et l'âge obtenu est un âge intégré de tout le grain (ou de l'agrégat minéralogique). La méthode (2) consiste à chauffer progressivement un échantillon par paliers de température croissante, les âges (fractions) successifs étant reportés sous forme de spectre d'âges apparents. Théoriquement, ces spectres reflètent la distribution de l'argon dans l'échantillon en considérant que les premiers paliers de température correspondent aux bordures de l'échantillon et les derniers paliers au cœur de l'échantillon, essentiellement sous l'hypothèse que l'expérience émule un phénomène de perte par diffusion du cœur vers la bordure. Les spectres d'âges homogènes caractérisés par « plateau » traduisent un système non-perturbé ayant évolué en système fermé depuis l'âge moyenné sur les fractions constituant le plateau (fig. 3-5a). La concordance (homogénéité) statistique de l'âge plateau est évaluée grâce à la valeur du MSWD (*Mean Square Weight Deviation*, idéalement $MSWD = 1$). A contrario, les spectres ne présentant pas d'âge « plateau » indiquent une distribution de l'argon plus complexe, reflétant indirectement un (ou des) gradient(s) de concentration d'argon au sein du minéral (fig. 3-5b et c). Plusieurs "plateaux" (ou segment plats) dans un même spectre peuvent refléter un mélange de phases (minéralogiques, ou de générations différentes), ou des événements ayant perturbé le système isotopique (circulation de fluide, déformation, métamorphisme) voire encore la présence d'argon en excès mais distribué de façon hétérogène. Des âges plus récents en bordure peuvent enfin refléter l'ouverture du système isotopique et la perte d'argon, mais également la mobilité de l'argon au sein du grain. A l'inverse, des âges plus anciens en bordure de minéral peuvent résulter de la présence

d'argon en excès (Scaillet et al., 1996 ; Sherlock et Kelly, 2002 ; Smye et al., 2013). La méthode (3) consiste à mesurer ponctuellement et *in-situ* des âges à l'aide d'ablations laser (UV). Ce type de mesures permet de réaliser des cartographies précises de la distribution spatiale de l'argon dans les minéraux sans faire d'hypothèse sur le mécanisme de transport sous vide. C'est cette dernière méthode qui a été utilisée car elle permet de comparer directement la distribution des isotopes avec la composition et les microstructures induites par la déformation.

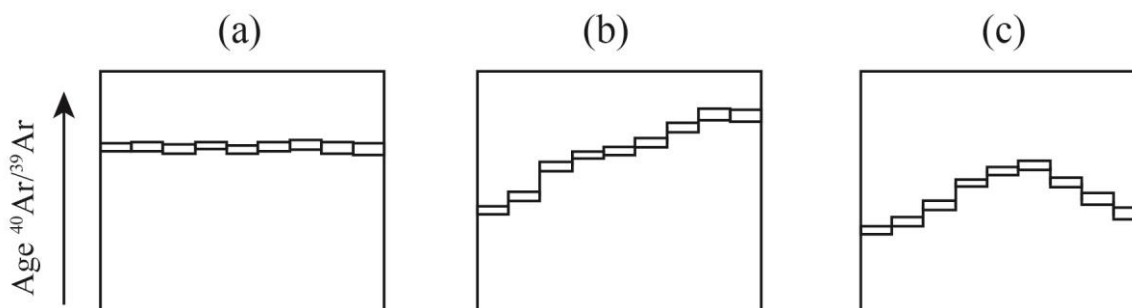


Figure 3-5 : Exemples de spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus par chauffe par paliers de température (step-heating). (a) spectre donnant un âge « plateau ». (b) spectre d'âge complexe pouvant représenter un gradient de concentration d'argon dans le minéral. (c) spectre d'âge complexe.

Le système d'analyse *in-situ* comprend un module d'ablation laser UV CETAC Technologies LSX213-G2, fonctionnant à une fréquence de 20 Hz et d'une longueur d'onde de 213 nm. La taille des ablations est ajustable de 4 à 200 μm et sélectionnée entre 50 et 100 μm dans le but d'optimiser la quantité de gaz issue des ablations (i.e., en tenant compte du bruit de fond de la ligne d'extraction et de purification sans compromettre la résolution spatiale). Le positionnement des ablations a été réalisé manuellement pour les analyses du chapitre 4. Pour les chapitres 5 et 6, le positionnement a été programmé et piloté via une interface de superposition d'images et de positionnement automatique en XYZ (pilotage sous LabView®) combinant la visée optique via la caméra du module et l'imagerie réalisée au MEB.

3.4.3.2. Extraction et purification des gaz

La ligne d'extraction et de purification est constituée d'un hublot contenant l'échantillon sous ultra-vide, de deux getters GP50 SAES refroidis à l'air et équipés de deux filaments de Ta maintenus à 1500 °C et d'un piège froid thermo-régulé à -196 °C ou -127 °C. Le gaz libéré par ablation en mode statique (hors pompage) est purifié dans la ligne d'extraction pendant 6 minutes avant l'admission dans le spectromètre de masse (fig. 3-6). L'introduction de gaz se fait par détente vers le spectromètre pendant 3 minutes (temps maximum d'équilibration). Le spectromètre de masse gaz-rares utilisé pour la mesure des différents isotopes de l'argon (^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{38}Ar , ^{39}Ar et ^{40}Ar) ainsi que le ^{35}Cl est le modèle Helix-SFT de Thermo Scientific® opéré avec une résolution de masse supérieure à 750. Dans le spectromètre de masse, le gaz est ionisé et les isotopes mesurés en séquence (10 cycles) via un multiplicateur d'électrons et d'une coupe Faraday (^{40}Ar uniquement). Les opérations de manipulation de gaz et de

spectromètre de masse sont entièrement automatisées à l'aide d'un logiciel interne autonome fonctionnant sous LabView et assurant la reproductibilité et la stabilité des conditions d'analyse. Le nombre de mesures pour chaque échantillon (en moyenne 150 par échantillon) permet des cartographies précises et une analyse statistique représentative des échantillons.

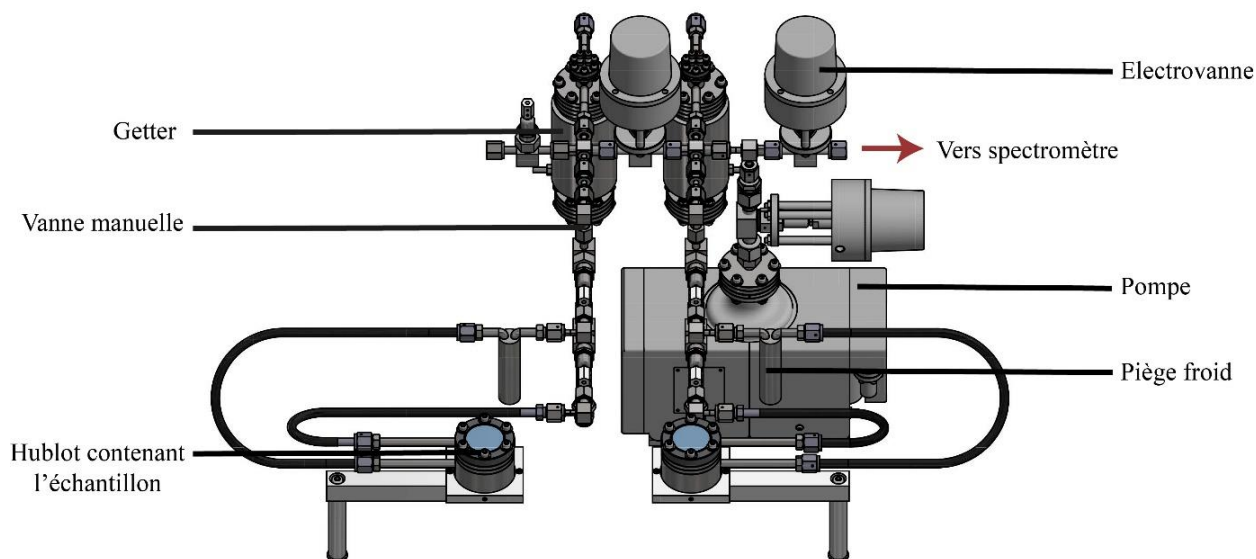


Figure 3-6 : Ligne d'extraction et de purification pour les analyses de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ composée d'un hublot, de pièges chimiques et physiques où les gaz libérés sont purifiés afin d'être analysés par le spectromètre de masse.

3.4.3.3. Analyse des gaz et corrections des mesures isotopiques

Les mesures des échantillons sont corrigées comme suit et décrites ci-dessous : (1) des blancs ; (2) de la contamination en argon atmosphérique ; (3) des interférences isotopiques induites par le potassium et le calcium ; (4) de l'irradiation ; (5) du fractionnement au sein du spectromètre de masse.

3.4.3.3.1. Correction des blancs

L'analyse des gaz des échantillons se fait en dix cycles de mesure, pour chacun des cinq isotopes de l'Ar. Chaque analyse est ensuite corrigée du blanc correspondant à la contribution du dispositif expérimental en l'absence d'ablation. Cette correction permet de retrancher la contribution du système (ligne de purification et d'extraction et spectromètre de masse) des valeurs mesurées pour les échantillons. Les blancs sont ainsi analysés en cinq cycles de balayage entre chaque mesure de gaz des échantillons (chaque jour / chaque échantillon), assurant un suivi régulier et une correction précise des blancs (par interpolation au cours du temps) lors du calcul des âges mesurés. Les valeurs typiques sont de 7×10^{-1} fA, 1×10^{-3} fA, 4×10^{-4} fA, 7×10^{-3} fA, and 3×10^{-3} fA pour $m/e = 40, 39, 38, 37, 36$, respectivement.

3.4.3.3.2. Corrections de la contamination atmosphérique

Dans nos échantillons, la contamination atmosphérique peut occasionnellement constituer la principale source d'incertitude, certains matériaux de départ (granite) ayant pu subir une altération des feldspaths par des fluides porteurs d'une composante atmosphérique. En effet, la méthode de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ part du postulat suivant : l' ^{40}Ar mesuré provient de la désintégration radioactive du ^{40}K et de son accumulation au sein du minéral, ainsi que de l'éventuelle présence d'argon atmosphérique piégé. Ce dernier est automatiquement corrigé via la mesure de l' ^{36}Ar en appliquant le rapport $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ atmosphérique de 295.5 (Steiger et Jäger, 1977). L'effet de cette contamination sur les âges apparents est évalué à travers la comparaison des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés en parallèle, et renseignant sur les variations géochimiques d'autre éléments.

3.4.3.3.3. Correction des réactions d'interférence et d'irradiation

Durant l'irradiation, des réactions neutroniques d'interférence peuvent produire des isotopes artificiels (i.e., ^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{38}Ar , ^{39}Ar et ^{40}Ar), qui proviennent d'interférence du flux de neutrons avec des isotopes du K et du Ca (et Cl) présents dans l'échantillon. L'inventaire des réactions principales (Brereton, 1970 ; McDougall et Harrison, 1999 ; table 2) permet d'en corriger les effets sur l'âge final grâce aux rapports de corrections d'interférence mesurés sur des sels de potassium et de calcium purs irradiés dans le même réacteur et dans les mêmes conditions que les échantillons. Le flux de neutrons n'est pas non plus homogène au sein du réacteur et peut créer un gradient de production au sein de la navette et des échantillons qu'elle contient. Ces gradients sont corrigés au moyen de standards d'âge connu intercalés entre les échantillons par interpolation du paramètre J en fonction de la position dans la navette.

Isotope d'argon produit	Réaction du Ca	Réaction du K	Réaction de l'Ar	Réaction du Cl
^{36}Ar	$^{40}\text{Ca} (n, n \alpha)$			
^{37}Ar	$^{40}\text{Ca} (n, \alpha)$	$^{39}\text{K} (n, nd)$		
^{38}Ar	$^{42}\text{Ca} (n, n\alpha)$	$^{39}\text{K} (n, d)$	$^{36}\text{Ar} (n, \gamma)$	
		$^{41}\text{K} (n, \alpha, \text{decay})$	$^{40}\text{Ar} (n, nd, \text{decay})$	$^{37}\text{Cl} (n, \gamma, \text{decay})$
^{39}Ar	$^{42}\text{Ca} (n, \alpha)$	$^{39}\text{K} (n, p)$		
	$^{43}\text{Ca} (n, n \alpha)$	$^{40}\text{K} (n, d)$	$^{38}\text{Ar} (n, \gamma)$	
^{40}Ar	$^{43}\text{Ca} (n, \alpha)$	$^{40}\text{K} (n, p)$	$^{40}\text{Ar} (n, nd, \text{decay})$	
	$^{44}\text{Ca} (n, n \alpha)$	$^{41}\text{K} (n, d)$		

Tableau 3-2 : Principales réactions d'interférence durant l'irradiation (Brereton, 1970 ; McDougall et Harrison, 1999).

3.4.3.3.4. Fractionnement au sein du spectromètre de masse

Le biais de masse est l'écart entre les rapports isotopiques mesurés et leur valeur réelle en raison de la discrimination de masse qui se produit dans le spectromètre.

3.4.3.4. Présentation des résultats isotopiques : âge et variations géochimiques

La régression des données, les calculs et les corrections d'âges ont été effectués selon Scaillet (2000). Les valeurs isotopiques finales sont reportées dans les annexes (chapitres 4.2, 5.2 et 6.2). Les erreurs d'âge individuelles sont notées à $\pm 1\sigma$ et incluent la propagation de toutes les incertitudes instrumentales et procédurales. Deux types d'âge intégré sont calculés : l'âge pondéré moyen (WMA = *Weighted Mean Age*), qui correspond à la moyenne du rapport $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ pondérée par l'inverse de la variance de chaque analyse individuelle incorporée dans le calcul ; et l'âge total (TGA = *Total-Gas Age*), additionnant individuellement les isotopes de l'argon sur l'ensemble des analyses individuelles et en injectant le résultat dans le calcul de l'âge comme pour une analyse individuelle. Ce dernier correspond à un âge K/Ar virtuel, dont l'erreur correspond à l'erreur quadratique *propagée* des fractions individuelles. A contrario, l'erreur (plus précise) du WMA correspond à un *estimateur* statistique suivant une réduction quadratique (moindres carrés) des erreurs des fractions individuelles.

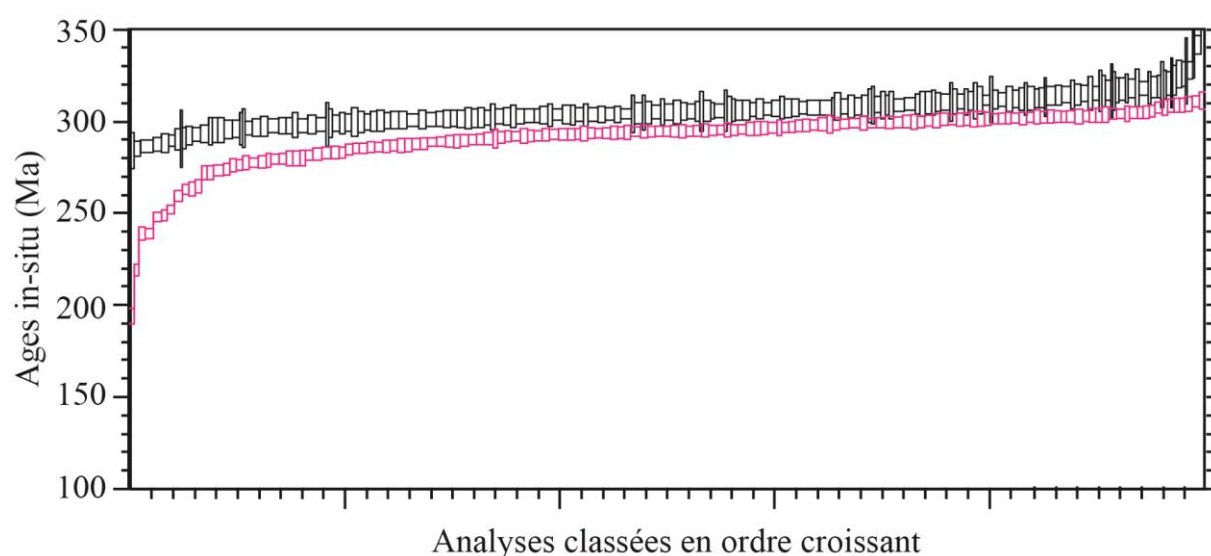


Figure 3-7 : Spectres d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des échantillons datés de manière *in-situ*. Les âges mesurés sont classés par ordre croissant pour mieux distinguer les rajeunissements enregistrés et faciliter la comparaison des spectres des différents échantillons.

Les résultats sont présentés dans des spectres d'âge (*in-situ*) où les âges sont classés par ordre croissant (fig. 3-7) et normalisés par rapport à l' ^{39}Ar cumulatif (plutôt qu'au rang ordinal = l'ordre dans la séquence d'analyse). Ceci permet de visualiser et comparer directement l' ^{39}Ar relatif libéré à chaque analyse (le signal en ^{39}Ar reflétant le volume de matériel ablaté). En général, les petits volumes sont corrélés aux plus fortes incertitudes (car le signal mesuré est faible), ce qui donne un guide indirect sur les conditions analytiques. Ce classement des données $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ permet de matérialiser la gamme de

valeurs enregistrées et l'étendue des variations d'âge au sein des échantillons par rapport à l'âge initial (homogène) caractérisant le matériau de départ (variabilité interne). De même, la combinaison des spectres ordonnés correspondant aux différents échantillons dans la même figure facilite la comparaison et la mise en évidence de variations globales (inter-échantillons) de comportement isotopique en fonction des conditions expérimentales (fig. 3-7). Ces spectres sont complétés par les données $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysées en parallèle (i.e., dans la même séquence), dont un exemple est donné en figure 3-8. En effet, le suivi de l'évolution des quantités de ces différents isotopes permet de vérifier les conditions analytiques au cours des analyses. Par exemple, la diminution de la quantité de l'un des isotopes peut résulter de l'implantation de cet isotope dans le spectromètre de masse. L'augmentation de la quantité d'un isotope peut à l'inverse résulter de l'effet de mémoire ; les isotopes précédemment implantés sont relargués. L'analyse de ces rapports isotopiques peut donc nous renseigner sur une possible perturbation du système isotopique lors de la déformation qui se traduirait par une variation des rapports entre les différentes mesures d'âge. Le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ peut aussi nous renseigner sur l'ouverture du système isotopique à travers la composante atmosphérique éventuellement introduite en parallèle (e.g. via des échanges cristal-fluide). Enfin, le rapport $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ permet de tracer le Ca et d'identifier de possibles réactions entre les micas blancs et leur environnement (matériau #2, mélange mica-calcite, section 2.4). Le rapport $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ permet quant à lui de tracer le Cl, ce qui peut nous renseigner sur une interaction possible entre l'échantillon et l'assemblage utilisé lors de la déformation dans la presse de Griggs (cf. section 3.2.2).

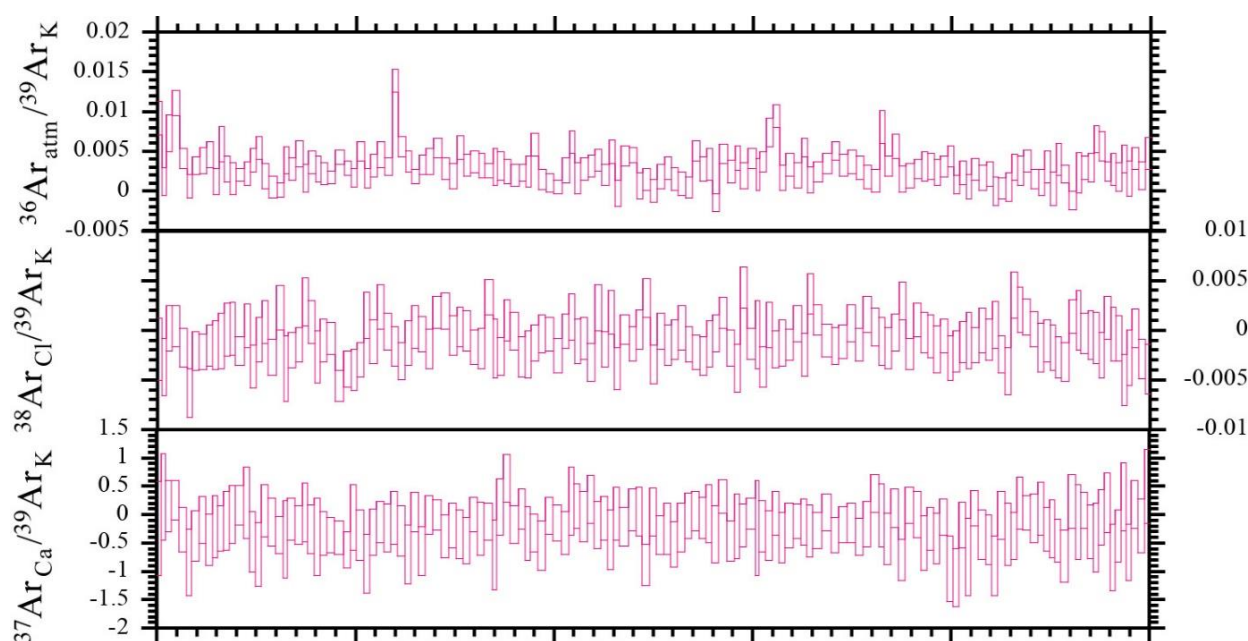


Figure 3-8 : Rapports isotopiques $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des âges présentés dans la figure 3-7. Les différents rapports sont stables et proches de zéro ce qui suggère une absence de perturbation du système isotopique.

En complément aux spectres d'âges et des variations isotopiques associées, des graphiques de densités de probabilité (PDD) empiriques sont présentés en additionnant la densité normale des âges ponctuels et en normalisant la densité obtenue par le nombre d'analyses (e.g. Beaudoin et al., 2020 ; fig. 3-9). Ces graphes permettent de matérialiser la distribution en fréquence des âges ponctuels, avec des pics simples ou multiples (unimodaux vs. multimodaux) correspondant aux âges les plus représentés dans la population totale. Ces courbes de densité illustrent la variabilité interne de façon complémentaire aux spectres d'âge et permettent de comparer plus facilement la variabilité inter-échantillon (inter-expériences) en termes de composantes (modes) principales.

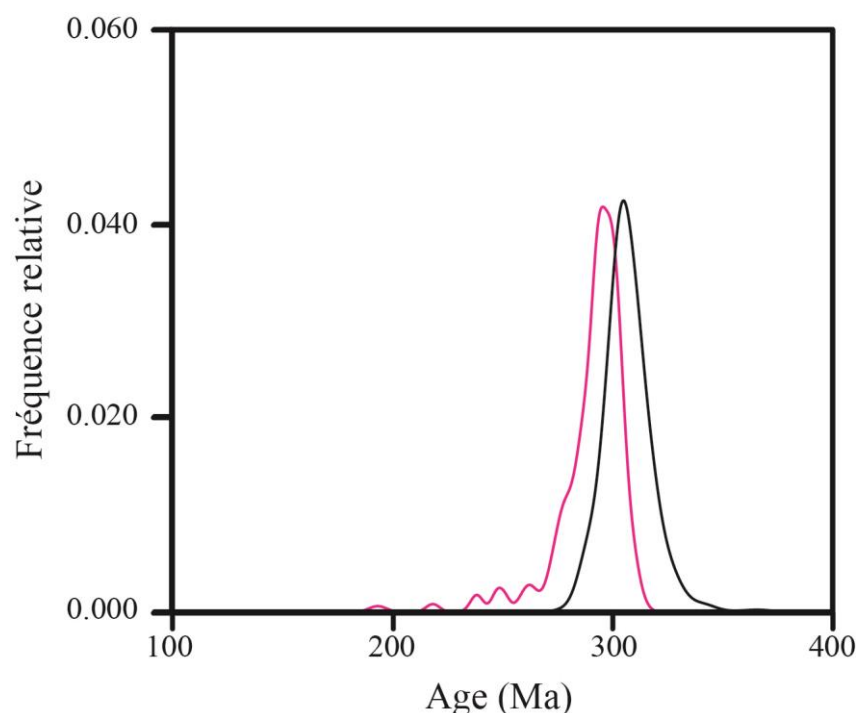


Figure 3-9 : Densités de probabilité empiriques montrant les distributions des âges calculés pour les spectres de la figure 3-7.

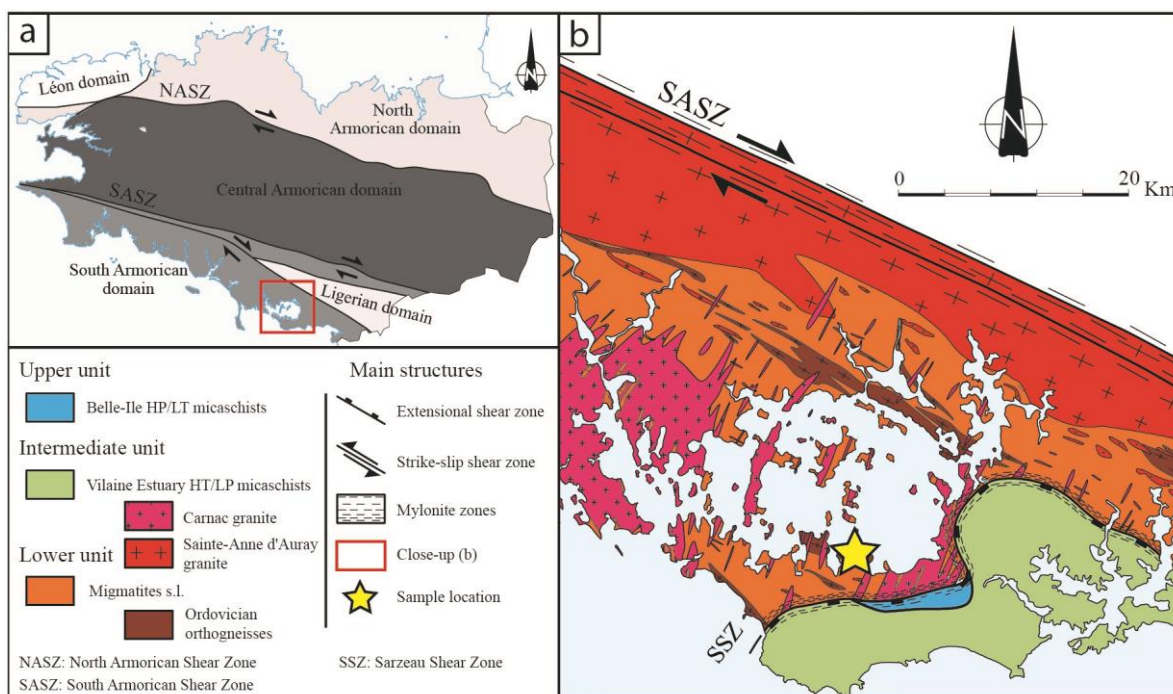
Chapitre 4 : Comportement de l'argon dans la muscovite : déformation expérimentale d'un granite isotrope couplée à la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ*

4.1. Introduction

Ce chapitre s'intéresse au comportement de l'argon dans les micas blancs d'un granite initialement isotrope, puis déformé expérimentalement sous pression, température et vitesse de déformation contrôlées. La teneur en eau fait également partie des paramètres investigués. Ces expériences visent à étudier la distribution spatiale de la déformation en parallèle aux âges mesurés à l'échelle du grain (1 mm) comme de celle de l'échantillon (10 mm) afin de déterminer l'impact de la déformation sur l'enregistrement isotopique des micas. Le protocole analytique mis en place est conçu de façon à discriminer au mieux les différents processus impliqués, tels que la diffusion, la déformation, et la teneur en eau libre. Ceux-ci se superposant dans les cas naturels, l'approche appliquée consiste à les étudier séparément par des expériences sériées sur un même matériau de départ.

4.2. Matériau de départ et conditions expérimentales

Le matériau de départ a été choisi en fonction de plusieurs critères liés aux conditions et de déformation et à la méthode de datation. Ces critères concernent en premier lieu (1) l'homogénéité structurale (granite isotrope) et (2) l'homogénéité isotopique (âge constant connu), ainsi que (3) l'âge du matériau de départ, qui doit être suffisamment ancien pour assurer des variations d'âge confortables de manière à mesurer précisément les pertes d'argon induites. Notre choix s'est porté sur un échantillon issu du Granite de Carnac (Massif Armoricain, France), dont la structure et la géochronologie ont déjà été étudiées par Turrillot et al. (2009, 2011).



Le granite de Carnac est un microgranite peralumineux hercynien non déformé situé à 15-20 km au sud de la zone de cisaillement sud-armoricaine (Carnac, Bretagne, France ; fig. 4-1). Le granite est isotrope avec des grains équants de quartz (30-35 %), feldspath potassique (15-20 %), plagioclase (25-30 %), mica blanc (10-12 %) et biotite (8-10 %). La granulométrie est millimétrique, répartie de manière homogène (fig. 4-2) et les micas blancs se présentent généralement sous forme de tablettes xénomorphes de 200 μm à 2 mm, souvent associées à de la biotite, dépourvues d'altération et généralement pauvres en inclusions (fig. 4-2d et e).

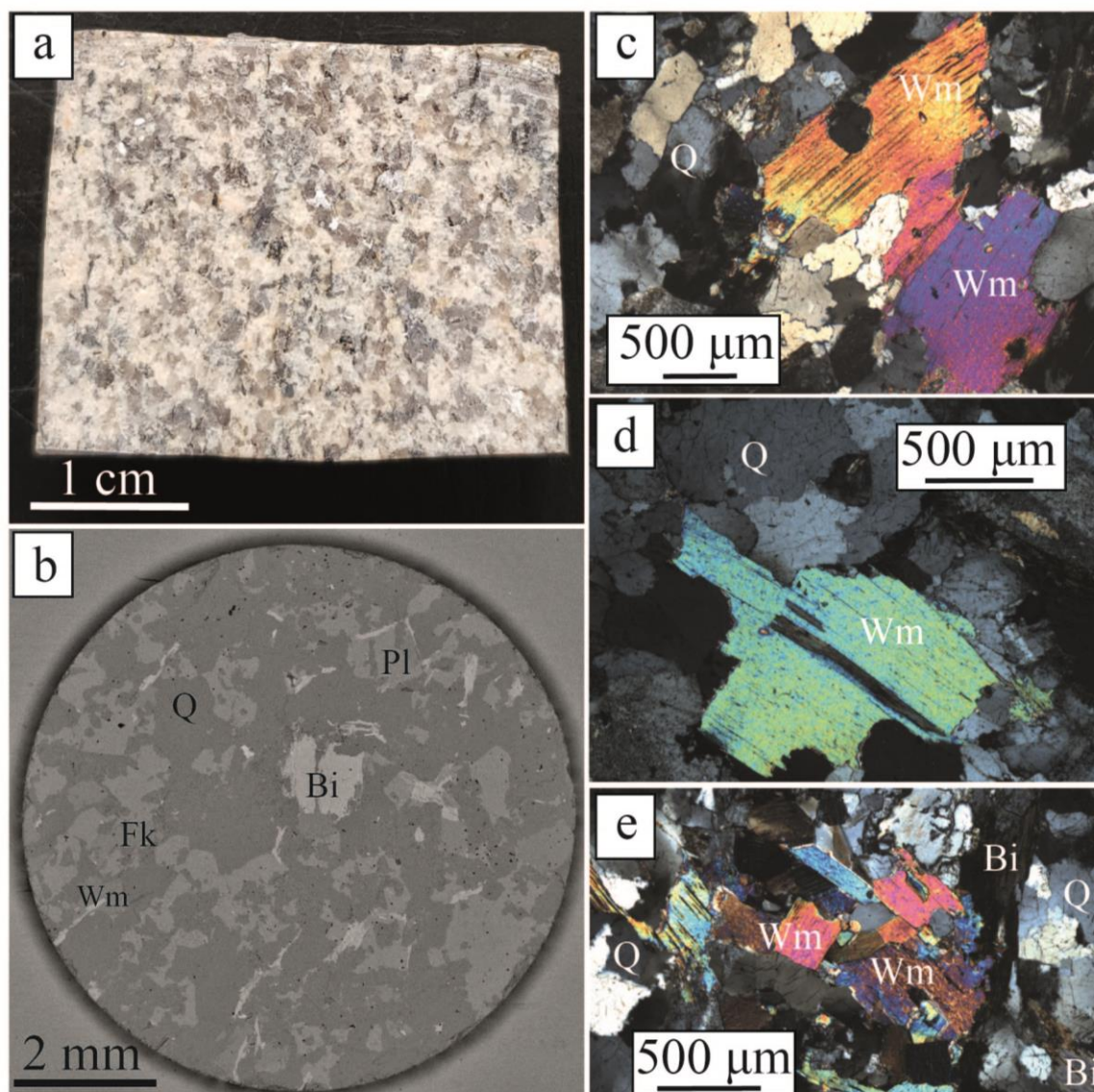


Figure 4-2 : (a) Photo macroscopique du granite de Carnac. (b) Image BSE. (c), (d) et (e) photos en lumière polarisée et analysée de muscovites. Ce granite isotrope présente des grains de biotite (bi), Feldspath potassique (Fk), plagioclase (Pl), quartz (Q) et mica blanc (Wm). La biotite est très régulièrement associée aux muscovites.

La composition chimique des micas blancs est de 80-87 % de muscovite, avec env. 10 % de paragonite et 0-10 % de celadonite (fig. 4-3, tableau 4-1). De plus amples informations sur le contexte géologique, les caractéristiques structurales et microstructurales, sont fournies dans Caron et al. (1994) et Turrillot et al. (2009, 2011). Dans notre cas, les échantillons ont été prélevés au cœur d'un filon de 500 m d'épaisseur situé à 3 km de Sarzeau [Coordonnées GPS : $47^{\circ} 33' 39''$ – $2^{\circ} 59' 39''$].

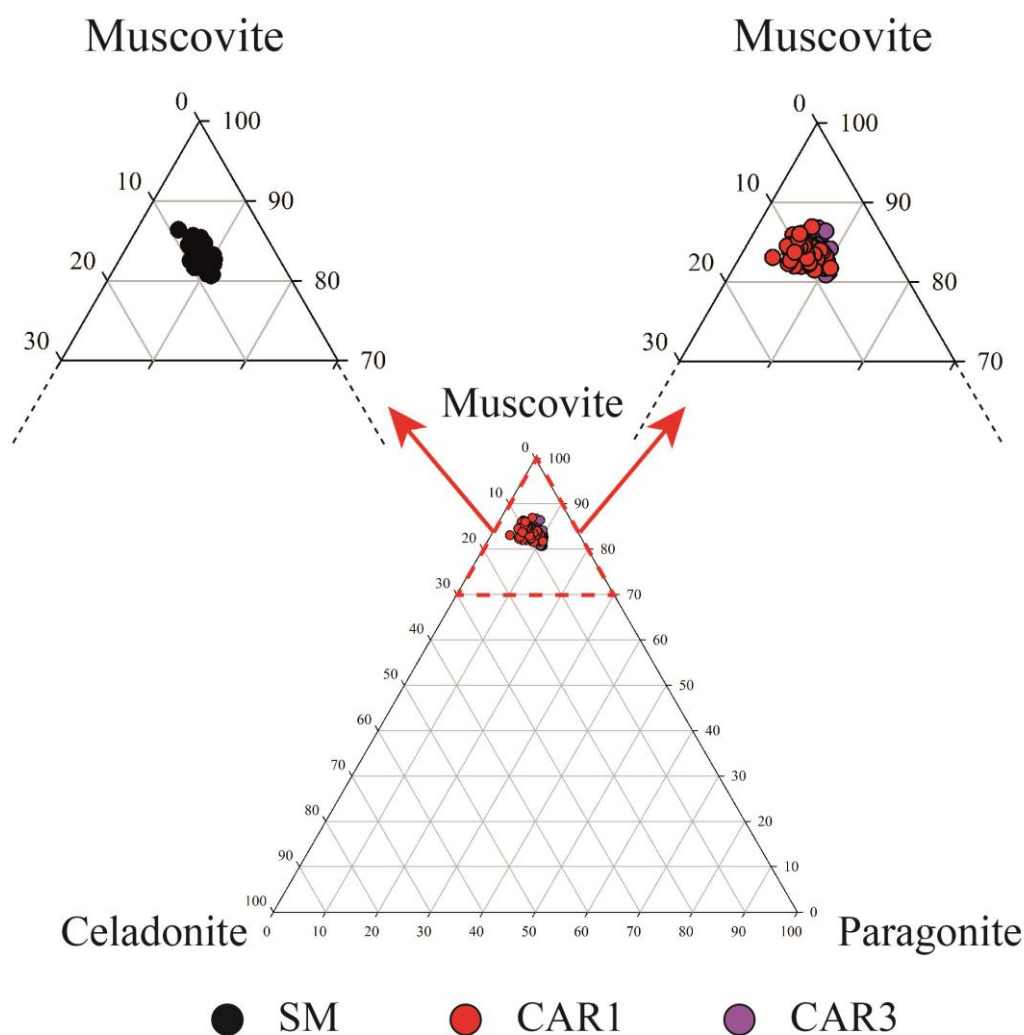


Figure 4-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition des muscovites présentes dans le matériau de départ (SM) et dans les échantillons CAR1 et CAR3. Les trois échantillons présentent des compositions similaires (pôle muscovite entre 80 à 87 %) (voir tableau 4-3).

Analyses chimiques des muscovites	
	SM
SiO ₂	46.00
Al ₂ O ₃	34.67
TiO ₂	0.44
FeO	1.65
MgO	0.77
MnO	0.05
CaO	0.01
Na ₂ O	0.71
K ₂ O	10.17
F	0.23
Cl	0.01
Total	94.70
Formule structurale normalisée à 11 cations	
	SM
Si	3.09
Al (IV)	0.91
Al (VI)	1.84
Ti	0.02
Fe	0.09
Mg	0.08
Mn	0.00
Ca	0.00
Na	0.09
K	0.87
F	0.04
Cl	0.00

Tableau 4-1 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM, moyenne sur 53 analyses).

Plusieurs datations ont déjà été effectuées sur ce granite : une première sur monazite par la méthode U-Th/Pb et qui a donné un âge de 316.3 ± 3 Ma (Turrillot et al., 2009) ; et une deuxième sur muscovite par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en *step-heating* (Turrillot et al., 2011), dont les spectres plats donnent un âge plateau de 305.0 ± 4.0 Ma. Malgré des âges ponctuels variant entre 296 et 305 Ma (variation ± 1.5 %), ce granite témoigne donc d'une distribution d'argon assez homogène avec un âge relativement ancien et par conséquent particulièrement adapté à ce type d'étude.

Comme justifié et explicité dans le Chapitre 3, les conditions d'expérience ont été choisies afin d'assurer une déformation plastique des micas sans atteindre leur point de fusion. Pour ce faire, nous avons appliqué une température de 650 °C, une pression de 12 kbar et une vitesse de déformation de 10^{-6} s^{-1} avec ou sans H_2O ajouté à l'échantillon avant expérience. L'effet de l'eau a été testé par l'ajout de 0,2 vol.% H_2O (conditions proches des cas naturels avec la présence de fluides), les autres échantillons ayant été déformés tels quels, i.e., sans eau ajoutée. Deux types d'expériences ont été réalisés avec des quantités de raccourcissement variant entre 12 et 28 % : (1) des expériences de déformation coaxiale ; et (2) des expériences statiques (hot-pressing) faisant office de témoins aux mêmes conditions de pression et température, mais sans déformation (tableau 4-2). Après expérience, les échantillons expérimentaux ont été coupés dans le sens de la longueur, puis polis à la pâte diamantée à granulométrie régressive (jusqu'au micron). Après caractérisation (MEB, microsonde, observations texturales et structurales), les échantillons ont été datés en mode *in-situ*, chaque analyse ponctuelle correspondant à deux ablations couplées côte-à-côte de 50 μm afin d'optimiser le compromis entre la quantité de gaz issue des ablations et le bruit de fond de la ligne (signal/bruit) en limitant la perte de résolution spatiale.

Nom	Matériau de départ	T (°C)	P (kbar)	Eau ajoutée (%. mass)	Type d'expérience	Quantité de raccourcissement	Durée (h)	Vitesse de déformation (s^{-1})	Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$
CAR1	granite	650	12	-	Expérience statique	HP	190	-	Oui
CAR2	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	16 %	168	1.10^{-06}	Oui
CAR3	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	26 %	190	1.10^{-06}	Oui
CAR4	granite	650	12	-	Déformation coaxiale	28 %	190	1.10^{-06}	Oui
CAR5	granite	650	12	0.2	Expérience statique	HP	147	-	Oui
CAR6	granite	650	12	0.2	Déformation coaxiale	12 %	96	1.10^{-06}	Oui
CAR7	granite	650	12	0.2	Déformation coaxiale	26 %	147	1.10^{-06}	Oui
CAR8	granite	650	12	-	Expérience statique	HP	168	-	Non

Tableau 4-2 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir du granite de Carnac [HP : hot pressing (expérience statique)].

4.3. Résultats

4.3.1. Données mécaniques et comportement rhéologique

Les données mécaniques extraites de nos expériences de déformation permettent de suivre la contrainte appliquée sur l'échantillon tout au long de la déformation et de définir la transition depuis le régime élastique vers le régime plastique. Dans le domaine plastique, l'évolution de la contrainte différentielle, qui correspond à la différence des contraintes principales ($\sigma_1 - \sigma_3$), traduit le comportement rhéologique de l'échantillon au cours de la déformation. Ainsi, une augmentation ou une diminution progressive de la contrainte différentielle indiquent respectivement un durcissement ou un adoucissement de l'échantillon au cours de la déformation. Une stabilisation de la contrainte indique enfin un comportement plastique – et par conséquent des propriétés mécaniques – stable (i.e. plasticité parfaite). Dans notre cas, les courbes mécaniques montrent un comportement globalement cohérent d'une expérience à l'autre avec une forte augmentation de la contrainte différentielle jusqu'à environ 5 % de raccourcissement, indiquant le pic de contrainte. Au-delà, les courbes de contrainte restent stables autour de 500 MPa pour CAR3 et CAR7 et présentent un léger adoucissement pour certaines expériences (CAR2 et CAR4). CAR6 est de plus courte durée par rapport aux quatre autres expériences, ce qui ne permet pas de statuer sur son évolution mécanique avec certitude. Néanmoins, certaines de ses microstructures ont été également analysées. Pour toutes les expériences, les pics de contrainte interviennent systématiquement autour de 5% de raccourcissement (fig. 4-4).

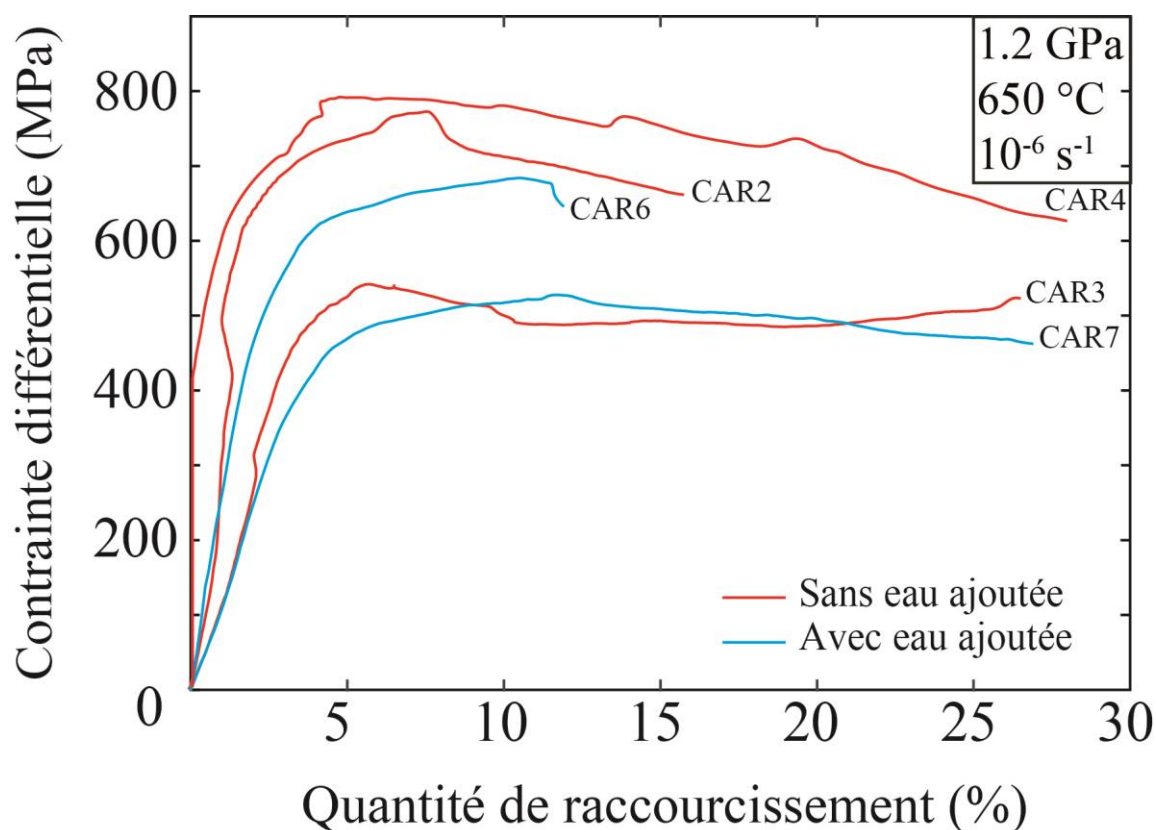


Figure 4-4 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation (1.2 GPa, 650 °C pour une vitesse de déformation de 10^{-6} s^{-1}). Les courbes bleues représentent les expériences hydratées (0.2 % poids d'eau) et les courbes rouges les expériences sans eau ajoutée.

4.3.2. Analyses chimiques des muscovites

Des analyses microchimiques *in-situ* à travers les grains de muscovite ont été réalisées d'abord à l'EDS dans le but d'identifier de possibles gradients chimiques intra-cristallins développés en réponse aux conditions expérimentales imposées (fig. 4-5). Ces analyses montrent des résultats similaires pour les éléments chimiques principaux des trois échantillons (fig. 4-3 ; tableau 4-2), à savoir 80 à 87 % de muscovite, 3 et 11 % de paragonite et 5 à 14 % de céladonite, tout comme le matériau de départ (fig. 4-3). Aucun gradient chimique significatif n'a pu être détecté ; les muscovites présentent une chimie très homogène que ce soit pour le matériau de départ, pour l'expérience statique (CAR1) ou encore pour l'échantillon dynamiquement déformé (CAR3). L'utilisation de la microsonde électronique n'a pas non plus permis de caractériser de couronne réactionnelle, ni l'apparition de nouvelle phase dans l'échantillon CAR3, considéré comme représentatif (tableau 4-3).

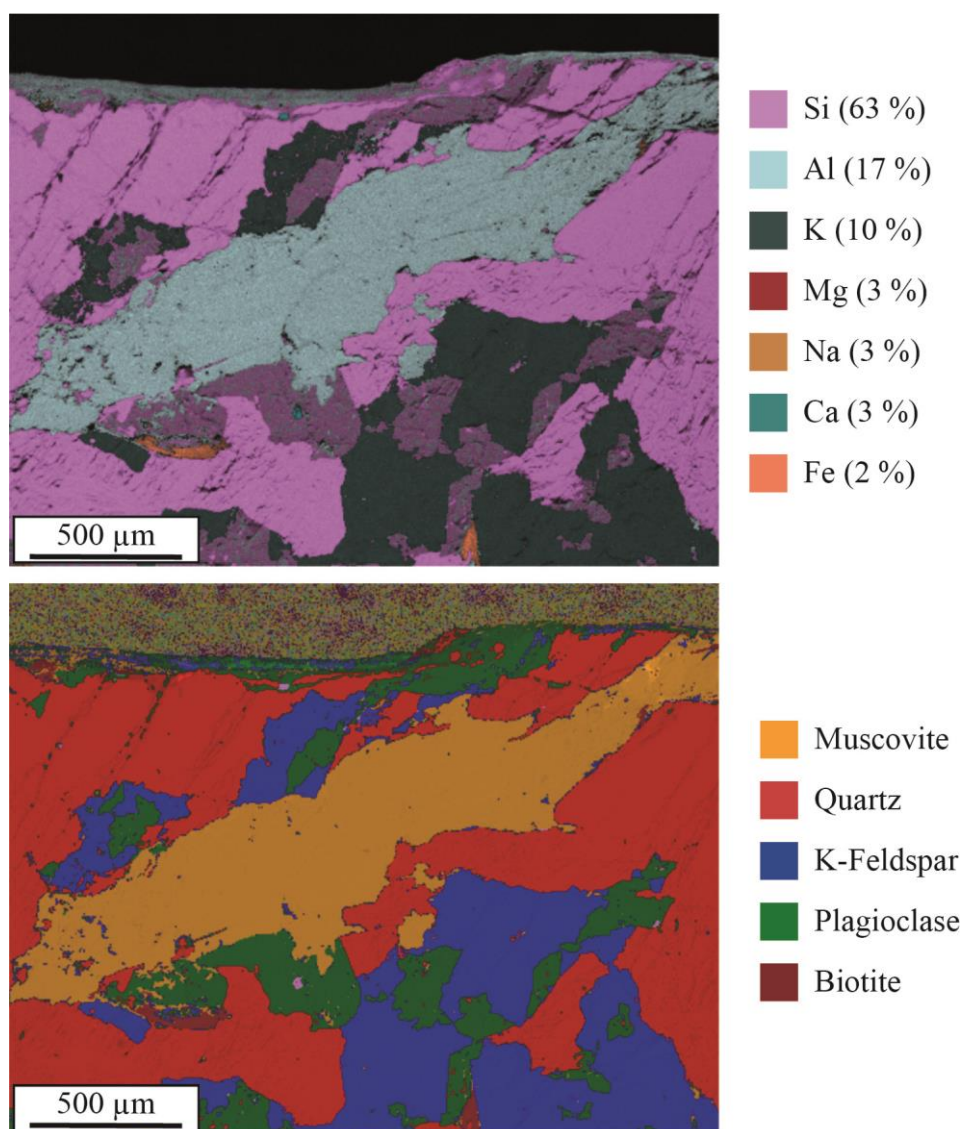


Figure 4-5 : Cartographie de la composition chimique d'une partie de l'échantillon CAR3 réalisée à la microsonde. Les compositions chimiques sont très homogènes pour chaque phase minérale, aucune couronne réactionnelle ou zonation n'est visible au sein de la muscovite (en orange).

Analyses chimiques des muscovites			
	SM	CAR1	CAR3
SiO ₂	46.00	46.10	45.71
Al ₂ O ₃	34.67	34.25	34.67
TiO ₂	0.44	0.30	0.45
FeO	1.65	1.95	1.63
MgO	0.77	0.91	0.75
MnO	0.05	0.07	0.06
CaO	0.01	0.00	0.00
Na ₂ O	0.71	0.58	0.66
K ₂ O	10.17	10.55	10.34
F	0.23	0.15	0.39
Cl	0.01	0.01	0.01
Total	94.70	94.88	94.69
Formule structurale normalisée à 11 cations			
	SM	CAR1	CAR3
Si	3.09	3.10	3.08
Al (IV)	0.91	0.90	0.92
Al (VI)	1.84	1.81	1.84
Ti	0.02	0.02	0.02
Fe	0.09	0.11	0.09
Mg	0.08	0.09	0.08
Mn	0.00	0.00	0.00
Ca	0.00	0.00	0.00
Na	0.09	0.08	0.09
K	0.87	0.90	0.89
F	0.04	0.03	0.08
Cl	0.00	0.00	0.00

Tableau 4-3 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM), de CAR1 (expérience statique) et de CAR3 (expérience de déformation) (moyenne sur 53, 51 et 78 analyses respectivement).

4.3.3. Observations micro-structurales

4.3.3.1. Expériences statiques (CAR1, CAR5 et CAR8)

Comme attendu, les images MEB des expériences témoins ne montrent pas de structures de déformation, mais présentent de nombreuses fissures sub-parallèles à la base de l'échantillon (fig. 4-6

a, b et c). Ces fissures résultent typiquement (à la presse de Griggs) de la décompression liée à la chute rapide de température au moment de la trempe de l'échantillon (de 650 à 200 °C en 2 min.). Ces fissures sont également observées dans les échantillons déformés (fig. 4-6 d, e, f g et h), sans rapport avec la déformation appliquée pendant l'expérience. Ces zones ont par conséquent été évitées lors des mesures de datation *in-situ*.

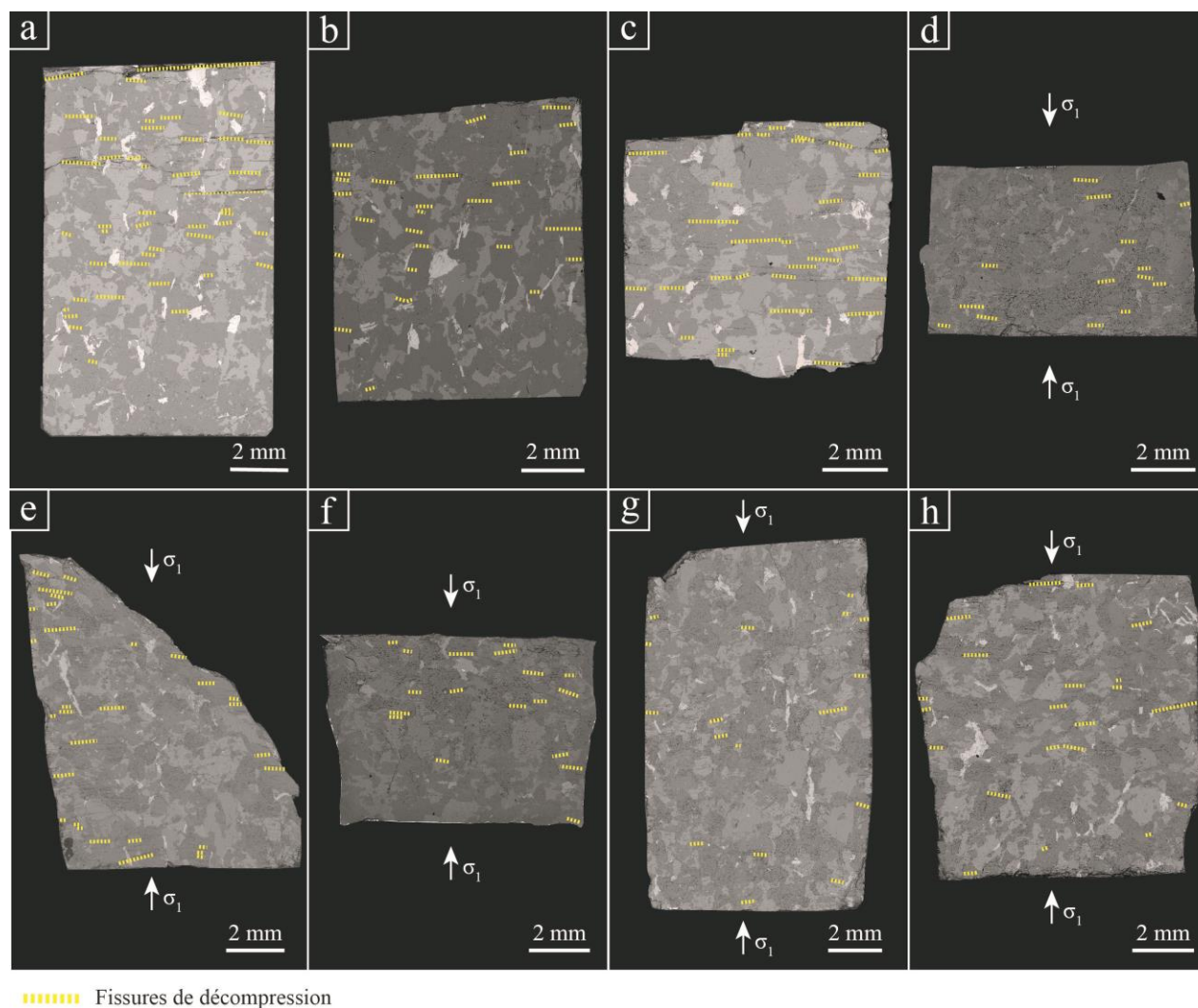


Figure 4-6 : Photos MEB des expériences réalisées à la presse de Griggs. (a), (b) et (c) sont les expériences statiques (*hot-pressing*) : CAR1, CAR5 et CAR8 respectivement. (d), (e) et (f) sont les expériences en déformation sans eau ajoutée : CAR2, CAR3 et CAR4 respectivement. (g) et (h) sont les expériences en déformation avec 0.2 % pds d'eau ajoutée : CAR6 et CAR7 respectivement. La direction de la contrainte principale est représentée par σ_1 .

4.3.3.1. Expériences de déformation sans eau ajoutée (CAR2, CAR3 et CAR4)

Seule l'expérience CAR3 met en évidence des structures de déformation localisée (fig. 4-6e et 4-7). Celles-ci sont visibles d'une part via les reconstructions 3-D, notamment grâce à des zones de cisaillement (fig. 4-7c), ainsi que via les images MEB révélant des microbandes de cisaillement et des micas de forme sigmoïdale (fig. 4-8). Au contraire, les expériences CAR2 et CAR4 ne révèlent pas de

structures localisées dans les images MEB (fig. 4-6d et f), ce qui laisse supposer une distribution plutôt homogène de la déformation à l'échelle du grain. Il est néanmoins possible qu'à l'échelle inférieure, des mécanismes de plasticité intra-cristalline soit opérants sans pour autant être détectables au MEB.

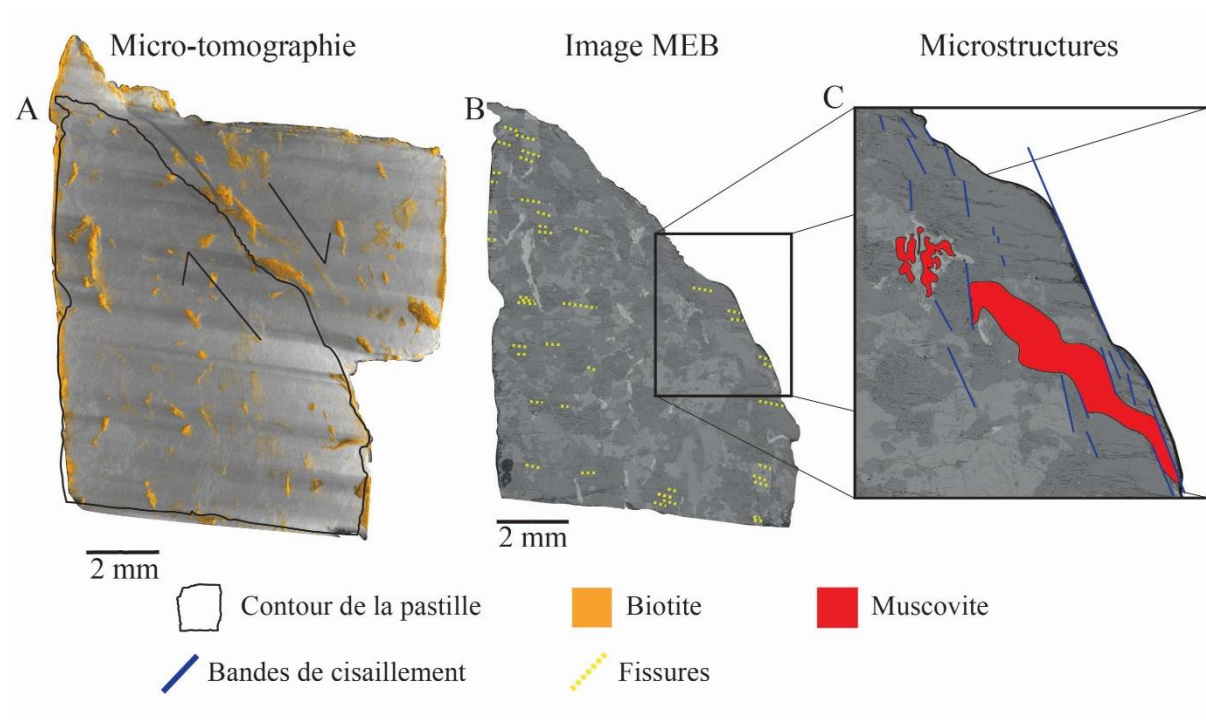


Figure 4-7 : Structures de déformation au sein de l'échantillon CAR3. (a) Reconstruction tomographique 3-D de l'échantillon. (b) Image SEM de la section datée, l'échantillon possède de nombreuses fissures de décompression. (c) zoom sur la zone de cisaillement. Les bandes de cisaillement présentes dans l'échantillon se situent tout le long de la zone de cisaillement.

Au microscope optique, les muscovites éloignées de la zone de cisaillement possèdent de nombreux kinks et fissures (fig. 4-8a et b), alors que de multiples bandes de cisaillement ainsi que des micas de forme sigmoïdale sont apparents le long de la zone de cisaillement (fig. 4-8c et d). Les fissures et les kinks dans les deux premières muscovites traduisent plutôt un régime de déformation mixte (cassant-plastique) tandis que les bandes de cisaillement et la forme sigmoïdale de micas traduisent un régime de déformation plastique. L'échantillon présente donc un comportement de déformation proche de la transition fragile/plastique, qui implique des structures particulièrement localisées sur lesquelles nous nous sommes focalisés pour l'étude $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

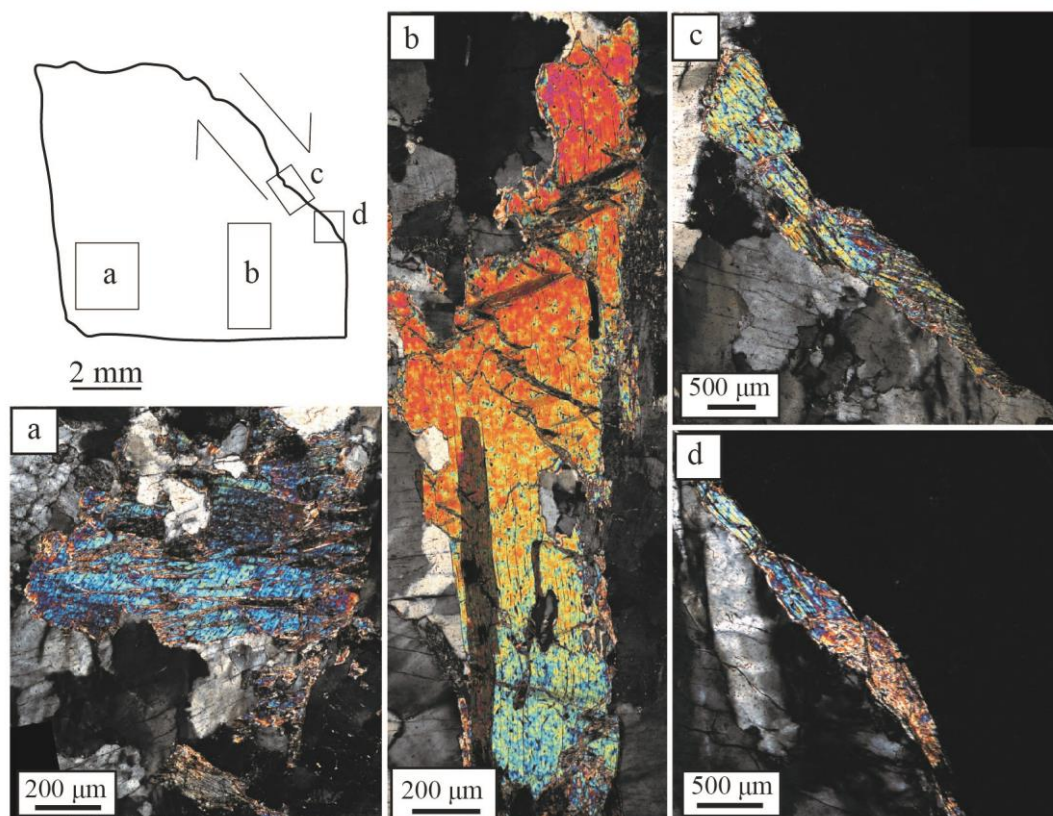


Figure 4-8 : Photos en lumière polarisée et analysée (LPA) des muscovites de CAR3 (section non-datée). Cette section est la deuxième moitié de l'échantillon et correspond au vis-à-vis de la section de la figure 4-9. (a) et (b) sont des muscovites éloignées de la zone de cisaillement et qui sont présentes également dans la section datée. (c) et (d) Muscovites aux abords de la zone de cisaillement.

4.3.3.2. Expériences de déformation avec 0.2 % mass. d'eau ajoutée (CAR6 et CAR7)

Parmi les produits des deux expériences de déformation comportant de l'eau ajoutée, seul CAR7 (26% de déformation) présente des structures de déformations observables au MEB (fig. 4-6h). La reconstitution 3-D de l'échantillon par micro-tomographie montre en effet un fort élargissement de sa circonférence ainsi que des alignements de biotites laissant supposer une déformation significative et pénétrative (fig. 4-9a), bien que quelques des bandes de cisaillement soient aussi révélées au MEB (fig. 4-9b et c). La présence de kink dans les micas suggère un régime de déformation de CAR7 proche de la transition fragile/plastique, au même titre que CAR3.

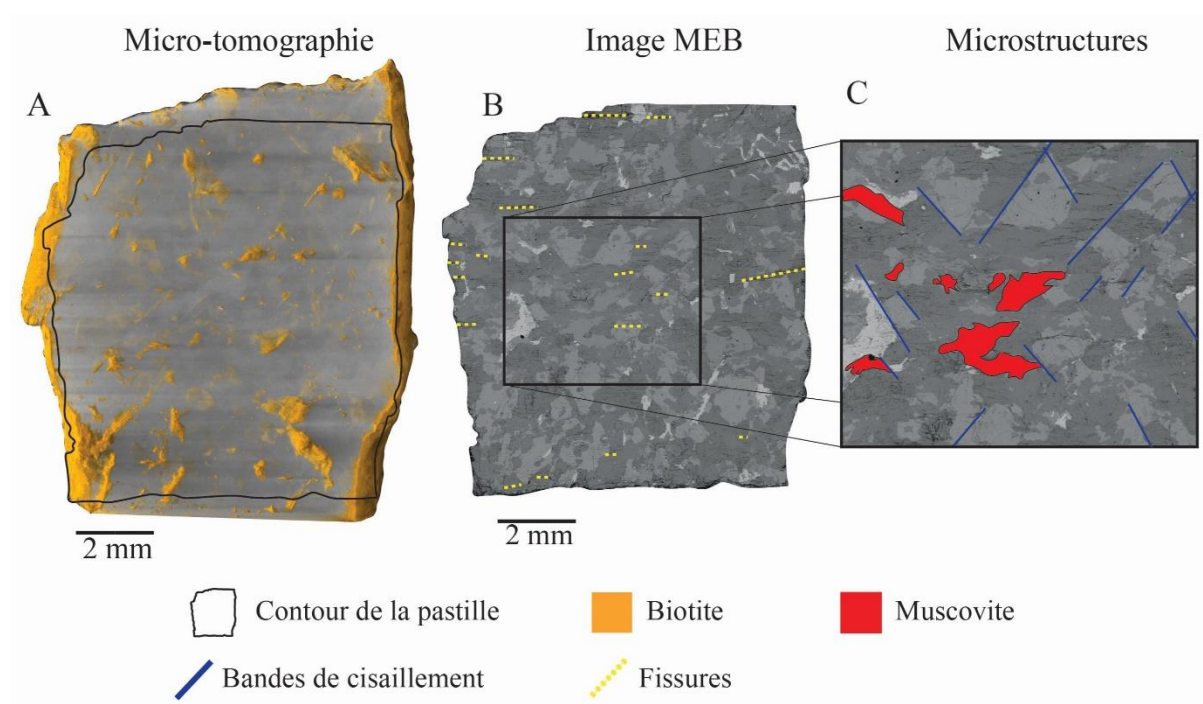


Figure 4-9 : Structures de déformation au sein de l'échantillon CAR7. (a) Reconstruction tomographique 3-D de l'échantillon. (b) Image SEM de la section datée, l'échantillon possède des fissures de décompression. (c) Les bandes de cisaillement présentes dans l'échantillon se distribuent principalement au centre de la section.

4.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

4.3.4.1. Qualification du matériau de départ

Afin de fournir un âge de référence robuste aux âges obtenus sur les échantillons traités expérimentalement, l'âge et l'homogénéité de l'échantillon de départ ont été caractérisés de façon exhaustive par datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ. Les muscovites de départ (non déformées) n'ont pas pu être datées à partir d'une section de roche en "bulk" du fait de l'altération de l'échantillon, en particulier des feldspaths potassiques entraînant une forte contamination atmosphérique et une dégradation poussée des blancs d'extraction. Les datations ont donc été réalisées sur des monograins de muscovite séparés au moyen d'ablations laser à plat le long du plan de clivage (001). Celles-ci montrent une distribution et une répartition spatiale homogènes des âges (fig. 4-10). Les 175 mesures réalisées sur 15 monograins de muscovites donnent un âge moyen de 305.5 ± 0.4 Ma (WMA ; fig. 4-10, tableau 4-4), proche de l'âge obtenu par Turrillot (305.0 ± 4.0 Ma, 2011) mais avec une erreur significativement inférieure, confirmant l'adéquation de cet échantillon pour servir de matériau de référence.

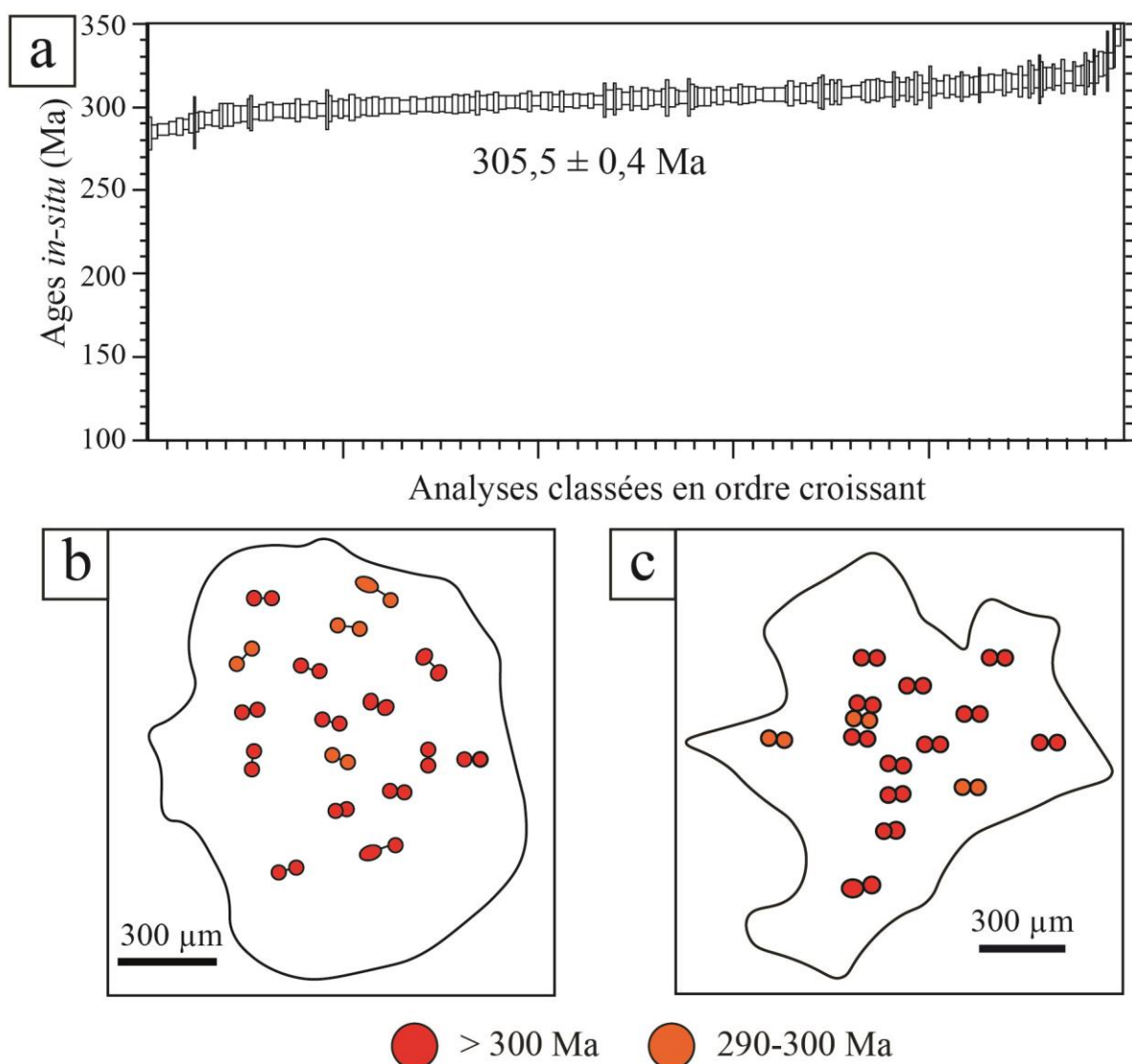


Figure 4-10 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM). (a) Spectre des âges mesurés dans les muscovites du matériau de départ. Les âges sont triés par ordre croissant. (b) et (c) Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein des monograins de muscovite du matériau de départ. La répartition spatiale des âges est très homogène.

4.3.4.2. Géochimie isotopique des rapports Ar/Ar

Après irradiation, la totalité des échantillons déformés et non déformés a fait l'objet de quantification des différents isotopes de l'argon (^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{38}Ar , ^{39}Ar et ^{40}Ar) dans les micas blancs (cf. chapitre 3, section 3.4.3.4). Alors que les mesures d' ^{37}Ar et ^{38}Ar sont très faibles (proche de zéro, voir annexes), les mesures d' ^{36}Ar montrent des variations significatives d'un échantillon à l'autre (fig. 4-11). Globalement, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plutôt homogènes et restent très similaires pour les deux expériences statiques CAR1 et CAR5 (entre 0 et 0.01), ainsi que pour les expériences de déformation CAR2, CAR4 et CAR6 (entre 0 et 0.02) (fig. 4-11 b, c, e, f et g). Le matériau de départ présente aussi des variations limitées, mais un peu plus prononcées entre 0 et 0.4. Par contre, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des expériences de déformation CAR3 et CAR7 (dont les micro-structures indiquent un comportement plus

évolué et prononcé, proche de la transition fragile/plastique) sont plus élevés et peuvent varier de 1 à 2 ordres de grandeur (fig. 4-11d et h). Dans le cas de CAR3, la tendance des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ montre en outre une corrélation avec le rajeunissement des âges (fig. 4-11d). A noter que CAR4 (également fortement déformé) ne présente pas ces rapports de contamination.

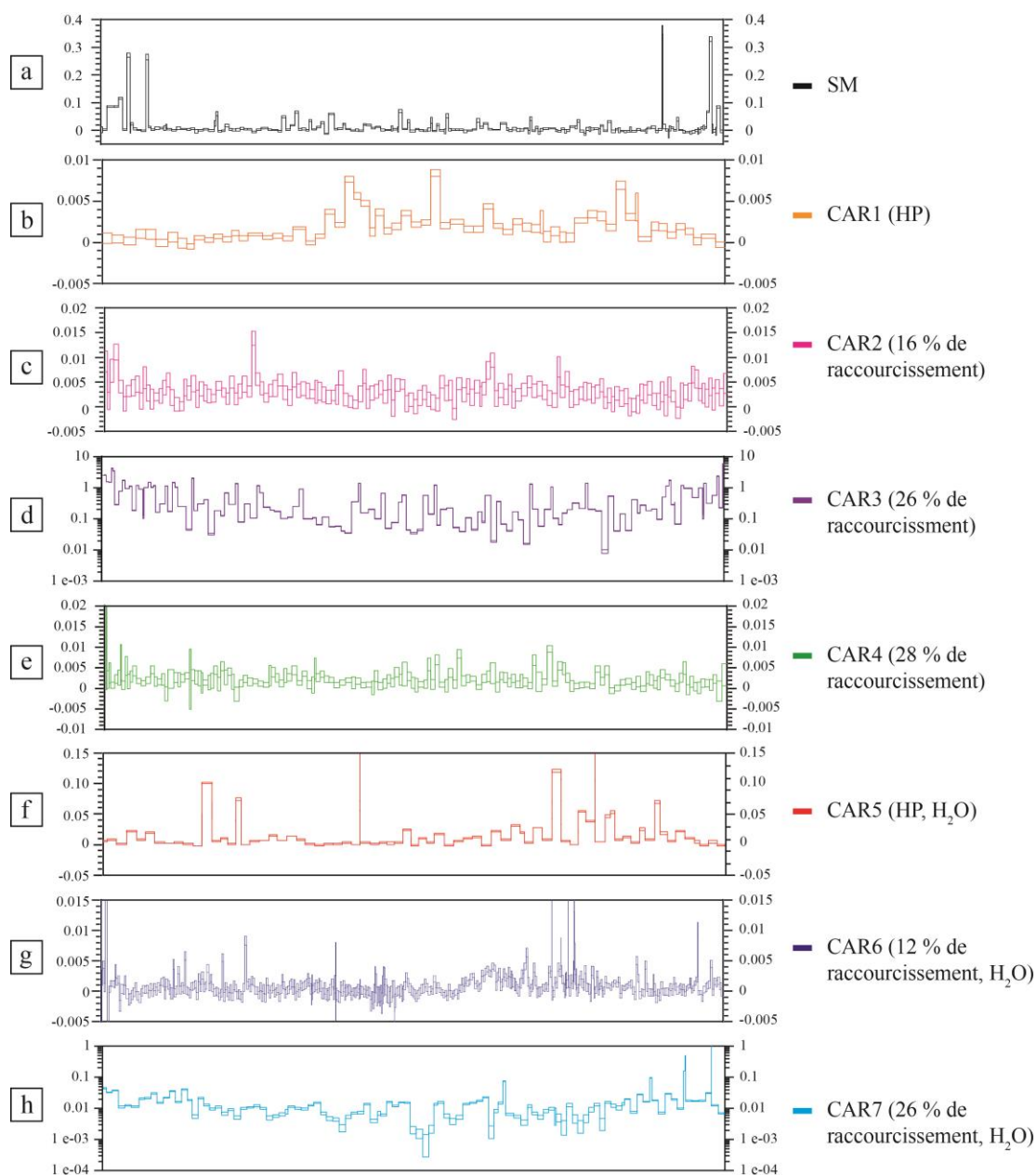


Figure 4-11 : Rapports isotopiques de ^{36}Ar déduits des mesures ponctuelles (normalisé sur ^{39}Ar) pour les différents échantillons. Les analyses sont classées par âge croissant. De (a) à (h), respectivement SM (matériau de départ), CAR1 (expérience statique), CAR2 (16 % de raccourcissement), CAR3 (26 % de raccourcissement), CAR4 (28 % de raccourcissement), CAR5 (expérience statique avec eau), CAR6 (12 % de raccourcissement avec eau) et CAR7 (26 % de raccourcissement avec eau). Le granite initial (a), les expériences statiques CAR1 (b) et CAR5 (f) ainsi que les expériences de déformation CAR2 (c), CAR4 (e) et CAR6 (g) présentent des rapports isotopiques très faibles (proches de zéro). Les expériences CAR3 (c) et CAR7 (h) présentent des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés qui varient de 1 à 2 ordres de grandeur.

4.3.4.3. Datation *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des échantillons expérimentaux

Comme indiqué auparavant, les muscovites de départ (non déformées ni traitées à la presse) présentent une distribution et une répartition spatiale des âges plutôt homogènes (fig. 4-10). Les 175 mesures réalisées sur 15 monograins de muscovite donnent un âge de 305.5 ± 0.4 Ma (WMA). Concernant les expériences de façon générale, le récapitulatif des âges obtenus et des pertes calculées est présenté dans la table 4-4.

Nom	Quantité de déformation	Âges (Ma)	N	Pertes d'argon	Perte d'argon moyenne
SM	-	305.5 ± 0.4	175	-	-
CAR1	0 %	295.2 ± 0.2	68	1.3 à 13.6 %	3.5 %
CAR2	16 %	193.3 ± 4.2 to 311.0 ± 4.7	155	0.0 à 36.7 %	4.9 %
CAR3	26 %	188.3 ± 14.0 to 315.8 ± 5.9	124	0.0 à 38.4 %	3.7 %
CAR4	28 %	205.5 ± 3.59 to 308.3 ± 5.1	152	0.0 à 32.7 %	6.3 %
CAR5	0 %	290.4 ± 2.9	77	2,4 à 18.7 %	4.1 %
CAR6	12 %	245.6 ± 3.3 to 313.3 ± 3.1	397	0.0 à 19.6 %	4.7 %
CAR7	26 %	168.2 ± 3.8 to 307.3 ± 4.4	110	0.0 à 44.9 %	7.5 %

Tableau 4-4 : Récapitulatif des données $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenues sur le matériau de départ (SM) et les échantillons déformés expérimentalement à la presse de Griggs aux conditions indiquées dans le tableau 4-1.

4.3.4.3.1. Expériences statiques (CAR1 et CAR5)

CAR1 montre une distribution très homogène avec un âge moyen de 295.2 ± 0.2 Ma (WMA) significativement inférieur à celui du granite initial (305.5 ± 0.4 Ma) (fig. 4-12 et 4-13a).

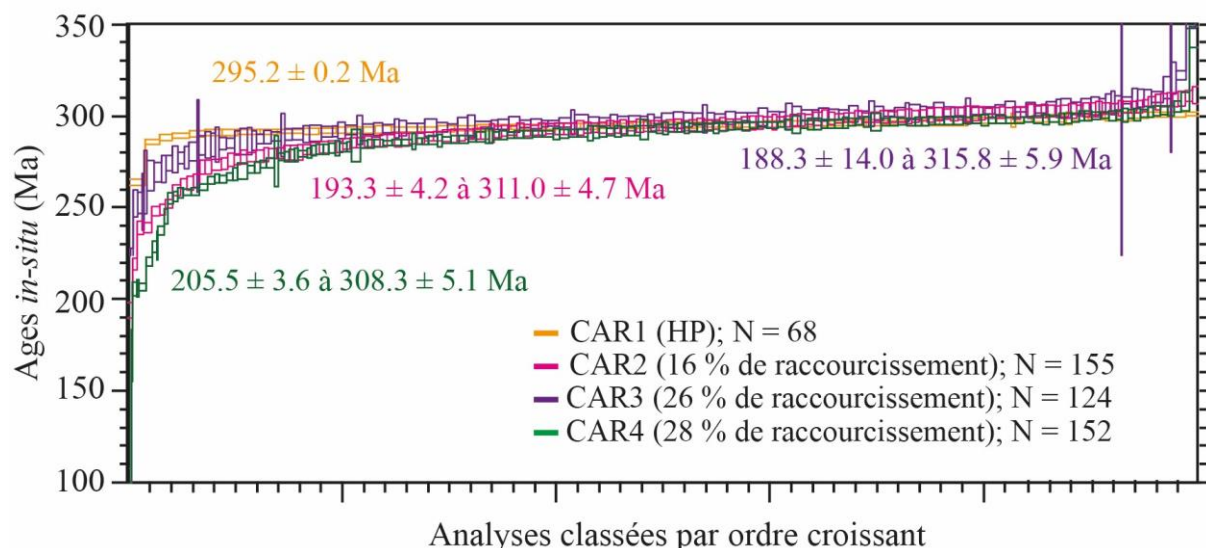


Figure 4-12 : Distribution des âges in-situ dans les échantillons sans eau ajoutée. CAR1 : expérience statique (WMA) ; CAR2, CAR 3 et CAR4 : expériences de déformation (TGA). La majorité des âges des échantillons déformés se superposent à CAR1 (hot pressing) puis les âges mesurés tendent à s'en éloigner. Les mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des expériences de déformation montrent des rajeunissements prononcés.

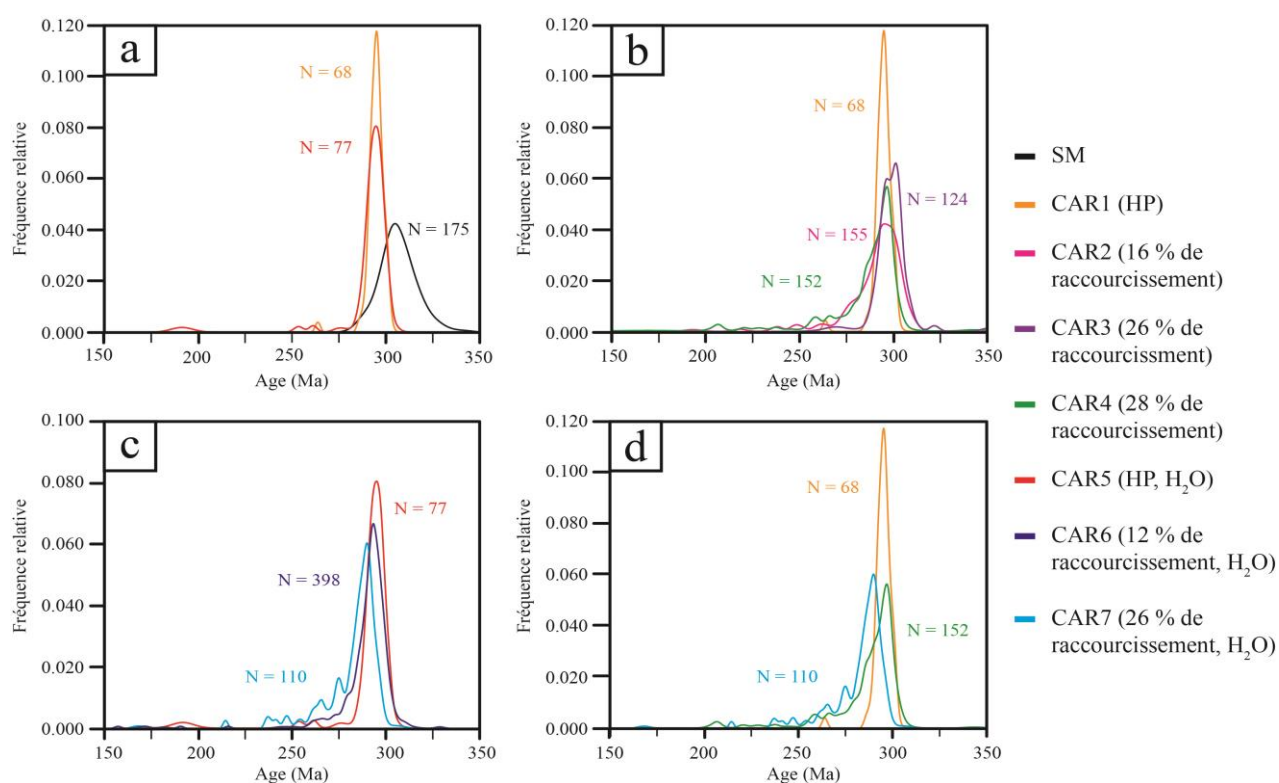


Figure 4-13 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des différents échantillons. (a) matériau de départ et expériences statiques. (b) expériences sans eau ajoutée. (c) expériences avec 0.2 % pds d'eau ajoutée. (d) Distribution des échantillons CAR1 (expérience statique), CAR4 (déformation sans eau ajoutée) et CAR7 (déformation avec ajout d'eau).

Les pertes d'argon calculées à partir de l'âge moyen du matériau de départ varient de 1.3 à 13.6 % avec une perte moyenne de 3.5 %. La répartition des âges est également très homogène, seuls quelques âges plus récents sont présents en bordure de muscovite (fig. 4-14). Cette très forte homogénéité des âges, comparée au matériau de départ, pourrait s'expliquer par un biais d'échantillonnage. En effet, le granite isotrope a été daté à l'aide de monograins de muscovite entre 1 et 3 mm de diamètre tandis que CAR1 a été daté à partir d'une section de roche où les muscovites pouvaient être de taille plus faible. De plus, la probabilité de dater des cœurs en section (où l'orientation des micas varie) est plus faible que pour les grains isolés (datés à plat dans le plan de clivage (001)).

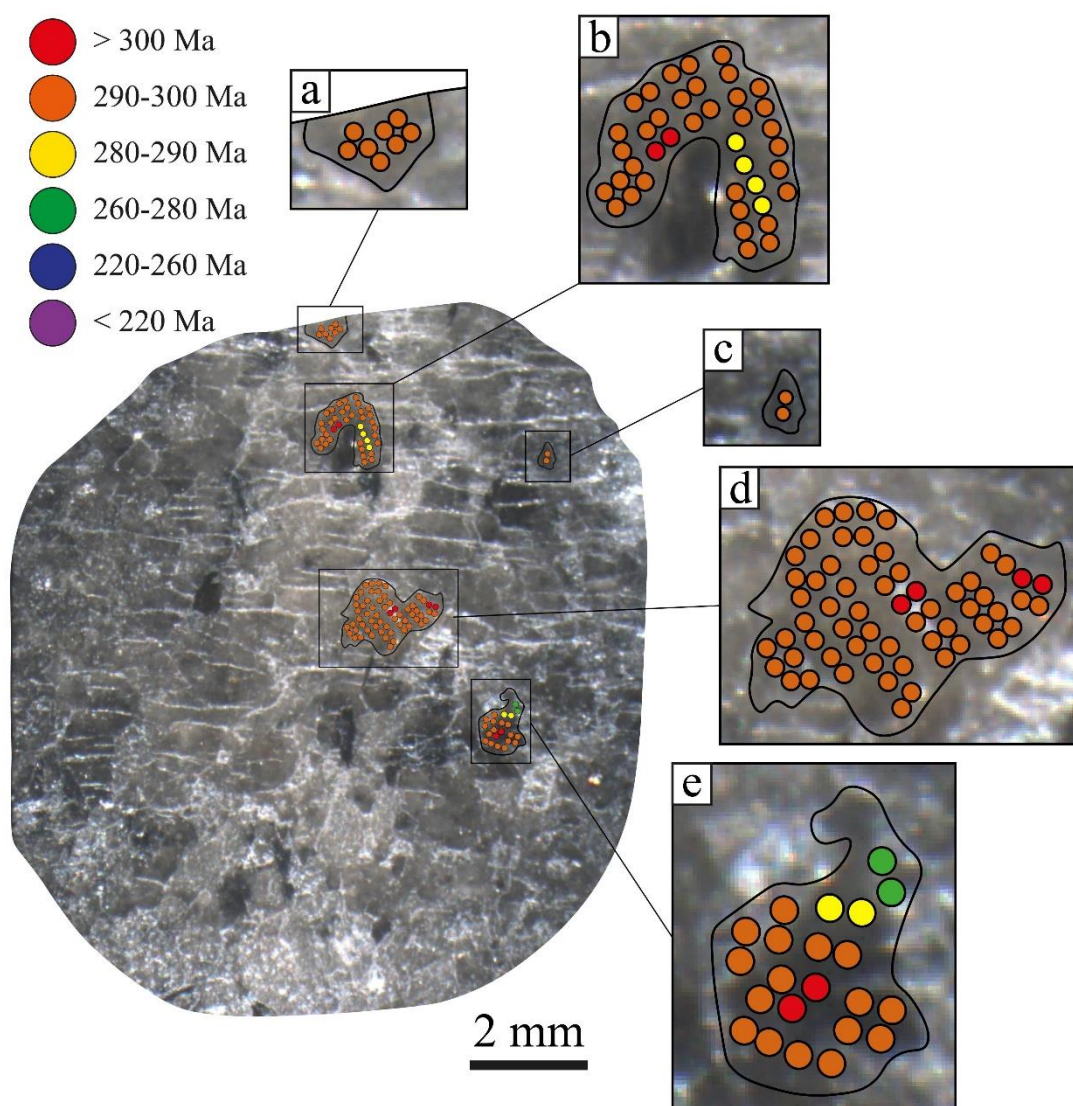


Figure 4-14 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenus sur les muscovites de CAR1 (expérience statique sans eau ajoutée). La distribution des âges est plutôt homogène avec quelques âges plus jeunes enregistrés en bordure de muscovite.

CAR5 (expérience statique avec eau) présente une distribution relativement homogène proche des résultats de CAR1, avec un âge moyen de 290.4 ± 2.9 (TGA ; fig. 4-15) et un pic d'âge se superposant à celui de CAR1 (fig. 4-13a).

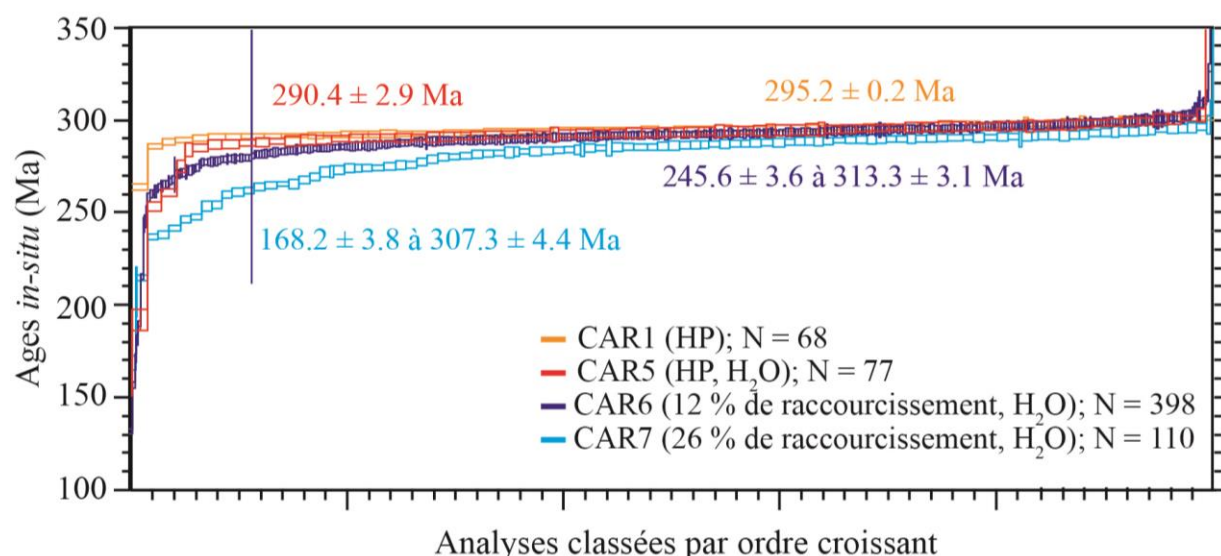


Figure 4-15 : Distribution des mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ des échantillons avec de l'eau ajoutée. CAR5 : expérience statique (HP) avec 0.2 % pds d'eau ajoutée ; CAR6 et CAR7 : expériences de déformation avec 0.2 % pds d'eau ajoutée. Les deux expériences statiques se superposent sur presque tous les âges mesurés. Les muscovites de CAR6 enregistrent des pertes significatives (25 % des âges sont plus jeunes que l'âge moyen de CAR5). CAR7 ne présente que peu d'âges se superposant avec les expériences statiques traduisant un important rajeunissement de toutes les muscovites. La quantité de raccourcissement appliquée est corrélée avec le rajeunissement des âges.

Les distributions de densités des deux expériences statiques montrent un pic de densité commun entre 290 et 295 Ma (fig. 4-13a). Seuls quelques âges en bordure de muscovite sont plus récents (fig. 4-16). Les pertes d'argon varient de 2.4 à 18.7 % avec une perte moyenne de 4.1 % (table 4-4).

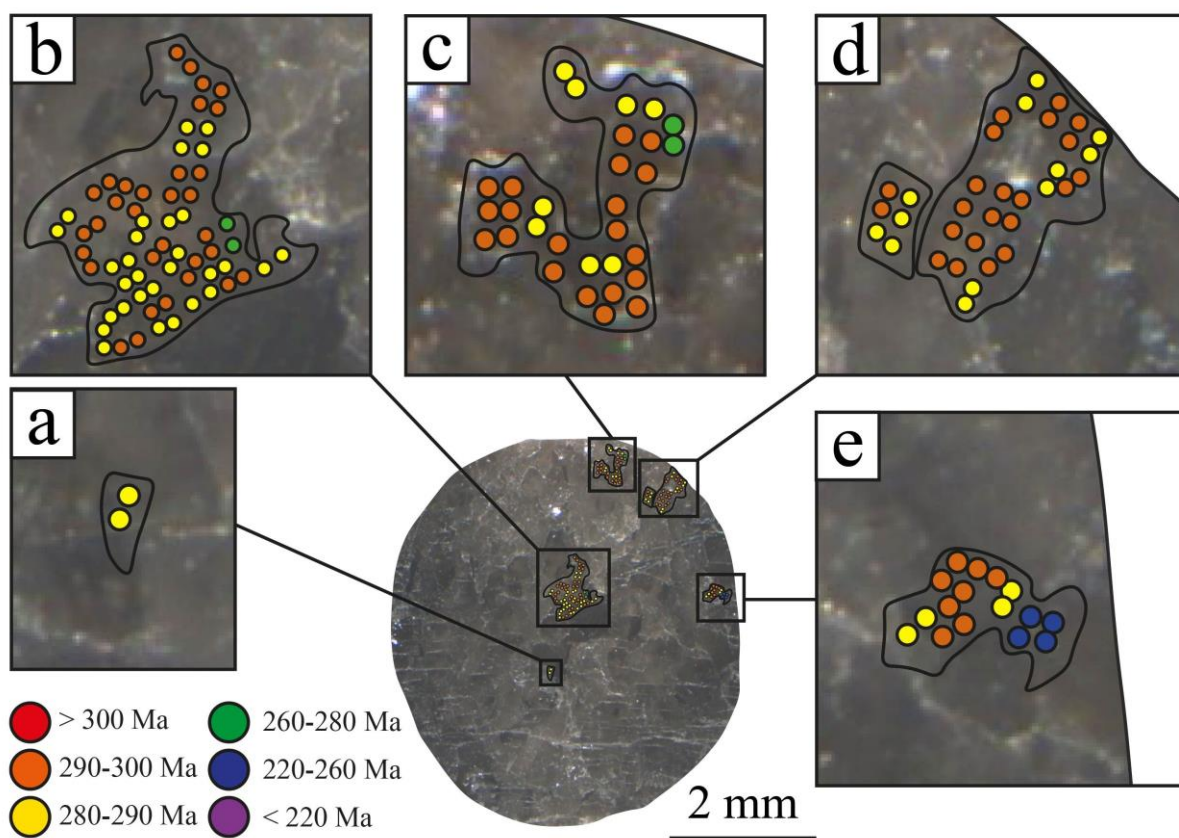


Figure 4-16 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus sur les muscovites de CAR5 (expérience statique avec 0.2 %pds d'eau ajoutée). La distribution des âges in-situ est plutôt homogène avec quelques âges plus jeunes en bordure de muscovite.

4.3.4.3.2. Expériences de déformation sans eau ajoutée (CAR2, CAR3 et CAR4)

Les expériences de déformation sans eau ajoutée présentent des distributions hétérogènes (fig. 4-12). Une grande partie de chaque spectre se superpose avec les âges de CAR1 (expérience statique). Le reste des âges s'écarte significativement de cette tendance homogène. Les distributions de densités de CAR2, CAR3 et CAR4, montrant des distributions beaucoup plus étendues que pour CAR1, présentent un pic de densité principal commun aux trois expériences entre 280 et 300 Ma (fig. 4-13b). Des pics secondaires, de valeurs variables, sont visibles avec la diminution des âges et ce pour chacune des expériences (fig. 4-13b, entre 200 et 275 Ma). Les âges varient de 193.3 ± 4.2 à 311.0 ± 4.7 Ma, de 205.8 ± 3.6 à 308.3 ± 5.1 Ma et de 188.3 ± 14.0 à 315.8 ± 5.9 Ma (respectivement CAR2, CAR3 et CAR4 ; fig. 4-12). Les pertes calculées sont comprises entre 0.0 et 36.7 % pour CAR2, entre 0.0 et 38.4 % pour CAR3, entre 0.0 et 32.7 % pour CAR4. Elles sont très similaires pour ces trois expériences et ne montrent pas de corrélation claire avec la quantité de déformation appliquée (table 4-4).

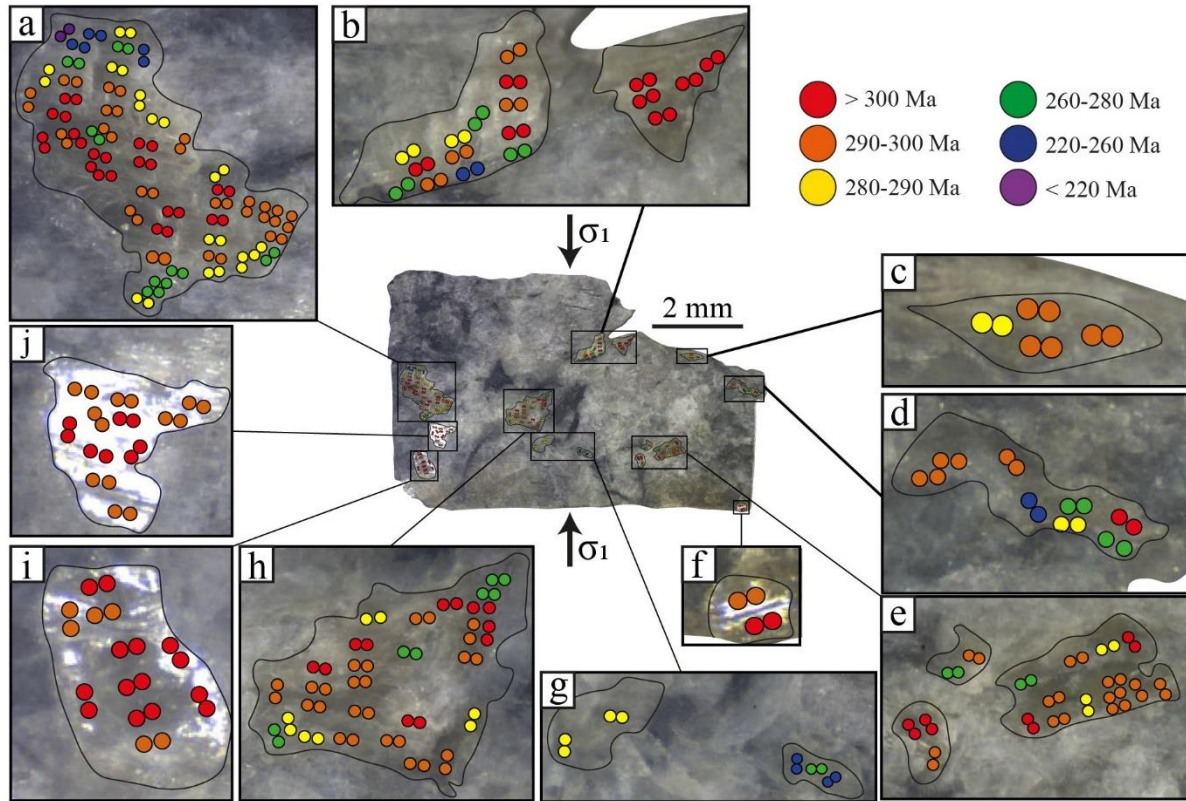


Figure 4-17 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus sur les muscovites de CAR2 (16 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites et entre elles. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans les muscovites (a, b et h). Les âges les plus récents se concentrent soit en bordure de muscovite, soit dans celles de petite taille (a, b, c, d et g). Plusieurs muscovites, datées dans le plan (001) ont des âges homogènes (f, i et j).

Les répartitions spatiales des âges *in-situ* dans ces échantillons déformés sont également très hétérogènes (fig. 4-17, 4-18, 4-19 et 4-20). Tous les échantillons présentent des gradients d'âge cœur-bordure au sein de plusieurs muscovites (fig. 4-17a et d, 4-18d et 4-19a).

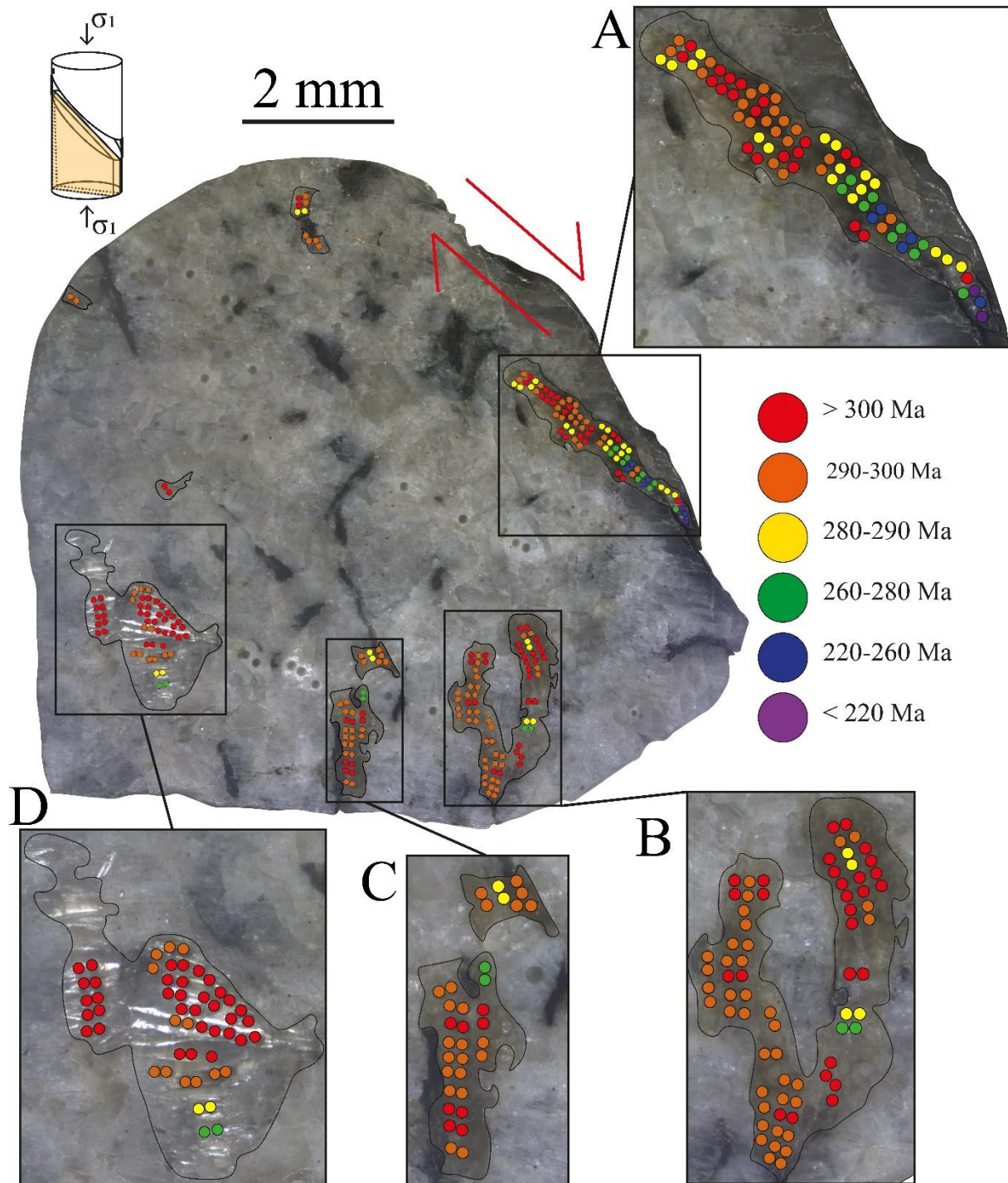


Figure 4-18 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus pour CAR3 (26 % de raccourcissement). (a) muscovite proche de la zone de cisaillement montrant une diminution des âges à l'approche de cette dernière. (b), (c) et (d) muscovites éloignées de la zone de cisaillement. Des variations d'âge intragrain sont enregistrées, notamment dans la muscovite (a).

CAR3 montre une corrélation entre la distribution des âges et la localisation de la déformation. En effet, les muscovites éloignées de la zone de cisaillement (fig. 4-18c et d) présentent des âges plus vieux que ceux dans la muscovite proche de cette dernière (fig. 4-18a) avec une corrélation entre le rajeunissement des âges à l'approche de la zone de cisaillement (fig. 4-19). La partie gauche de la

muscovite sur la figure présente des âges similaires aux muscovites éloignées de la zone de cisaillement (290-300 Ma). La partie droite montre une variation significative des âges apparents qui passent de 300 Ma en moyenne à 188 ± 14 Ma pour le plus jeune.

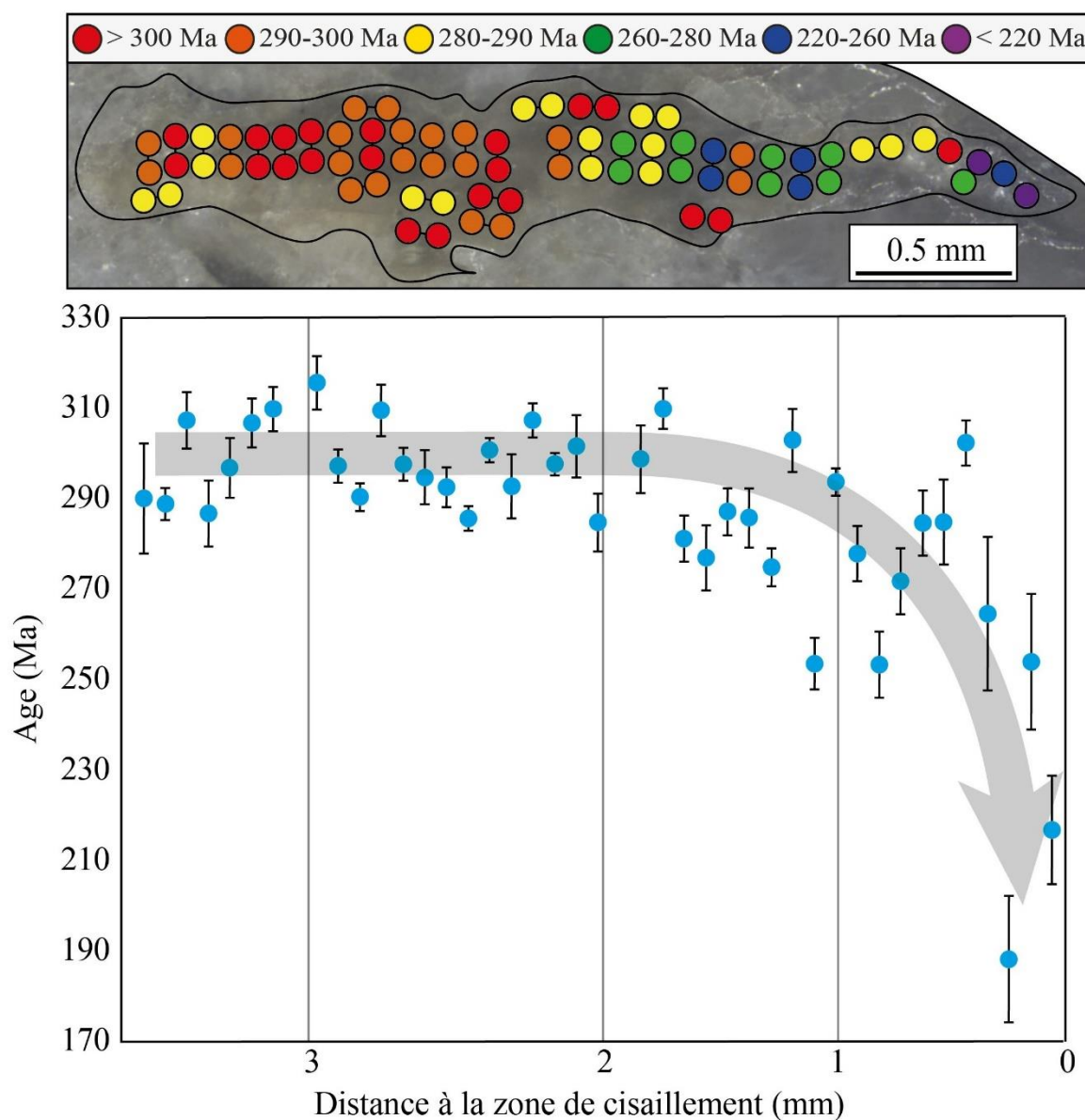


Figure 4-19 : Corrélation entre la répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans la muscovite de la figure 4-18a et la zone de cisaillement (CAR3). Rajeunissement apparent des âges à proximité du micro-cisaillement indiquant un effet de la déformation localisée.

Certaines expériences comme CAR4 présentent une différence d'âges en fonction de la taille des grains. Ainsi, les grains de petite taille montrent des âges plus jeunes (fig. 4-17g et 4-18f.). En revanche, les muscovites analysées le long du plan (001) de CAR2 et CAR4 présentent des âges très homogènes, proches du matériau de départ et des expériences statiques (fig. 4-17f, i, j et 4-18g). Toutefois, ce n'est pas systématique: certaines muscovites de grande taille ne montrent pas de gradient

(fig. 4-18c et 4-19c) tandis que d'autres de faible granulométrie ont conservé des âges similaires à ceux du matériau de départ et de CAR1.

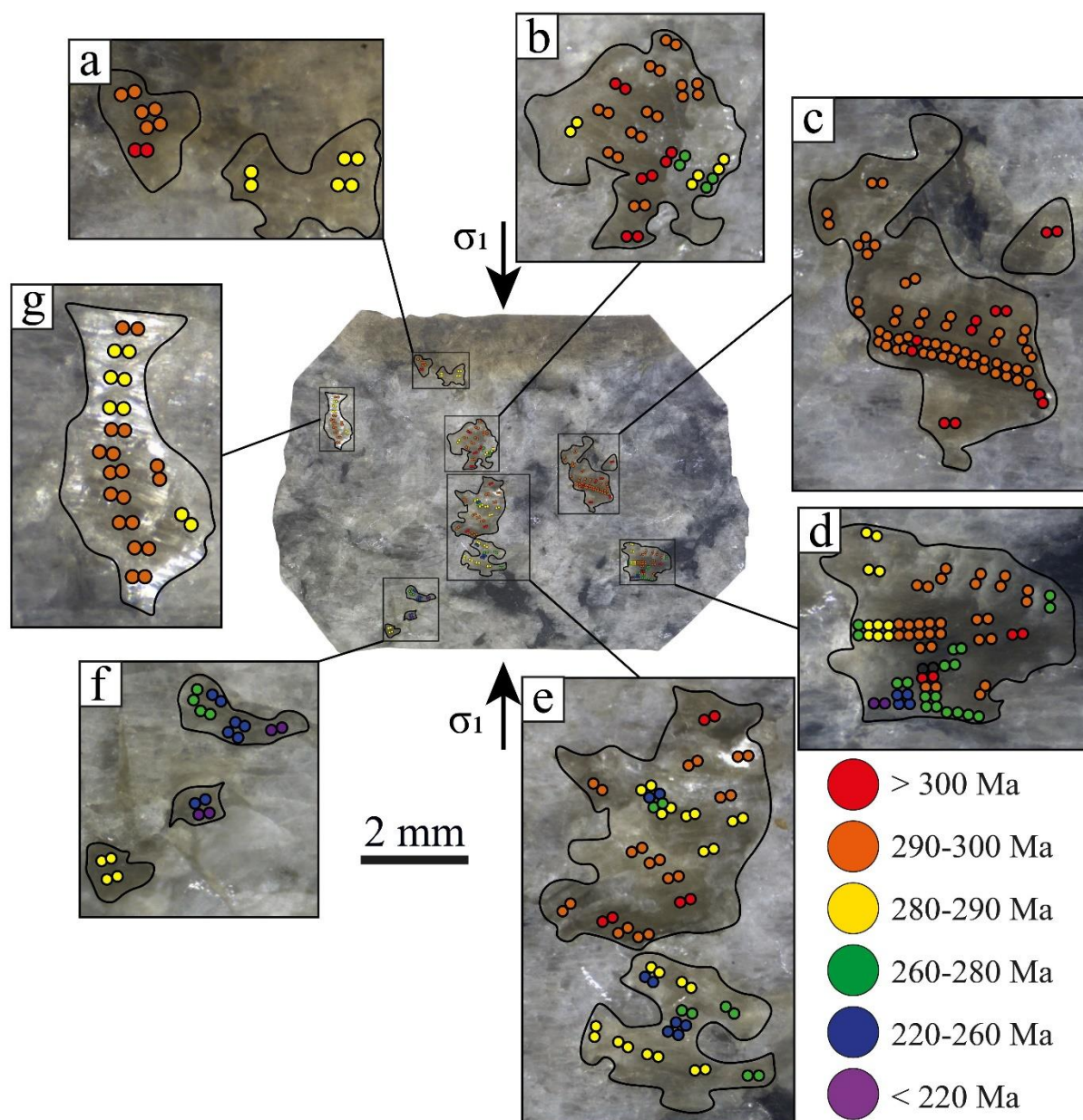


Figure 4-20 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR4 (28 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites et entre elles. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans les muscovites (b, d, et e). Les âges les plus récents se concentrent soit en bordure de muscovites, soit dans celles de petite taille (d, e et f). Plusieurs muscovites ont des âges homogènes (c et g).

4.3.4.3.3. Expériences de déformation avec 0.2 % mass. d'eau ajoutée (CAR6 et CAR7)

Les expériences réalisées avec 0.2 % mass d'eau ajoutée présentent également des distributions hétérogènes (fig. 4-15). Les fréquences relatives montrent des gammes d'âges plus étendues que celle de CAR5 (expérience statique) et très similaires à celles des échantillons déformés sans ajout d'eau : le

pic de densité principale est situé pour des âges compris entre 280 et 300 Ma et des pics secondaires sont présents pour les âges plus jeunes (fig. 4-13c et d). Une grande partie du spectre de CAR6 se superpose avec les mesures de CAR1 et CAR5. Au contraire, CAR7 ne présente que très peu d'âges en commun avec les expériences statiques et ne conserve aucun âge similaire à ceux du matériau de départ (fig. 4-15). Le spectre est significativement plus jeune que ceux de CAR1 et CAR5 mais également CAR3, qui est l'expérience équivalente en termes de conditions expérimentales sans eau ajoutée. CAR6 et CAR7 présentent une distribution en âges apparents comprise entre 245.6 ± 3.3 et 313.3 ± 3.1 ainsi que 168.2 ± 3.8 et 307.3 ± 4.4 respectivement (tableau 4-4, fig. 4-15). Les pertes varient ainsi de 0.0 à 19.6 % pour CAR6 et de 0.0 à 44.9 % pour le CAR7. Les pertes maximales ainsi que les pertes moyennes de ces deux expériences mettent en évidence une corrélation entre la quantité de raccourcissement appliquée et le rajeunissement des âges.

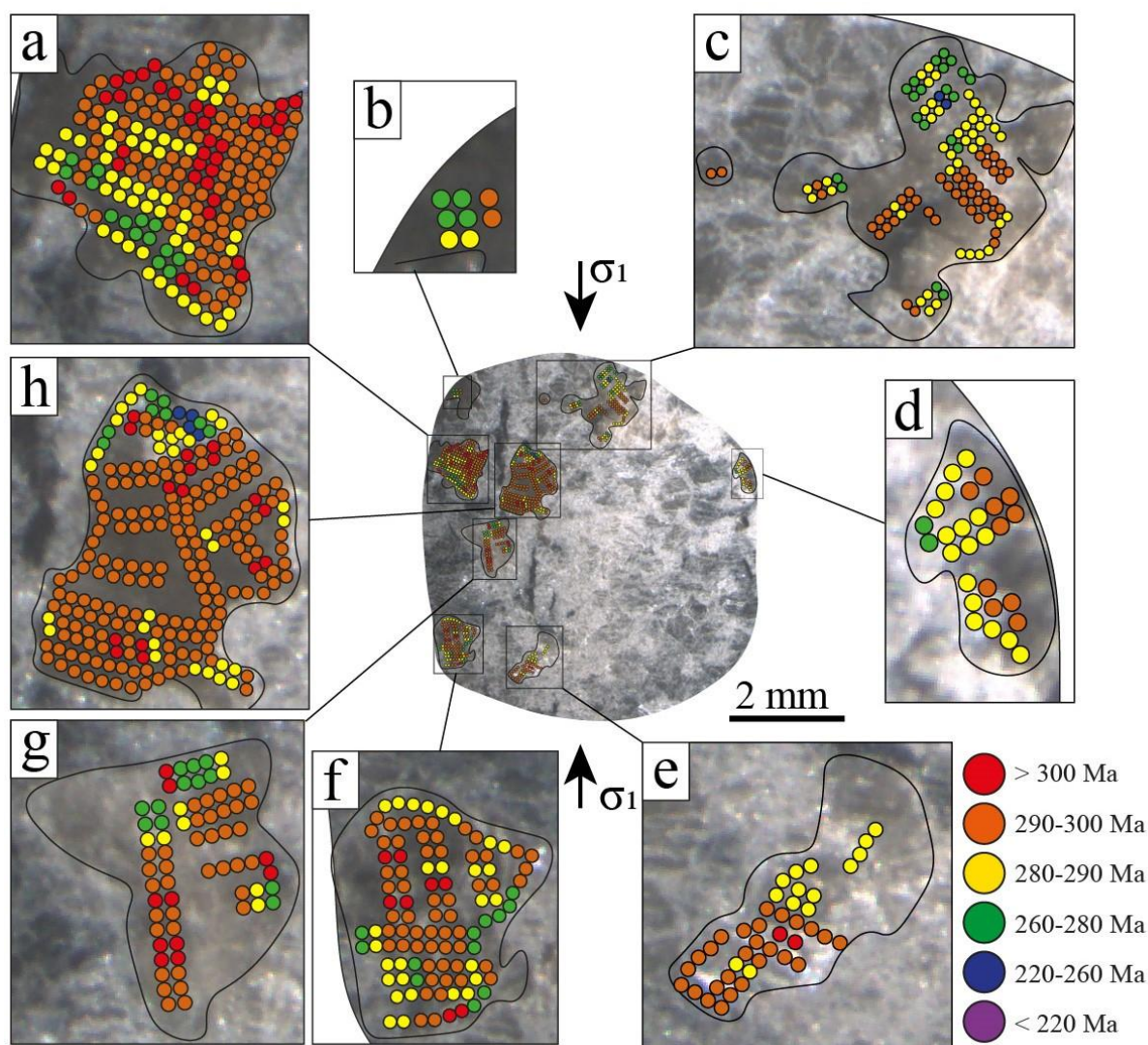


Figure 4-21 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR6 (12 % de raccourcissement avec 0.2 % pds d'eau ajoutée). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans toutes les muscovites. Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovite.

Les répartitions spatiales des âges *in-situ* dans ces deux expériences sont similaires à celle des échantillons déformés sans eau ajoutée (fig. 4-21 et 4-22). Elles mettent en évidence des gradients d'âges (fig. 4-21d, g, h et 4-22b, c et d), ainsi qu'une différence d'âges en fonction de la taille des grains pour CAR7 (e.g. les grains de petites tailles présentent des âges plus jeunes ; fig. 4-22b, e et f).

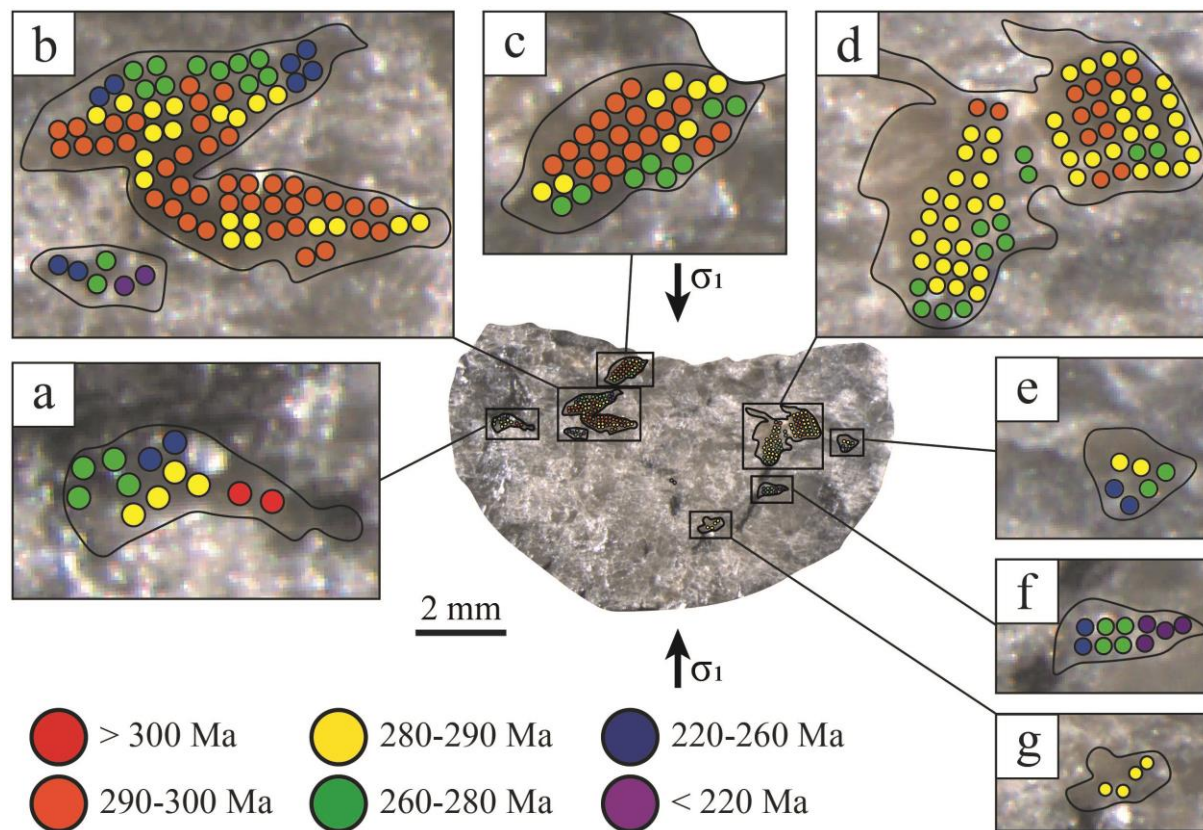


Figure 4-22 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ obtenus dans les muscovites de CAR7 (26 % de raccourcissement avec 0.2 % pds d'eau ajoutée). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans toutes les muscovites. Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovite (a, b, c et d) et au sein des muscovites de petite taille (b, e, f et g).

4.4. Discussion

4.4.1. Régime de déformation expérimental

D'un point de vue mécanique, l'ensemble des échantillons présente une stabilisation (ou un léger adoucissement) de leur contrainte différentielle, entre 500 MPa et 800 MPa en fonction de l'expérience, bien au-delà de la barre d'erreur estimée pour les presses de Griggs (± 30 MPa ; Holyoke and Kronenberg, 2010). Ces variations de résistance conditionnent la répartition de la déformation, notamment sa localisation, et sont contrôlées par des mécanismes d'adoucissement de la contrainte. Celles-ci dépendent de changements locaux (1) des conditions P-T-t, (2) de la teneur en eau, (3) de la contrainte, (4) de l'arrangement spatial, (5) de la composition chimique, ou encore (6) de la proportion des phases minéralogiques au sein d'un échantillon (e.g. roches granitiques ; Poirier, 1980 ; White et al.,

1980 ; Gueydan et al., 2003 ; Mancktelow et Pennacchioni, 2005 ; Rossi et al., 2005 ; Holyoke et Tullis, 2006 ; Pennacchioni et Mancktelow, 2007 ; Schrank et al., 2008 ; Goncalves et al., 2012 ; Getsinger et al., 2013 ; Oliot et al., 2014 ; Rolland et Rossi, 2016 ; Meyer et al., 2017 ; Mansard et al., 2018 ; Oriolo et al., 2018 ; Leydier et al., 2019 ; Pec et Al Nasser, 2021 ; Ceccato et al., 2022). Les conditions de pression, température et vitesse de déformation sont les mêmes pour tous les échantillons ce qui exclut leur rôle direct dans la variabilité de résistance observée. L'ajout d'eau supplémentaire n'a pas non plus a priori un effet déterministe sur la résistance globale de nos échantillons, les courbes de déformation étant globalement conformes aux expériences à sec. Le granite de Carnac est cependant un échantillon naturellement hétérogène, avec des variations significatives de proportions modales, taille de grain, orientation des grains, niveau d'altération (des feldspaths en particulier), etc., ce qui peut expliquer ces différences de résistance plastique.

Au-delà de la réponse mécanique, nos observations *post-mortem* documentent des microstructures discrètes, couplées à des déformations plastiques (bandes de cisaillement) plus ou moins distribuées. Ces structures fragile/plastique impliquent en particulier certains micas qui apparaissent significativement déformés dans le régime plastique, voire semi-cassant (kink), alors que d'autres sont peu déformés, fournissant l'occasion d'étudier *in-situ* les relations entre déformation et remobilisation de l'argon. Ces microstructures typiques de la transition fragile/plastique, sont fréquentes en conditions naturelles (FitzGerald and Stunitz, 1993 ; Stunitz and Fitzgerald, 1993 ; Mancktelow et Pennacchioni, 2004 ; Pennacchioni et Mancktelow, 2007 ; Bukovska et al., 2016), mais également dans les produits d'expériences de déformation sur ce type de lithologie (Hirth and Tullis, 1994 ; Pec et al., 2012, 2016 ; Reber et al. 2015 ; Ritcher et al., 2018).

Ce régime se caractérise par la superposition de déformation cassante (cataclase, fracturation...) et de déformation plastique (fluage-dislocation, dissolution-précipitation, recristallisation...), et cela pour une large gamme de conditions pression-température (Hirth and Tullis, 1994 ; Pennacchioni et Mancktelow, 2007 ; Pec et al., 2012, 2016 ; Reber et al. 2015 ; Ritcher et al., 2018). La présence de structures cassantes et plastiques au sein de notre échantillon CAR3 traduit également un régime de déformation mixte plastique-cassant.

La répartition de la déformation (hétérogène ou homogène) et notamment sa localisation dans un échantillon sont contrôlées par des « mécanismes d'adoucissement de la contrainte » (Ramsay et Graham, 1970) qui dépendent de changements locaux (1) des conditions P-T-t, (2) de la teneur en eau, (3) de la contrainte, (4) de l'arrangement spatial, (5) de la composition chimique, ou encore (6) de la proportion des phases minéralogiques au sein d'un échantillon (e.g. roches granitiques ; Poirier, 1980 ; White et al., 1980 ; Gueydan et al., 2003 ; Mancktelow et Pennacchioni, 2005 ; Rossi et al., 2005 ; Holyoke et Tullis, 2006 ; Pennacchioni et Mancktelow, 2007 ; Schrank et al., 2008 ; Goncalves et al.,

2012 ; Getsinger et al., 2013 ; Oliot et al., 2014 ; Meyer et al., 2016 ; Rolland et Rossi, 2016 ; Mansard et al., 2018 ; Oriolo et al., 2018 ; Pec et Al Nasser, 2021 ; Ceccato et al., 2022).

A l'échelle de nos échantillons (mm, μm), la micro-rhéologie est contrôlée par l'agencement textural des phases résistantes et plastiques à l'échelle du grain. Dans cette étude, seule la proportion et l'agencement de chaque phase minérale au sein des échantillons expérimentaux changent. Ainsi, les disparités de comportement (cassant/plastique) et de distribution de la déformation observés au sein des différents échantillons sont imputables à ces changements de proportion de chaque phase minérale et à l'orientation de celles-ci d'une expérience à l'autre. La micro-rhéologie conditionne ainsi la localisation de la déformation aux joints de grains (contraste rhéologique), ou au sein d'une phase adoucissante accommodant plus facilement la déformation (muscovite et biotite dans notre cas). L'objectif de nos expériences étant principalement de déformer plastiquement les micas blancs à différents degrés, puis d'en estimer les effets sur la diffusion de l'argon, celles-ci ne permettent pas d'approcher de façon quantitative ou exhaustive les mécanismes mis en jeu lors de la transition fragile/plastique. La déformation de nos échantillons sera donc ici essentiellement discutée en termes d'effet sur la remobilisation de l'argon.

4.4.2. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences

Le rajeunissement apparent observé dans les micas de tous nos échantillons par rapport au matériau de départ, ainsi que les variations des rapports isotopiques de $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ indiquent une ouverture du système isotopique lors des expériences (fig. 11, 12 et 15). En effet, ^{36}Ar est le second isotope en termes d'abondance sur Terre après ^{40}Ar . Les deux sont présents dans l'atmosphère et la mesure de leur rapport durant les analyses nous renseigne sur le taux de contamination atmosphérique atteint par un échantillon (notamment si l'échantillon est altéré). Le ^{36}Ar détecté indique que de ^{40}Ar atmosphérique est également rentré dans le système, dans des proportions qui impactent (i.e. diluent) de façon variable la teneur finale en ^{40}Ar radiogénique ($^{40}\text{Ar}^*$) (cf. chapitre 3, section 3.4.3.4). Le couplage entre perte d'âge partielle et contamination atmosphérique dans certaines expériences (fig. 4-11) indique à la fois un échange du cristal vers l'extérieur (perte en argon radiogénique) avec incorporation (gain) en isotope labile non initialement lié au réseau.

Les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés dans les expériences à fort raccourcissement (CAR3 et CAR7), ainsi que la corrélation entre l'augmentation du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et le rajeunissement des âges (échantillon CAR3, 26% de raccourcissement sans eau ajoutée), traduisent ces échanges isotopiques entre l'échantillon et son environnement, notamment le fluide interstitiel. L'origine de cette composante atmosphérique est multiple et peut provenir (1) de l'intérieur de la capsule de platine scellée ou (2) de l'extérieur (l'assemblage de confinement) si l'étanchéité de la chemise est affectée au cours des expériences. A l'intérieur de la chemise, ^{36}Ar (et donc $^{40}\text{Ar}_{\text{atm}}$) peut également avoir plusieurs sources : (i) argon (extérieur) présent dans une phase fluide ; (ii) argon (endogène) provenant

initialement d'une autre phase minérale riche en K remobilisée également durant la déformation. Les observations suivantes sont significatives de ce point de vue.

- (i) Des ablations réalisées dans les feldspaths alcalins d'un échantillon déformé (CAR3) ont produit des signaux en ^{40}Ar trop importants pour être analysés (au-delà du seuil de protection des capteurs), signalant une contamination majeure de l'échantillon (donc la matrice comprenant les joints de grains interconnectant les micas) par de l'argon d'origine atmosphérique. Ces feldspaths riches en inclusions fluides secondaires ou fluide interstitiel constituent une source potentielle endogène (non ajoutée) de cette composante.
- (ii) Les biotites et les feldspaths alcalins, riches en K et donc porteurs d'un signal radiogénique hercynien, pourraient être des réservoirs d'argon potentiels en libérant cette composante durant la chauffe et la déformation (ces phases étant moins rétentes que le mica blanc). Toutefois, cette composante serait exempte d' ^{36}Ar et l'absence de variation du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour les autres expériences de déformation (CAR2, CAR4 et CAR6) confirme d'ailleurs que ces interactions sont négligeables.
- (iii) Enfin, l'eau ajoutée (0.2 % mass) lors de la préparation de l'échantillon (cas de CAR7) pourrait avoir artificiellement introduit cette contamination (exogène) dans les échanges isotopiques entre les muscovites et le fluide interstitiel.

L'observation post-déformation des chemises de platine éclaire ces points. L'expérience CAR3 (26 % de raccourcissement) présente plusieurs fissures, tandis que la chemise de l'expérience CAR7 (26 % de raccourcissement avec 0.2 % mass d'eau ajoutée), n'en comporte aucune, indiquant dans son cas la préservation de l'étanchéité tout au long de l'expérience. Les fissures affectant CAR3 ont pu se former lors de l'arrêt de l'expérience (trempe et décompression) sans interaction avec la muscovite car la trempe fige le système en limitant fortement la cinétique d'interaction (par absorption/diffusion) entre les muscovites et leur environnement. La contamination atmosphérique en l'absence de rupture de chemise pour CAR7 indique quant à elle que l'origine de cet argon de contamination est bien interne (endogène), en lien avec la phase fluide confinée (primaire ou secondaire). C'est le cas pour CAR3 également, avec éventuellement une contribution également externe compte tenu des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés de 1 à 2 ordres de grandeur par rapport à CAR7 (fig. 11). Il est notable cependant que la signature isotopique en $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (traçant le chlore) reste plate pour toutes les charges expérimentales (Annexe). Ceci exclut notamment un échange avec le moyen de confinement solide (NaCl) qui aurait inmanquablement altéré la composition en ^{38}Ar .

Les variations isotopiques en $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ impliquent un mécanisme de réouverture du système avec un double échange d' ^{36}Ar et $^{40}\text{Ar}^*$. La perte couplée d' $^{40}\text{Ar}^*$ et l'absorption d' ^{36}Ar tracent des processus d'échange opposés entre les muscovites et leur milieu de confinement (perte vs. gain). Significativement, il n'y a pas de rapport d'échange proportionnel (linéairement constant) entre les deux

(i.e. le rajeunissement est global, mais pas strictement corrélé à la contamination). Ceci pourrait suggérer un fractionnement avec un effet d'absorption ou de perte sélectif (variable) en fonction de la zone d'analyse (et sans doute de la structure du mica). Le fractionnement de masse cinétique pendant la diffusion en phase fluide prédit une autodiffusion du soluté d' ^{36}Ar de 1,0083 à 1,055 fois plus rapide par rapport à l' ^{40}Ar (Bourg et al., 2008 ; Tyroller et al., 2014). Ce déséquilibre par fractionnement de masse cinétique est néanmoins peu susceptible d'expliquer nos variations compte tenu de la température et de la durée des expériences qui devraient garantir un équilibre rapide sur les distances d'échange impliquées (mm). Nous concluons donc que les variations d' $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}^*$ sont significatives et qu'elles reflètent des variations intrinsèques de structure (de compositions différentes) plutôt que de l'échange avec du simple fractionnement. Ces structures ont manifestement été sollicitées (et ont réagi) différemment lors des expériences.

4.4.3. Relations âges vs. température/déformation/eau

4.4.3.1. Variations spatiales des âges : mécanismes impliqués

Les expériences statiques (CAR1 et CAR5) présentent des âges majoritairement homogènes, quelques âges plus récents sont observés localement en bordure de muscovite (fig. 4-14 et 4-16). Dans le cas des échantillons déformés (CAR2, CAR3, CAR4, CAR6 et CAR7), la distribution des âges est beaucoup plus étendue (tableau 4-4, fig. 4-12, 4-13 et 4-15). La répartition spatiale des âges est ainsi très hétérogène et diffère selon les échantillons (fig. 4-17, 4-18, 4-20, 4-21 et 4-22).

Il est possible d'observer des variations d'âge selon deux échelles : (1) à l'échelle des échantillons complets et (2) à l'échelle intracristalline. A l'échelle des échantillons, les âges se répartissent différemment en fonction de la taille des grains (CAR2, CAR4 et CAR7 ; fig. 4-17g, 4-20f, 4-22e, f et g) mais également en fonction de la localisation de la déformation (CAR3 ; fig. 4-18). A l'échelle intracristalline, des gradients d'âges sont localement matérialisés par des âges plus anciens au cœur des grains et des âges plus récents en bordure (CAR2, CAR3, CAR4, CAR6 et CAR7 ; fig. 4-17a, 4-18a et d, 4-20d, 4-21c, f et g, 4-22b, c et d). Toutefois, cette répartition n'est pas systématique, plusieurs muscovites analysées dans le plan 001 montrent des répartitions très homogènes (CAR 2 et CAR4 ; fig. 4-17f, i, j et 4-20g). Ceci laisse à penser que l'orientation du grain par rapport à la contrainte σ_1 joue un rôle dans la réponse isotopique à la déformation, en plus de la diffusion.

Plusieurs mécanismes sont classiquement invoqués afin d'expliquer les variations en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en relation avec la déformation dans le cas d'échantillons naturels :

(1) Diffusion + déformation : la corrélation entre la taille de grain et le rajeunissement des âges (fig. x) peut être un indice de diffusion volumique (thermiquement activée) à la fois de façon statique mais plus encore si la taille des grains a varié entre le début et la fin de l'expérience. Cette diminution peut être progressive, notamment par la formation de sous-grains de plus en plus nombreux au fur et à mesure de l'expérience, ou discontinue (par rupture et micro-cataclase, segmentation). La

contribution des processus impliqués est difficile à distinguer du fait de leur action simultanée lors de la recristallisation dynamique $\pm$ micro-cataclase + diffusion volumique; ceci est largement documenté dans les cas naturels (Goodwin et Renne, 1991 ; West et Lux, 1993 ; Hodges et Bowring 1995 ; Reddy et al., 1996 ; Kramar et al., 2001 ; Mulch et al., 2002 ; Kramar et al., 2003 ; Beaudoin et al., 2020 ; Laurent et al., 2021) et peut s'appliquer à notre cas.

(2) Diffusion (cinétique/réactivité réactionnelle) seule : les zonations cœur-bordure isotopiques sont caractéristiques de perte par diffusion ou par rééquilibrage réactionnel des muscovites rétro-morphosées peu ou fortement déformées (Scaillet, 1990 et 1996 ; Scaillet et al. 1992 ; De Jong et al., 1992 ; Di Vincenzo et al., 2001, 2007 ; Mc Donald et al., 2016, Beaudoin et al. 2021). Dans notre cas, une déstabilisation réactionnelle ne s'applique pas directement étant donné la constance (persistance) de la composition initiale à l'issue de la déformation.

(3) Déformation (recristallisation dynamique) seule : La déformation seule est parfois considérée suffisante en elle-même pour remettre à zéro le système isotopique avec néoformation de cristaux syn-cinématiques indemnes de tout héritage isotopique (e.g., Reddy et Potts, 1999 ; Augier et al., 2005 ; Mulch et al., 2005 ; Rolland et al., 2008); ceci suppose néanmoins un système ouvert à l'échelle de l'échantillon (pas que du mica) pour évacuer la composante initiale; ce cas de figure ne s'applique pas ici du fait des conditions expérimentales et, plus encore, étant donné l'absence d'indices texturaux et compositionnels en faveur de la néocrystallisation à l'échelle de nos observations ($< \mu\text{m}$, SEM)

Ce couplage de processus (diffusion + déformation) implique des mécanismes multi-échelle, de l'atome (diffusion) au grain proprement dit (structures et défauts intra-cristallins). Dans la suite, on s'attache à explorer le rôle respectif de ces différents mécanismes afin d'en évaluer l'impact sur nos résultats.

4.4.3.2. Effet de la diffusion

Les relations cœur-bordure (fig. 4-17a, 4-18a, 4-20d, 4-22c et d) ainsi que la corrélation entre la taille de grain et certains âges apparents (fig. 4-17g, 4-20f, 4-22b, e, f et g) suggèrent un effet de la diffusion dans les pertes induites dans nos expériences dynamiques (CAR2, CAR3, CAR4, CAR6 et CAR7), comme statiques (CAR1 et CAR5).

4.4.3.2.1. Effet de taille : pertes théoriques vs. pertes empiriques

L'effet de la perte par diffusion en fonction de la taille de grain peut être estimé en calculant les pertes fractionnelles (f) prédites par l'expression théorique de Crank (1975) pour une géométrie cylindrique (diffusion le long des plans de clivage (001)) :

$$f = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\left(\frac{Dt}{a^2}\right)} - \frac{Dt}{a^2} - \frac{1}{3\sqrt{\pi}} \left(\frac{Dt}{a^2}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (4-1)$$

où D est le coefficient de diffusion de l'argon à la température considérée (cm^2/s), t la durée de la perte isothermale et a le rayon de diffusion effectif (cm). Le coefficient de diffusion D est déduit de la relation d'Arrhenius (équation 2-3) :

Les constantes de diffusion employées sont celles de Hames et Bowring (1994; $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$), de Harrison et al. (2009 ; $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$) et de Nteme et al. (2022 ; $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 66 \text{ kcal/mol}$) rapportées à nos conditions expérimentales ($T = 650 \text{ }^\circ\text{C}$, $t = 190 \text{ h}$).

La relation entre f et l'intensité de la sollicitation (i.e. crise) thermique est illustrée dans la figure 4-23a montrant l'allure et le degré de perte fractionnelle en fonction de Dt/a^2 . Dans le cadre de nos expériences, D et t sont constants, seule la taille de grain varie, f augmentant avec la diminution de a . Nos valeurs expérimentales sont issues de plusieurs muscovites de petite taille (a entre 77 et 380 μm) pour lesquelles plusieurs mesures *in-situ* permettent de raisonnablement estimer l'âge intégré à l'échelle du grain. Les pertes représentées dans la figure 4-23a indiquent un écart important entre les valeurs empiriques (observations) et les pertes théoriques prédites par le modèle, quel que soit le jeu de valeurs adopté (fig. 4-23b, échelle log).

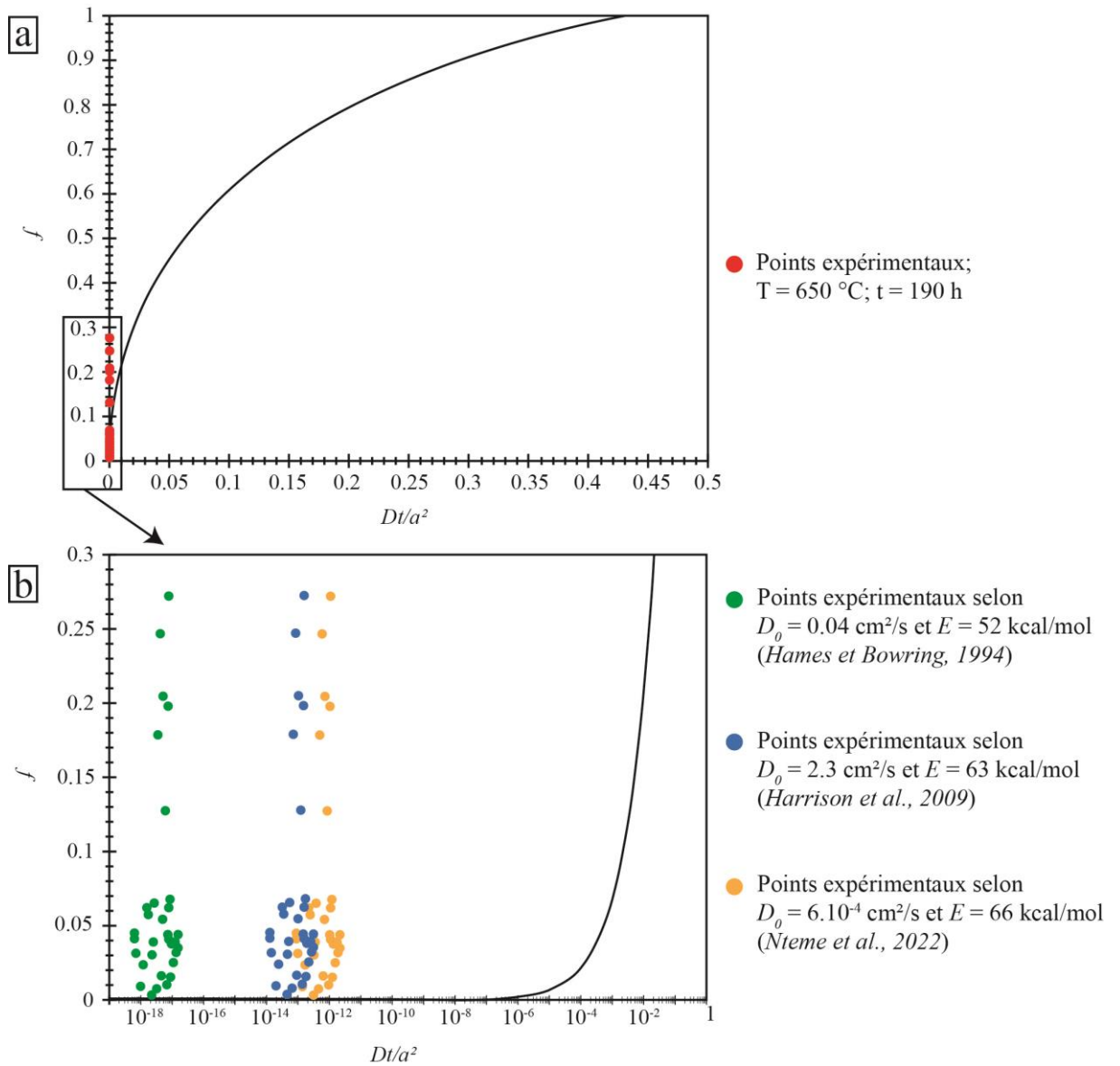


Figure 4-23 : Perte fractionnelle d'argon théorique vs. pertes empiriques dans les muscovites de nos échantillons expérimentaux. (a) perte théorique d'argon en fonction de Dt/a^2 , D est calculé à partir des données de Hames et Bowring (1994). (b) pertes d'argon enregistrées dans nos muscovites. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63\text{ kcal/mol}$, de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52\text{ kcal/mol}$ et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4}\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66\text{ kcal/mol}$. Des pertes théoriques correspondantes à celles enregistrées dans nos échantillons expérimentaux demanderaient des tailles de grain de 6 à 9 ordres de grandeur plus petites.

échantillon	type d'expérience	nb mesure par grain	Référence figure	f (perte)	a (rayon en μm)	Dt/a^2 hames	Dt/a^2 harrison	Dt/a^2 Nteme
CAR1	HP	1	14c	3.14	80.13	2.0394E-12	2.9042E-13	1.4746E-17
		30	14d	3.14	357.87	1.0226E-13	1.4562E-14	7.3938E-19
CAR5	HP	1	16a	3.54	79.74	2.0596E-12	2.9329E-13	1.4892E-17
		3	16d	4.04	106.56	1.1532E-12	1.6422E-13	8.3385E-18
CAR2	16%	2	17f	1.51	104.12	1.208E-12	1.7202E-13	8.7346E-18
		3	17e	1.58	137.64	6.9129E-13	9.8442E-14	4.9985E-18
		2	17e	6.73	100.83	1.2881E-12	1.8343E-13	9.314E-18
		3	17g	20.45	135.61	7.1213E-13	1.0141E-13	5.1491E-18
		5	17b	0.33	204.77	3.1232E-13	4.4475E-14	2.2583E-18
		4	17c	3.89	187.93	3.7079E-13	5.2802E-14	2.681E-18
		2	17g	6.48	186.78	3.7537E-13	5.3454E-14	2.7142E-18
		10	17i	0.90	296.20	1.4927E-13	2.1256E-14	1.0793E-18
CAR3	26%	1	18	0.95	115.33	9.8461E-13	1.4021E-13	7.1193E-18
		1	18	2.49	88.91	1.6567E-12	2.3592E-13	1.1979E-17
		2	18	4.34	77.42	2.185E-12	3.1115E-13	1.5799E-17
		3	18	3.76	85.10	1.8086E-12	2.5754E-13	1.3077E-17
		4	18c	4.36	111.15	1.0601E-12	1.5096E-13	7.665E-18
CAR4	28%	2	20f	6.22	106.88	1.1463E-12	1.6324E-13	8.2887E-18
		2	20f	27.22	108.07	1.1214E-12	1.5969E-13	8.1081E-18
		4	20a	3.05	196.67	3.3857E-13	4.8213E-14	2.448E-18
		18	20b	4.08	368.00	9.6703E-14	1.3771E-14	6.9922E-19
		1	20c	0.72	167.72	4.6554E-13	6.6295E-14	3.3662E-18
		6	20f	17.80	160.35	5.0932E-13	7.2529E-14	3.6827E-18
		13	20g	4.45	380.84	9.0291E-14	1.2858E-14	6.5286E-19
CAR6	12%	1	21c	3.80	96.79	1.3979E-12	1.9907E-13	1.0108E-17
	12%	14	21d	5.71	233.80	2.3958E-13	3.4117E-14	1.7323E-18
CAR7	26%	3	22b	19.76	109.73	1.0877E-12	1.549E-13	7.865E-18
		3	22e	12.74	124.87	8.399E-13	1.196E-13	6.073E-18
		2	22g	5.40	134.30	7.2608E-13	1.034E-13	5.25E-18
		17	22c	6.15	238.98	2.293E-13	3.2653E-14	1.658E-18

Tableau 4-5 : Récapitulatif des pertes fractionnelles empiriques calculées à partir des datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig. 4-21) [HP : hot pressing]

Les points expérimentaux indiquent des pertes fractionnelles plusieurs ordres de grandeur inférieurs à ceux prédits théoriquement (fig. 4-23b, tableau 4-5). En effet, les pertes mesurées sont trop fortes compte tenu de la taille physique des grains et correspondent aux pertes attendues pour des grains

de 6 à 9 ordres de grandeur plus petits que la taille observée. Ceci est valable pour les échantillons déformés comme pour les échantillons de recuit statique.

Cette observation implique une échelle de diffusion plus réduite que la taille apparente des grains, par le biais de discontinuités internes (structures micrométriques, défauts étendus) non observées à l'échelle des images SEM. Alternativement (ou conjointement), elle peut indiquer l'intervention d'autres mécanismes que la diffusion (e.g. recristallisation dynamique) pour expliquer les pertes d'argon enregistrées.

4.4.3.2.2. Gradients d'âge et effets internes de cœur-bordure

L'effet de la diffusion induit des gradients d'âges au sein des micas qu'il est également possible de modéliser suivant la perte fractionnelle f de la bordure (= perte totale) au cœur (perte partielle) en fonction de l'intensité de la perte .

Les variations de f au sein du cristal, considéré comme un cylindre infini parfait de rayon a , sont déduites de l'équation de diffusion théorique (Crank, 1975) :

$$f(r) = \sqrt{\frac{a}{r}} \operatorname{erfc}\left(\frac{a-r}{2\sqrt{Dt}}\right) + \frac{(a-r)\sqrt{Dta}}{4ar^{\frac{3}{2}}} \operatorname{ierfc}\left(\frac{a-r}{2\sqrt{Dt}}\right) + \frac{(9a^2-7r^2-2ar)Dt}{32r^2a^{\frac{5}{2}}} i^2 \operatorname{erfc}\left(\frac{a-r}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (4-2)$$

Où r est la distance entre le cœur de la muscovite et la zone étudiée, r/a est la distance fractionnelle entre le cœur et la bordure du grain (l'origine étant pris au cœur, à $r = 0$), erfc , ierfc et $i^2\operatorname{erfc}$ sont des fonctions d'erreur.

D'après nos conditions expérimentales, au-delà d'une taille de grain de 100 μm (Hames et Bowring, 1994), les profils de pertes d'argon au sein des muscovites sont localisés en extrême bordure (r/a entre 0.95 et 1) des grains, voire sont quasi-inexistants (fig. 4-24a). Suivant les données de Harrison et al. (2009), la taille maximale est de 50 μm . Celles de Nteme et al. (2022) indiquent une taille maximale de 0.5 μm (fig 5-24b et c). Ces tailles de grain sont très largement inférieures à la taille physique de nos minéraux (tableau 4-6). La modélisation des gradients de pertes des cœurs aux bordures montre des similitudes avec les abaques calculées et suivent les profils de diffusion jusqu'à $r/a = 0.3$ à 0.4. Au-delà, les gradients recourent les profils de diffusion théoriques aussi bien dans les échantillons déformés (CAR2, CAR3, CAR4, CAR6, CAR6 et CAR7) que ceux ayant subi un recuit statique (CAR1 et CAR5). Cette tendance pourrait s'expliquer par l'existence d'(un) autre(s) mécanisme(s) engendrant des pertes d'argon.

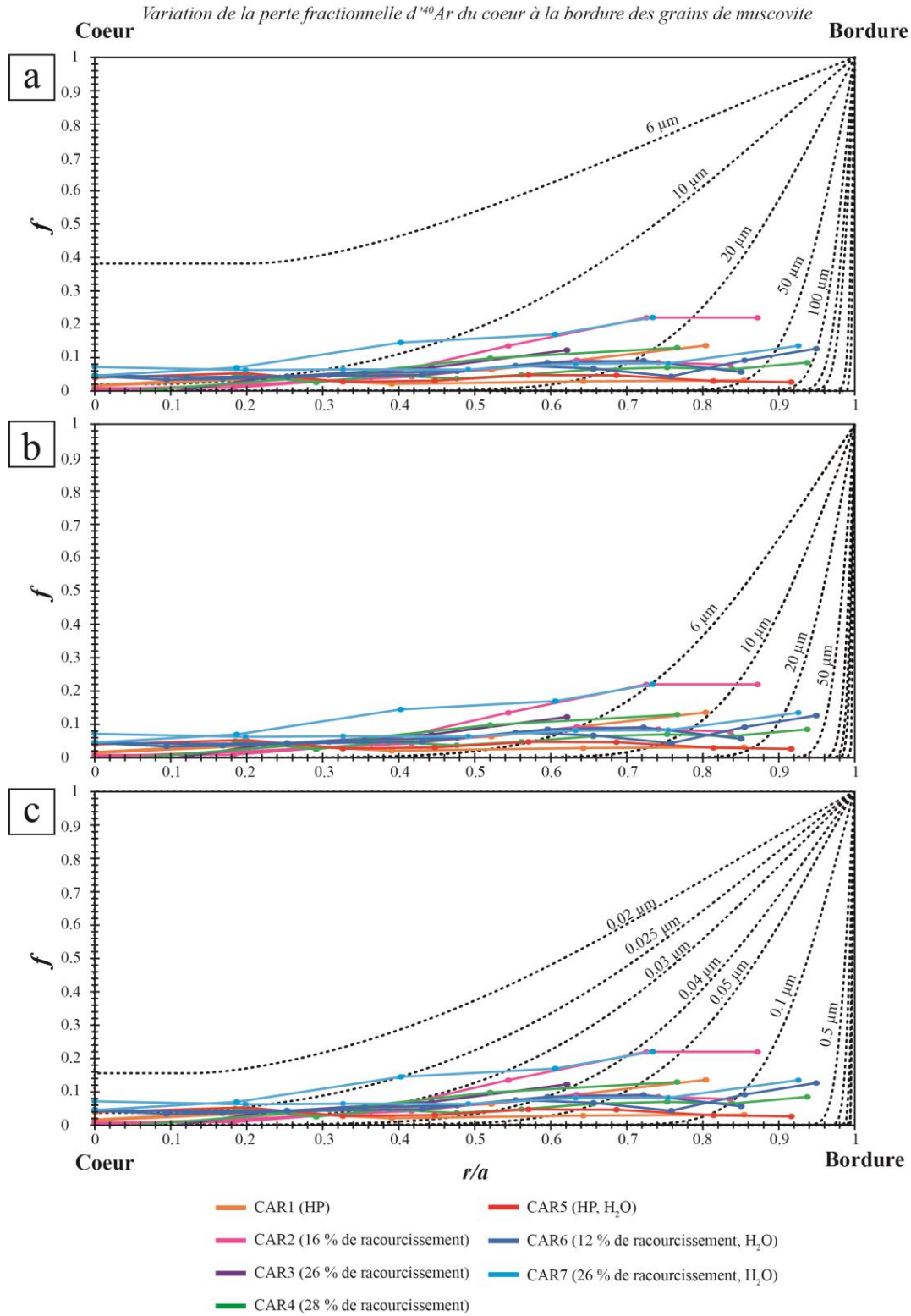


Figure 4-24 : Perte fractionnelle d'argon théorique et empirique en fonction de la distance fractionnelle entre le coeur et la bordure des grains de muscovite. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (a), de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (b) et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (c).

échantillon	type exp	taille du gradient (rayon du grain en μm)	nb de mesure par gradient	Référence figure
CAR1-1	HP	340	4	14e
CAR1-2	HP	358	5	14d
CAR2-1	16%	462	6	17a
CAR2-2	16%	523	7	17a
CAR3-1	26%	589	4	18d
CAR4-1	28%	534	9	20d
CAR4-2	28%	194	4	20d
CAR5	HP	682	8	16b
CAR6-1	12%	519	10	21h
CAR6-2	12%	447	8	21a
CAR7-1	26%	399	5	22b
CAR7-2	26%	381	7	22d

Tableau 4-6 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la distance coeur-bordure des muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig.4-24)

Cette analyse indique clairement que la diffusion volumique ne peut pas expliquer à elle seule les pertes observées, à moins qu'un effet de structure (liée à la déformation) n'ait réduit la taille effective de diffusion sous la taille physique apparente des grains. Les observations en microscopie optique et imagerie SEM n'ont pas permis d'identifier des structures de cette taille, quel que soit l'échantillon étudié, ce qui pose la question de leur nature physique. L'imagerie à très haute résolution comme le TEM pourrait répondre à cette question. En particulier, la formation de défauts étendus matérialisés par des délaminations locales le long de (001) pourrait amplifier la diffusivité d'un facteur 6 à 10 ordres de grandeur (Nteme et al., 2023), de la même façon que documenté par Kramar et al. (2003) sur des muscovites naturellement déformées. Ce point est repris et discuté plus bas. Cependant, les paramètres de diffusion tenant compte de cet effet dans Nteme et al. (2023) correspondent globalement aux valeurs de Hames et Bowring (1994) adoptées dans nos calculs. Un autre facteur supplémentaire doit être recherché pour expliquer l'amplitude et la variabilité des pertes observées.

4.4.3.3. Effet de l'eau

L'eau est connue pour affecter la rhéologie en favorisant la mobilité ionique (par dissolution-transport-diffusion) et accélérant les transformations sous contrainte (recristallisation des phases hors équilibre). Griggs (1967), puis Tullis et Yund (1980) ont montré que l'eau facilitait la déformation des roches via un adoucissement rhéologique, avec un effet contrôlé par la vitesse de déformation, la pression et la température. Plusieurs autres études ont ensuite confirmé que la quantité d'eau agit sur la résistance du matériau lors de sa déformation (Kekulawala et al., 1981 ; Kronenberg et Tullis, 1984 ;

Han et al., 2013 ; Palazzin et al., 2018 ; Pongrac et al., 2022). Cet effet a seulement été documenté pour le quartz, et par conséquent pour les roches felsiques, puis décrit sous le terme d'adoucissement hydrolytique. Warren et al. (2011) ont documenté que de l' ^{40}Ar en excès pouvait diffuser (1) du fluide (présent aux joints de grains) vers la muscovite, (2) inversement de la muscovite au fluide interstitiel. La quantité d' ^{40}Ar pouvant diffuser dans un grain dépend des conditions P-T, du rayon du grain, de la concentration d' ^{40}Ar aux joints de grain (liée notamment à l'écoulement du fluide), de la composition du fluide et du coefficient de partage.

Dans notre cas, l'analyse des structures de déformation, ainsi que la comparaison des âges entre les échantillons hydratés et secs montrent une distribution plus hétérogène et des pertes plus importantes (4.7 à 7.5 %) dans les échantillons hydratés que dans les expériences sans eau ajoutée. Bien que moins prononcées, ces pertes sont aussi documentées pour les expériences statiques (3.5 à 4.1 %). Ceci suggère un rôle non négligeable de l'eau dans la mobilité de l'argon aussi bien dans les expériences statiques que dynamiques. L'effet plus prononcé pour les expériences dynamiques laisse supposer que l'eau entraîne un effet de couplage (direct ou indirect) entre processus de déformation et pertes en $^{40}\text{Ar}^*$ induites.

4.4.3.4. Effet de la déformation

La répartition de la déformation et des âges montrent des distributions particulières qu'il est possible de comparer afin de déterminer si elles sont liées. CAR3 est l'échantillon présentant le plus clairement une distribution de la déformation hétérogène. En particulier, cet échantillon permet de distinguer les structures liées à la déformation cassante de celles liées à la déformation plastique et de faire le lien entre les processus multi-échelles associant la déformation aux phénomènes de perte.

La déformation où le régime cassant prédomine se traduit par la présence de fissures et de kinks potentiellement responsables de la réduction de la distance de diffusion intra-cristalline et de la formation de sous-domaine de diffusion (fig. 9 a et b) (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Wilson, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Kronenberg et al., 1990 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Kramar et al., 2001 ; Mulch et al., 2002 ; Kramar et al., 2003 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Mariani et al., 2006 ; Cosca et al., 2011 ; Ceccato et al., 2022). Toutefois, les variations d'âges ne montrent pas de corrélation simple (directe) avec les structures liées au régime cassant (fig. 10 a et 19d et fig. 10b et 19b). Les bandes et zones de cisaillement ainsi que les micas de forme sigmoïdale (fig. 9, 10c et d et 11) traduisent à l'inverse une déformation où le régime plastique prédomine et sont corrélés avec des âges plus récents (fig. 18a et 19). Dans nos échantillons, les pertes enregistrées sont spatialement variables et localement de grande intensité (jusqu'à 45 % de perte d'argon maximum, en relation avec l'intensité de déformation plus importante) et indiscutablement associées, spatialement, à des microstructures induites (CAR3 et CAR7 ; fig. 19).

Les échantillons CAR2, CAR4 et CAR6 (16 % et 28 % de déformation sans eau ajoutée et 12 % de déformation avec 0.2 % mass d'eau) ne présentent pas ou très peu de structures de déformation

(fig. 8d, f et g). Toutefois, un rajeunissement des âges est nettement visible (fig. 17, 20 et 21). La répartition des pertes montre qu'il n'y a pas de lien systématique entre les quelques microstructures et les âges apparents associés mais il semble y avoir une dépendance au régime de déformation (cassant vs. plastique). Cette différence pourrait s'expliquer par l'existence d'une échelle de diffusion plus réduite que la taille apparente des grains de muscovite. Ainsi, la structure des muscovites est sans doute plus complexe qu'un cristal de muscovite parfait. Cependant, aucune structure de taille inférieure à la taille apparente des grains de muscovites n'est observée.

La comparaison des spectres des expériences sans eau ajoutée (CAR2, CAR3 et CAR4), qui ont subi les mêmes conditions de déformation mais pour des quantités de raccourcissement différentes (respectivement 16 %, 26 % et 28 % de raccourcissement) ne montre pas de lien clair entre la quantité de raccourcissement et les pertes obtenues (fig. 12). A l'inverse, les deux expériences de déformation avec 0.2 % mass d'eau ajoutée (CAR6 et CAR7) montrent une corrélation entre la quantité de raccourcissement appliquée et les pertes enregistrées (fig. 15).

4.4.3.5. Interaction des paramètres investigués

Les expériences en presse de Griggs permettent de maîtriser (donc d'évaluer) les variables intensives conduisant ou présidant à la déformation dans des conditions proches de (ou recouvrant) la transition entre régime plastique/visqueux et cassant/fragile en milieu naturel. En revanche, la complexité texturale et multiphasée des échantillons de départ complique considérablement la réponse isotopique mesurée via le rajeunissement partiel du système K-Ar des micas. A ce titre, nos expériences documentent l'interaction (ou superposition) des facteurs étudiés, à savoir dans notre cas, la température, la déformation et la présence/absence d'eau ajoutée.

Alors que l'effet de la température seul a été ici estimé à partir des expériences de recuit statique (« hot-pressing »), l'effet de la déformation sur les pertes d'argon a tout d'abord été estimé en comparant les âges des différents échantillons déformés (CAR2, CAR3 et CAR4) avec ceux de l'échantillon statique (CAR1) sans eau ajoutée (fig. 4-25). Ces expériences de déformation entraînent un rajeunissement significatif, celui-ci augmentant avec la déformation (6.3 % de perte globale pour 28 % de déformation). Cependant, les pertes induites sont dues aux effets conjugués de la déformation et de la température, les effets de cette dernière étant déjà apparents pour l'expérience *hot-pressing*.

L'effet de l'eau a, quant à lui, pu être estimé indépendamment de la déformation via, d'une part, les expériences statiques avec (CAR5) ou sans (CAR1) eau ajoutée, et d'autre part, grâce à des expériences de déformation sériées avec (CAR7) ou sans (CAR4) eau ajoutée pour des quantités de raccourcissement similaires. Dans tous les cas, les pertes globales d'Argon sont sensiblement plus significatives en présence d'eau, à savoir 4.1 % (contre 3.5%) en conditions statiques et 7.5% (contre 6,3%) en conditions dynamiques.

La figure 4-25 synthétise les spectres d'âges enregistrés dans quatre des échantillons (matériau de départ, CAR1, CAR4 et CAR7) et permet d'illustrer l'effet des différents paramètres investigués (température, déformation et eau ajoutée). Les pertes d'argon liées à la température sont schématisées par la zone rouge entre les spectres du matériau de départ (SM) et de l'expérience statique sans eau ajoutée (CAR1). Alors que l'effet de la température se distribue de façon homogène dans l'échantillon CAR1, l'effet de la déformation (associé à la température) est plus hétérogène et mis en évidence par la zone grise entre CAR1 et CAR4 (perte maximale de 38.4 % vs. 13.6 % pour CAR1). Quant à l'effet de l'eau, il est symbolisé par la zone bleue entre les expériences de déformation CAR4 et CAR7, cet effet se distribuant de façon homogène au sein de l'échantillon CAR7. Nos résultats montrent donc que la déformation domine et/ou accentue le mécanisme de perte. Toutefois, les trois paramètres sont interconnectés et c'est en superposant leurs différents effets que le rajeunissement est maximal, comme le démontre CAR7 qui enregistre la perte d'argon la plus importante de toutes les expériences (jusqu'à 44.9 % de perte).

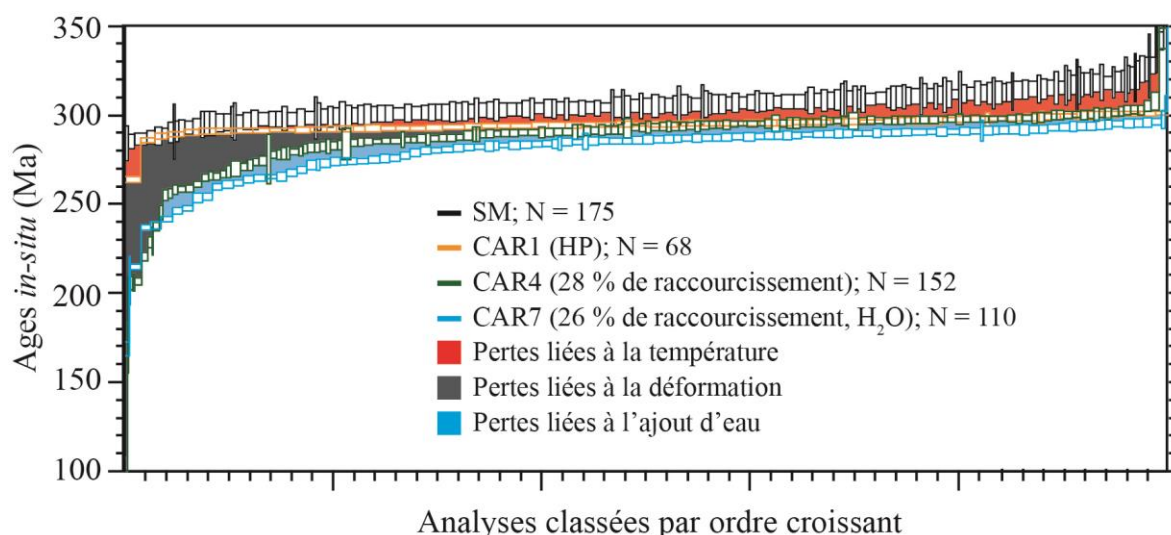


Figure 4-25 : Diagramme synthétique reportant les résultats des distributions des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de plusieurs échantillons (matériau de départ, CAR1, CAR4 et CAR7) et permettant d'illustrer l'effet des différents paramètres investigués (température, déformation et eau ajoutée) sur les gammes d'âges (pertes) induites lors des expériences. Les pertes les plus prononcées sont associées aux échantillons les plus déformés. La température et l'eau montrent des rajeunissements homogènes entre SM et CAR1 (zone rouge) et entre CAR4 et CAR7 (zone bleue). La déformation présente un rajeunissement hétérogène au sein des échantillons (zone grise).

Vis-à-vis de la distribution spatiale, les âges des expériences statiques (CAR1 et CAR5) sont répartis de manière globalement homogène, bien que certains âges plus récents soient observés localement en bordure de muscovite. Au contraire, la distribution des âges de nos échantillons déformés (CAR2, CAR3, CAR4, CAR6 et CAR7) est beaucoup plus étendue, bien plus hétérogène et diffère selon les échantillons. Deux échelles de variations ont pu être identifiées : (1) celle du grain avec un rajeunissement du cœur vers la bordure et (2) celle des zones de cisaillement, avec un rajeunissement

des âges vers le cœur des bandes. Toutefois, des gradients intra-grains ne sont pas systématiquement apparents, ce qui laisse à penser que l'orientation cristallographique du grain par rapport aux contraintes locales peut jouer un rôle dans la réponse isotopique à la déformation, en plus de la diffusion.

4.4.4. Mécanismes liés aux pertes d'Ar

Contrairement à l'eau et à la température, l'effet de la déformation est réparti de façon beaucoup plus hétérogène dans les échantillons et au sein même des muscovites. Nos expériences (avec et sans eau ajoutée) montrent qu'il est possible de générer des structures de déformations associées à un rajeunissement localisé de l'âge K-Ar des micas blancs, à l'instar de ce qui est observé dans les cas de déformation naturelle sous des conditions P - T analogues ou moins prononcées (globalement autour de la transition plastique-fragile). L'observation des variations d'âges intra- et inter-muscovites a mis en évidence une corrélation spatiale entre les âges et les structures de déformation, qui dépend en partie du régime ainsi que de la quantité de déformation appliquée. La forme complexe des gradients d'âges, et donc de concentration d'argon, indique que la mobilité de l'argon n'est pas contrôlée par un mécanisme de diffusion volumique seul (lié à la température dans nos expériences ; cf section 4.4.3.2). L'instabilité thermodynamique est un facteur de complication potentiel majeur à travers les réactions et échanges chimiques qu'elle peut engendrer (Harrison et al., 1985 ; Scailliet et al., 1992). L'homogénéité chimique des échantillons constatée avant et après expérience exclut cependant ce facteur comme mécanisme principal (fig. 3 et 6, table 3), même s'il faut préciser que la chimie des éléments majeurs ne permet pas forcément de détecter les modifications faisant intervenir des échanges hydrolytiques.

Comme discuté au Chapitre 2 (Section 2.1.3), les différents mécanismes de déformation peuvent engendrer : soit (1) la réduction de taille de grain (cataclase, kinks, fissures ou encore recristallisation), et la capacité rétentive via la diffusion d'Ar (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Wilson, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Mulch et al., 2002 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Passchier et Trouw, 2005 ; Mariani et al., 2006 ; Keulen et al., 2007 ; Hadizadeh et al., 2015 ; Ceccato et al., 2022) ; soit (2) des mouvements de dislocations (glissements et montées de dislocations) en favorisant la diffusion le long de défauts mobiles (Bell et al., 1986 ; Lovera et al. 1989 ; Lee, 1995 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Passchier et Trouw, 2005). Ces deux types de mécanismes, identifiés au sein de nos échantillons avec la présence de kinks et de bandes de cisaillement, ont très vraisemblablement joué un rôle dans les pertes engendrées.

La description qui en rend le mieux compte à l'heure actuelle est celle dite de "diffusion multi-chemins" (cf. Lee 1995) faisant intervenir simultanément :

(1) La diffusion volumique thermiquement activée;

(2) La diffusion via des défauts et dislocations selon des voies dites de diffusion rapide ("fast pathways"). Celles-ci sont liées à la présence de défauts au sein des structures cristallines des minéraux.

Ces défauts sont particulièrement abondants dans les cristaux naturellement déformés (Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Kramar et al., 2003 ; Aslin et al., 2019), leurs interconnexions créant des chemins préférentiels par lesquels la diffusion se fait de manière plus rapide (Bell et al., 1986 ; Lovera et al. 1989 ; Lee, 1995 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Mulch et al., 2002 ; Passchier et Trouw, 2005) ; ces défauts peuvent par ailleurs accentuer la mobilité de l'argon en bordure de grains là où leur densité est plus importante, favorisant les échanges avec l'extérieur entre les surfaces inter- et intraphases (Harrison, 1960 ; Dohmen and Milke 2010 ; Zhang, 2010). Ces échanges sont d'autant plus importants en présence d'un fluide aux joints de grains comme cela est le cas dans nos expériences hydratées (CAR5, CAR6, CAR7).

Les fortes pertes obtenues et leur distribution spatiale particulière lors de nos expériences de déformation plaident en faveur de la diffusion multi-chemins (cf. Lee 1995). En effet, les prédictions des calculs théoriques dans les conditions d'expérience ne peuvent expliquer à elles seules les fortes pertes observées, sauf à considérer l'existence (ou la création) de sous-domaines de diffusion de taille très inférieure à la taille physique des grains (fig. 23 et table 4). Les rajeunissements et pertes enregistrées peuvent s'expliquer par ces voies de diffusion rapide en association avec l'effet thermique activant la diffusion volumique et le transfert effectif vers les défauts microstructuraux/intracrystallins induits lors de l'expérience. Une étude plus approfondie de ces mécanismes requiert une résolution plus fine que celle appliquée ici, notamment via la microscopie électronique à transmission (TEM) qui permettrait d'affiner la nature (structure et la densité) des défauts/dislocations induits lors des expériences (Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Kramar et al., 2003 ; Grubber et al., 2016 ; Aslin et al., 2019).

4.5. Conclusion

L'analyse de la mobilité de l'argon, via la datation *in-situ*, couplée à l'analyse de la distribution de la déformation dans des échantillons de granite déformé ont mis en évidence :

- (1) Des rajeunissements et donc des pertes d' ^{40}Ar significatives engendrés durant les expériences de déformation. La distribution spatiale des âges montre des variations inter et intra-grains indiquant une mobilité de l'argon à plusieurs échelles (intra-grain et à l'échelle des échantillons, mm) contrôlée par de multiples mécanismes. Nos expériences documentent ainsi l'interaction (ou superposition) des facteurs étudiés, la déformation étant le paramètre majeur dans le contrôle de l'intensité des pertes. La présence d'eau et la température contribuent aussi aux pertes d'argon, mais ne suffisent pas à engendrer des rajeunissements équivalents à ceux de la déformation.
- (2) Le lien entre les microstructures induites par la déformation et la répartition spatiale des âges apparents est influencé par le régime de déformation. Ainsi, lorsque les échantillons sont déformés dans des conditions apparentées au régime cassant, aucun lien systématique n'est

observé. A l'inverse, lorsque le régime de déformation plastique est dominant, la distribution spatiale des âges est concordante avec la présence de zones déformées. La localisation de la déformation est ici contrôlée par l'agencement textural des phases résistantes et ductiles à l'échelle du grain.

- (3) Les simulations basées sur un calcul de diffusion pure et sur les paramètres de diffusion de la littérature (Hames et Bowring, 1994; Harrison et al., 2009; Nteme et al., 2022) montrent que la diffusion volumique ne suffit pas à expliquer les pertes d'argon induites lors des expériences. Les pertes d'argon témoignent d'un mécanisme plus complexe combinant des voies de diffusion rapide à la diffusion volumique thermiquement activée (diffusion multi-chemins ; Lee, 1995). Pour confirmer cette hypothèse, il serait nécessaire de réaliser de l'imagerie à l'échelle nanométrique, notamment avec un microscope à transmission électronique (TEM) pour analyser et quantifier les défauts cristallins induits (Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Onstott et al. 1991 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Kramar, 2003).

Chapitre 5 : Déformation expérimentale d'un gneiss folié : effet de l'anisotropie sur la distribution des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les muscovites

5.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que la déformation des micas blancs dans un granite isotrope aboutit à des pertes significatives d'Argon. Les pertes maximales (supérieures à 45 %) ont été obtenues en combinant les effets de température, déformation et d'ajout d'eau. En particulier, les relations entre la répartition de la déformation et des âges apparents révèlent des corrélations intergranulaires en fonction de la distance aux structures de déformation induites, avec des gradients d'âge localement associés à des microstructures localisées. Toutefois, cette corrélation est parfois ambiguë, en particulier vis-à-vis de l'orientation initiale des micas. Celle-ci semble avoir un impact sur l'intensité et la localisation de la déformation et, indirectement, sur les âges. L'étude des effets de fabrique – ou d'orientation préférentielle – reste compliquée dans un échantillon (macroscopiquement) isotrope du fait de la faible probabilité (1) d'avoir des grains favorablement orientés vis-à-vis de la contrainte appliquée, et (2) d'en observer les effets structuraux et isotopiques dans l'état fini compte tenu du faible volume de la charge utile (qui ne permet pas de garantir des coupes optimales).

Ce chapitre aborde cette question à travers une approche dédiée appliquant les mêmes contraintes expérimentales que le chapitre précédent (pression, température, vitesse de déformation, durée, eau ajoutée, etc.) sur un matériau de départ possédant une fabrique anisotropique initiale (gneiss) susceptible d'amplifier les effets de structure (instabilités mécaniques, déformation) et leur impact sur l'enregistrement isotopique en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

5.2. Matériau de départ et conditions expérimentales

5.2.1. Choix et caractérisation du matériau de départ

Le matériau de départ choisi pour étudier l'effet de l'orientation des minéraux sur la distribution de la déformation est un orthogneiss à forte fabrique de forme anisotropique remplissant les mêmes critères que précédemment exposés dans le chapitre 4 (section 4.2) : (1) abondance de micas blancs ; (2) taille de grain millimétrique compatible avec les contraintes d'espace de la presse de Griggs et la mesure $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ*; (3) homogénéité initiale en âge et composition chimique; (4) âge suffisamment vieux afin d'optimiser les contrastes et variations isotopiques vis-à-vis de la composition de départ.

Notre choix s'est porté sur un orthogneiss provenant du sud de la Norvège (région de Rogaland, fourni par Espen Torgersen) et possédant une fabrique anisotropique planolinéaire prononcée (fig. 5-1).

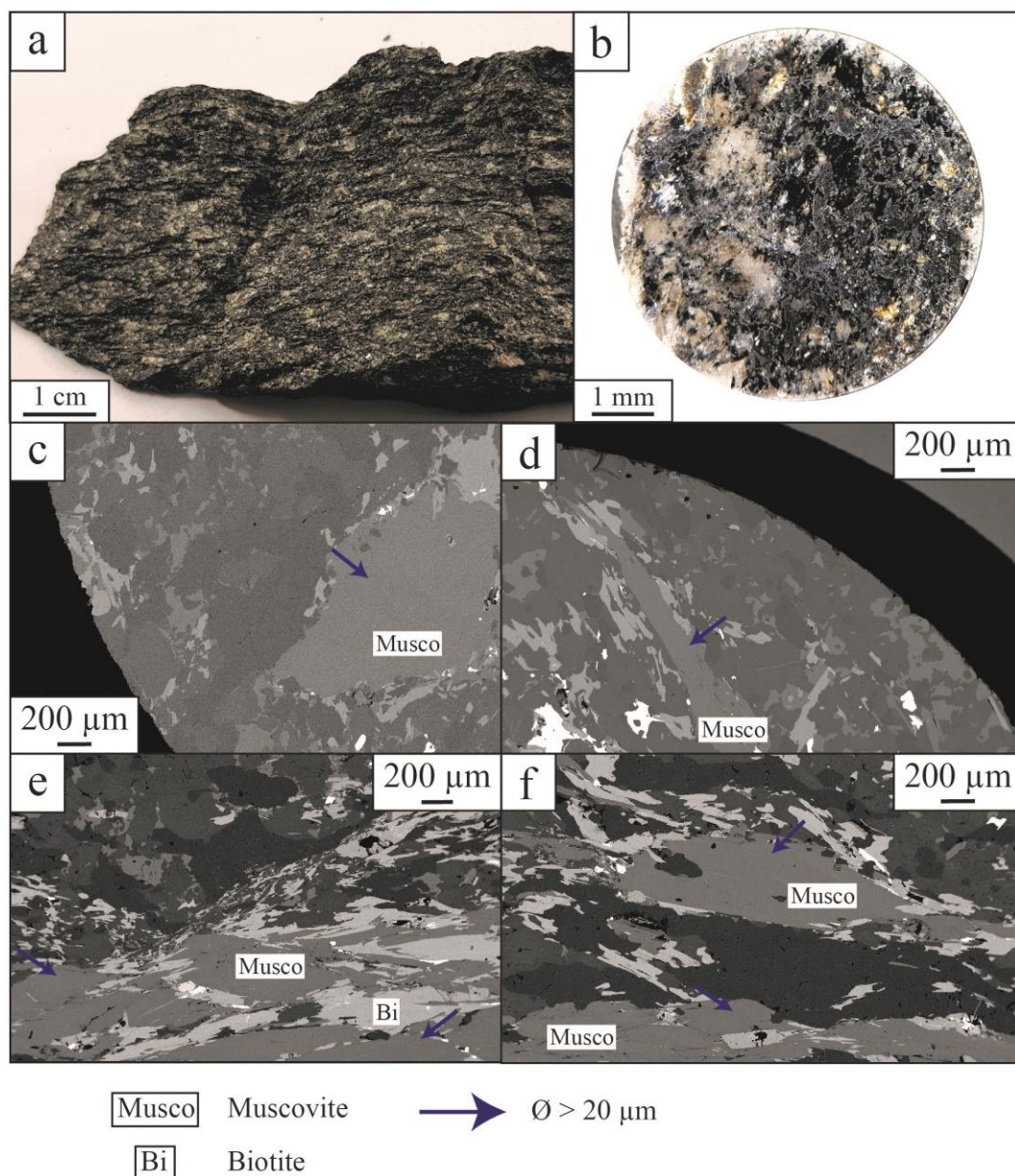


Figure 5-1 : Gneiss de Norvège servant de matériau de départ des expériences sur un matériau pré-déformé anisotropique. (a) échantillon macroscopique du gneiss sélectionné. (b) disque de roche (6 mm de diamètre) foré dans le gneiss puis utilisé pour la datation des micas blancs. (c) et (d) photos SEM dans le plan de foliation (001). (e) et (f) photos SEM dans le plan normal au plan de foliation. Ce gneiss possède de nombreux micas blancs et noirs souvent associés. La flèche bleue témoigne de taille de grain/sous-domaine supérieure à 20 µm.

La granulométrie est micro- à millimétrique avec une foliation matérialisée par l'alternance de niveaux riches en feldspaths potassiques, quartz et plagioclase d'une part, et de niveaux riches en micas (micas blancs et biotite) d'autre part. Les grains de micas blancs de taille millimétrique se présentent sous deux formes : (1) en tablettes xénomorphes dans les niveaux leucocrates pauvres en micas ; (2) sous forme sigmoïdale dans les niveaux micacés (fig. 5-1e et f et 5-2). Les niveaux riches en micas blancs présentent des bandes de cisaillement et sont associés à de la biotite (fig. 5-1e et f et 5-2).

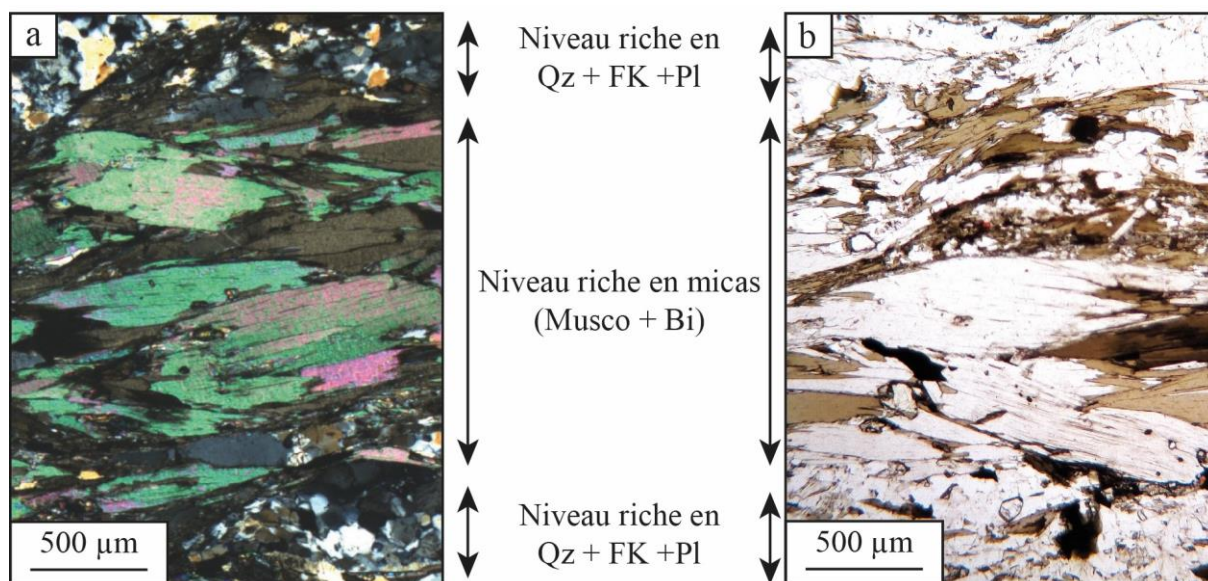


Figure 5-2 : Photos du matériau de départ prises au microscope optique en LPA (a) et LPNA (b) La foliation se compose d'une alternance de niveaux riches en micas (biotite + muscovite) et de niveaux riches en quartz et feldspaths.

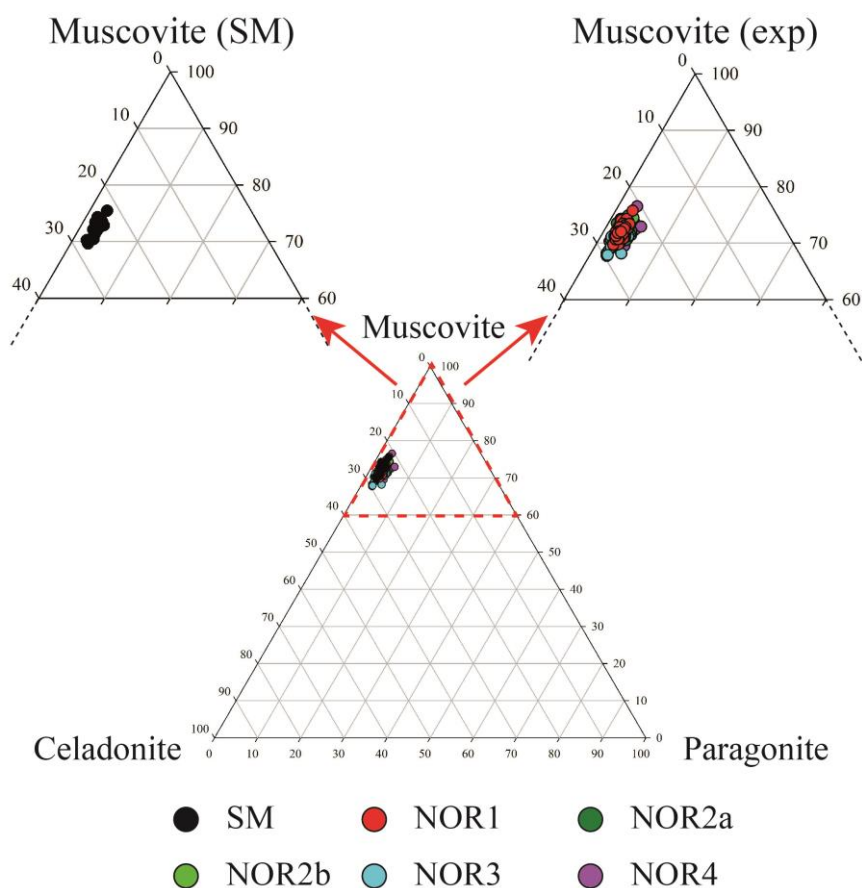


Figure 5-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition des muscovites du gneiss de Norvège (SM) et dans les échantillons expérimentaux NOR1, NOR2a et b, NOR3 et NOR4. La muscovite présente une composition homogène sur l'ensemble des échantillons avec une faible variation ($< 1.5\%$) des éléments majeurs analysés (voir tableaux 5-1 et 5-3).

Composition chimique	
	SM
SiO_2	46.59
Al_2O_3	28.19
TiO_2	1.02
FeO	6.00
MgO	1.82
MnO	0.05
CaO	0.00
Na_2O	0.26
K_2O	10.86
F	0.00
Cl	0.00
Total	94.79
Formule structurale normalisée à 11 cations	
	SM
Si	3.21
Al (IV)	0.79
Al (VI)	1.50
Ti	0.05
Fe	0.35
Mg	0.19
Mn	0.00
Ca	0.00
Na	0.03
K	0.96
F	0.00
Cl	0.00

Tableau 5-1 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur les muscovites du matériau de départ (SM, pour "Starting Material") ($N = 39$ analyses ponctuelles).

La composition chimique modale des micas blancs se compose de 69.7 à 75.4 % de muscovite, avec 1.8 à 3.5 % de paragonite et 21.9 à 27.7 % de céladonite (fig. 5-3 ; tableau 5-1).

La datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ* des muscovites du matériau de départ (sans traitement) a été entreprise de façon à caractériser précisément la composition de départ et valider l'homogénéité isotopique requise comme point de référence.

L'analyse $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ* sur une section polie de roche coupée dans le plan (001) des muscovites indique une distribution spatiale des âges homogène à l'échelle des gains individuels comme de la section, remplissant ainsi les conditions d'homogénéité requises (fig. 5-4). Les 263 mesures

réalisées donnent un âge moyen de 426.5 ± 4.0 Ma avec un indice de dispersion (MSWD) de 2.54 compatible avec une population homogène à 95 % de confiance (fig. 5-4 ; TGA : total gas age).

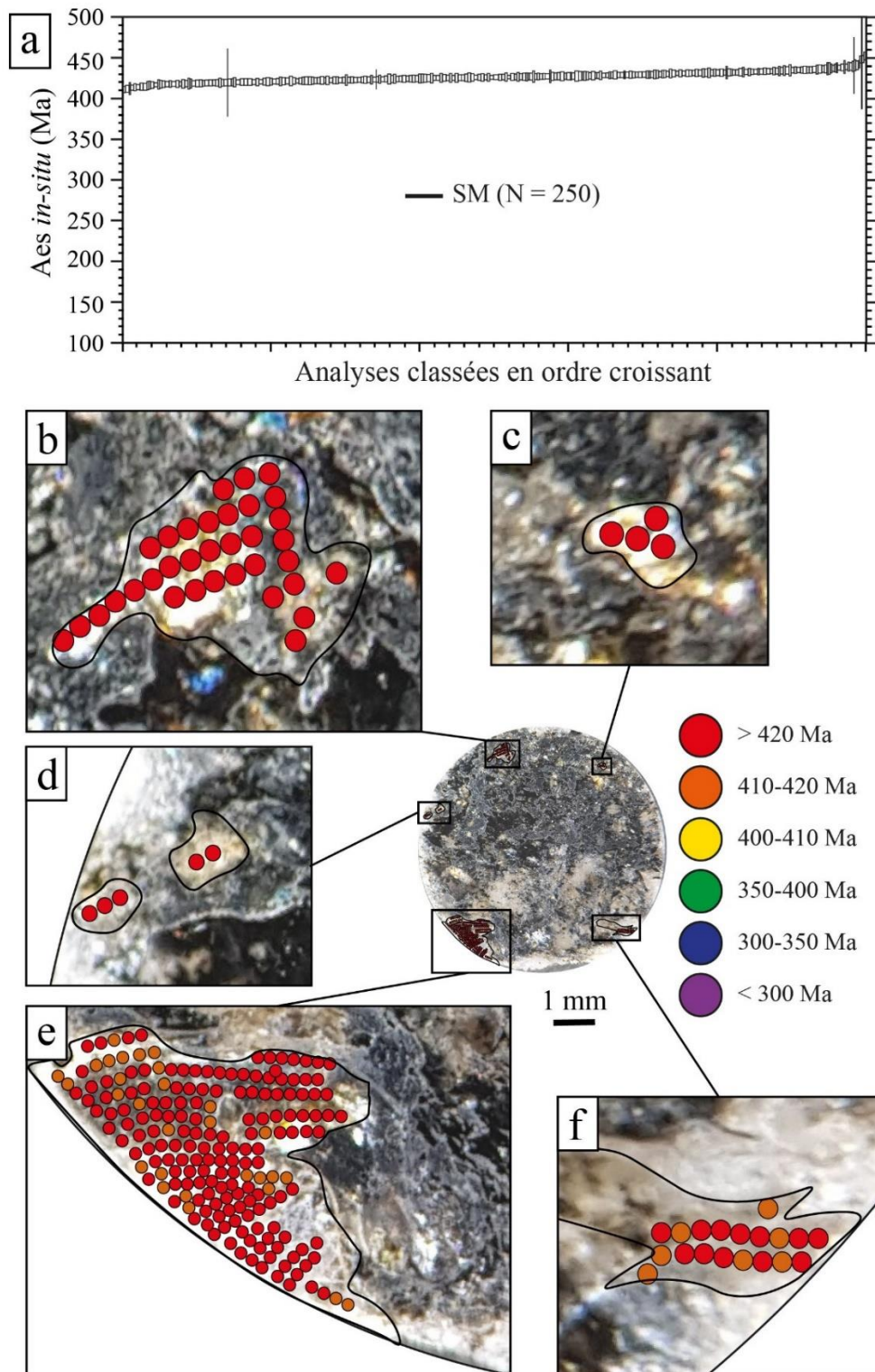


Figure 5-4 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ des muscovites de l'échantillon de gneiss de Norvège utilisé comme matériau de départ dans les expériences de déformation. (a) Spectre des âges classés par ordre croissant. ((b), (c), (d), (e) et (f) répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein du matériau de départ. La distribution des âges est plutôt homogène.

5.2.2. Conditions expérimentales

Les conditions expérimentales utilisées pour ce chapitre sont identiques au chapitre 4, à savoir 650 °C pour une vitesse de déformation constante de 1.10^{-6} s^{-1} . Seule la pression a été sensiblement augmentée à 1.5 GPa pour limiter autant que possible les phénomènes de déformation cassante. De même, les expériences « hydratées » de ce chapitre comprennent une fraction d'eau ajoutée de 0.1 % en masse, afin de pouvoir comparer les résultats sur une base commune. L'ajout d'eau concerne tous les échantillons, la comparaison système hydraté vs. non-hydraté n'ayant pas été entreprise ici.

La déformation appliquée est coaxiale, avec le plan de fabrique initiale (foliation) orienté perpendiculairement à la contrainte principale. Quatre expériences ont été menées : (1) une expérience statique (sans déformation appliquée) pour isoler les effets de température ; (2) une expérience s'arrêtant au pic de contrainte (seuil de plasticité) afin d'observer les structures pour une faible quantité de déformation ; et (3) deux expériences de déformation avec des quantités de raccourcissement différentes (16 et 32 %, comparables aux quantités de raccourcissement du chapitre 4). La liste et les conditions des quatre expériences réalisées sont données dans le tableau 5-2.

Nom des expériences	Matériau de départ	T (°C)	P (kbar)	Eau ajoutée (%mass)	Type d'expérience	Quantité de déformation	Durée (h)	Vitesse de déformation (s^{-1})	Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$
NOR1	gneiss	650	15	0.1	Recuit statique	HP	182	-	Oui
NOR2	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	Pic de contrainte ~ 4 %	85	1.10^{-06}	Oui
NOR3	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	16 %	143	1.10^{-06}	Oui
NOR4	gneiss	650	15	0.1	Déformation coaxiale	32 %	182	1.10^{-06}	Oui

Tableau 5-2 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir d'un échantillon pré-déformé (gneiss). [HP : hot pressing (expérience statique)].

A la fin des expériences, les assemblages post-expérimentaux contenant les échantillons ont été auscultés avec soin afin de déceler l'éventuel endommagement de l'assemblage de confinement (fig. 5-5). De fait, la chemise de platine de NOR1 (expérience statique) présente une grande fissure juste au-dessus de sa base impliquant la perte d'étanchéité durant l'expérience. Les chemises de platine des expériences en déformation dynamique (CAR2, CAR3 et CAR4) épousent la forme des échantillons déformés sans rupture apparente. Seule la chemise de NOR4 présente une petite fissure au-dessus de la marque du thermocouple avec rupture de l'étanchéité de la chemise.

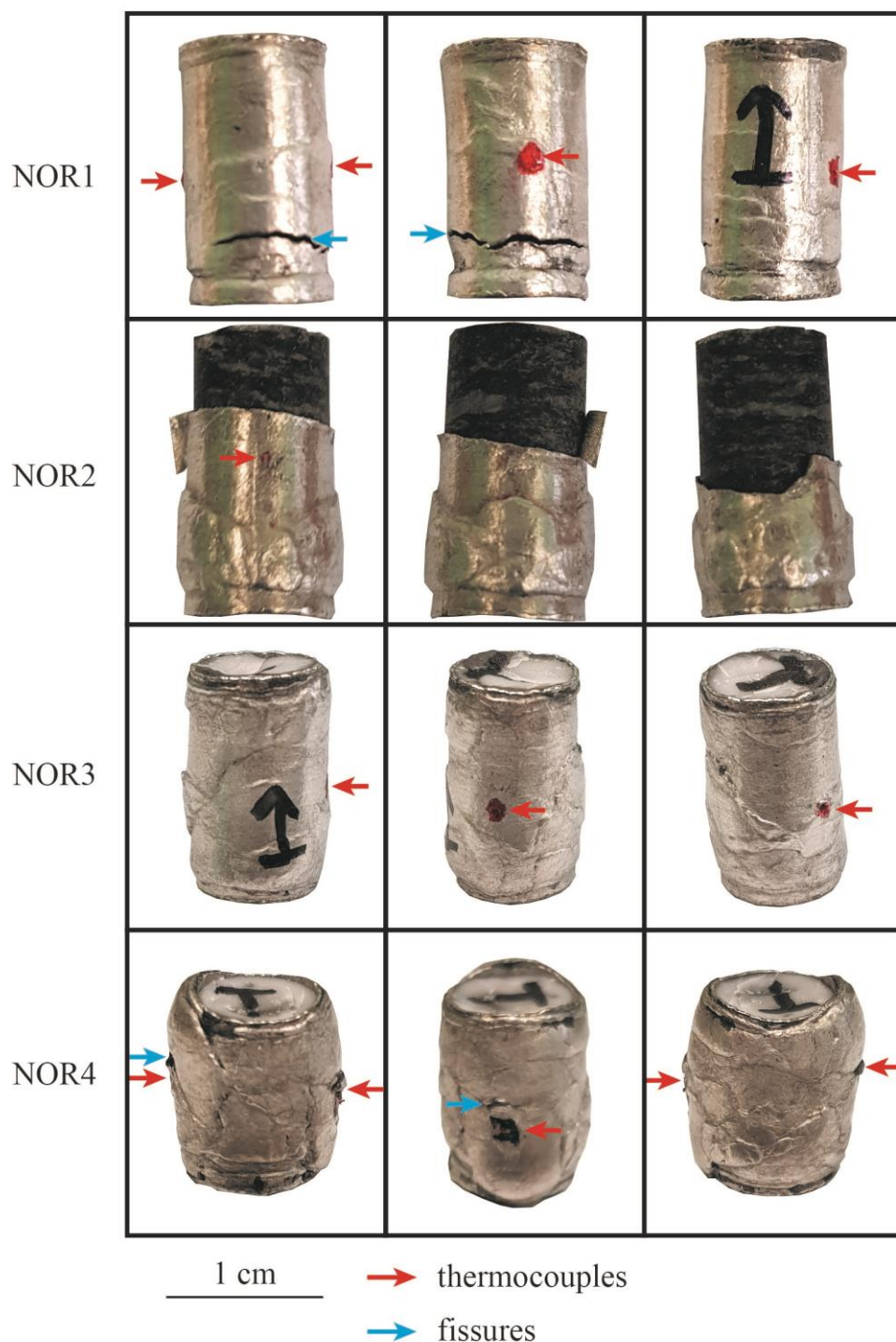


Figure 5-5 : Photos des assemblages post-expérimentaux. Les flèches de polarité indiquent le sommet (T) des assemblages, les flèches rouges montrent les emplacements des thermocouples et les flèches bleues montrent des fissures observées sur NOR1 et NOR4 à l'issue des expériences. La chemise de platine de NOR1 présente une grande fissure à sa base. Les chemises de platine des expériences de déformation (NOR2, NOR3 et NOR4) épousent les formes des échantillons déformés. La chemise de platine de NOR4 présente une petite fissure au-dessus de la marque du thermocouple.

Après la caractérisation des échantillons (SEM, microsonde, observations texturales et structurales), les échantillons ont été datés de manière *in-situ* à l'aide d'ablations laser de 50 μm (ou de

deux ablations couplées de 50 μm afin d'optimiser la résolution spatiale tout en assurant un rapport signal/bruit favorable). Les échantillons expérimentaux ont été datés dans le plan parallèle à la contrainte principale et orthogonalement au plan de clivage des micas.

5.3. Résultats

5.3.1. Chimie des micas traités

Des analyses chimiques de muscovites ont été réalisées (sur section de roche) à la microsonde dans le but d'identifier de possibles gradients chimiques intra et inter-grains à l'issue des expériences. Dans les échantillons déformés (NOR2, NOR3 et NOR4) ou en recuit statique (NOR1), les micas constituent une solution solide similaire d'un échantillon à l'autre, avec 67.7 à 76.5 % de muscovite, 1.3 et 5.3 % de paragonite et 20.6 à 29.6 % de céladonite (fig. 5-3, tableaux 5-1 et 5-3). Ces compositions sont très similaires à celles des micas blancs de départ (cf. fig. 5-3), sans gradient chimique ni aucune couronne réactionnelle observable dans le recuit statique (NOR1) ni les échantillons déformés (NOR2, NOR3 et NOR4). La composition chimique quasi-uniforme est similaire à la composition de départ indiquant la (méta)stabilité prononcée de cette phase dans les conditions P - T - ε appliquées.

Composition chimique des muscovites						
	SM	NOR1	NOR2a	NOR2b	NOR3	NOR4
SiO ₂	46,59	46,37	45,93	45,93	45,81	45,62
Al ₂ O ₃	28,19	27,96	28,15	28,06	27,69	28,10
TiO ₂	1,02	1,05	1,04	1,02	0,99	1,02
FeO	6,00	6,15	6,31	6,22	6,37	6,55
MgO	1,82	1,82	1,83	1,80	1,87	1,79
MnO	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Na ₂ O	0,26	0,27	0,28	0,26	0,28	0,31
K ₂ O	10,86	10,82	10,96	10,91	10,80	10,78
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	94,79	94,49	94,55	94,25	93,87	94,24
Formule structurale normalisée à 11 cations						
	SM	NOR1	NOR2a	NOR2b	NOR3	NOR4
Si	3,21	3,21	3,19	3,20	3,20	3,18
Al (IV)	0,79	0,79	0,81	0,80	0,80	0,82
Al (VI)	1,50	1,49	1,49	1,50	1,48	1,47
Ti	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fe	0,35	0,36	0,37	0,36	0,37	0,38
Mg	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
K	0,96	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96
F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 5-3 : Composition chimique des muscovites du gneiss de Norvège (SM), de l'expérience statique (NOR1), de l'expérience arrêtée au pic de contrainte (NOR2a et NOR2b) et des expériences de déformation coaxiale (NOR3 et NOR4) (moyenne sur 39, 69, 53, 50, 77 et 102 analyses respectivement).

5.3.2. Données mécaniques et comportement rhéologique

Les courbes mécaniques issues de nos expériences montrent un comportement globalement identique entre elles avec une forte augmentation de la contrainte différentielle jusqu'à 600-800 MPa pour une quantité de déformation d'environ 4-5 %, correspondant au seuil de plasticité des expériences (fig. 5-6). L'expérience NOR2 a été volontairement arrêtée à 5% de raccourcissement afin d'évaluer les effets atteints lors du pic de contrainte. Les deux autres expériences de déformation ont été prolongées au-delà pour atteindre des quantités de raccourcissement de 16 et 32 % (respectivement NOR3 et NOR4). Après avoir atteint le pic de contrainte, la contrainte différentielle reste plutôt stable pour les deux expériences de déformation, autour de 1000 MPa pour NOR3 et de 800 MPa pour NOR4. Ce comportement traduit un comportement transitionnel typique depuis une déformation élastique vers une déformation plastique. Cette différence de valeur de la contrainte différentielle (1000 MPa vs. 800 MPa)

peut s'expliquer par la localisation de la déformation à l'intérieur des échantillons et notamment des variations internes en lien avec l'agencement et la proportion des phases minérales au sein de chaque échantillon (cf. chapitre 4, section 4.2).

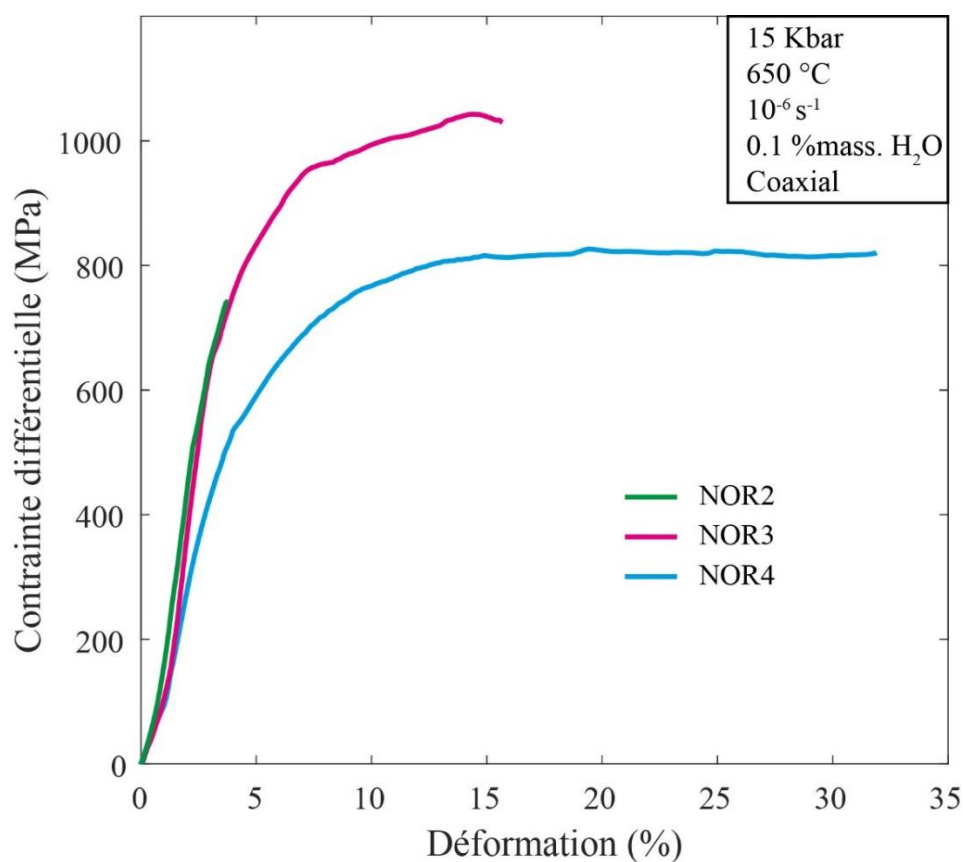


Figure 5-6 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation sur des échantillons de gneiss de Norvège (1.5 GPa, 650 °C). En vert : NOR2, l'expérience s'arrêtant au pic de contrainte ; en rose : NOR3, expérience avec 16 % de raccourcissement ; en bleu : expérience avec 32 % de raccourcissement.

5.3.3. Observations micro-structurales

Toutes les expériences réalisées à la presse de Griggs présentent des structures de déformation (kinks, bandes et zones de cisaillement) mises en évidence par les reconstructions 3-D (fig. 5-7), ces structures ne sont toutefois pas facilement distinguables de structures initiales. Les images SEM montrent en particulier des zones de cisaillement localisées ainsi que les structures induites par la déformation pour les différents échantillons étudiés.

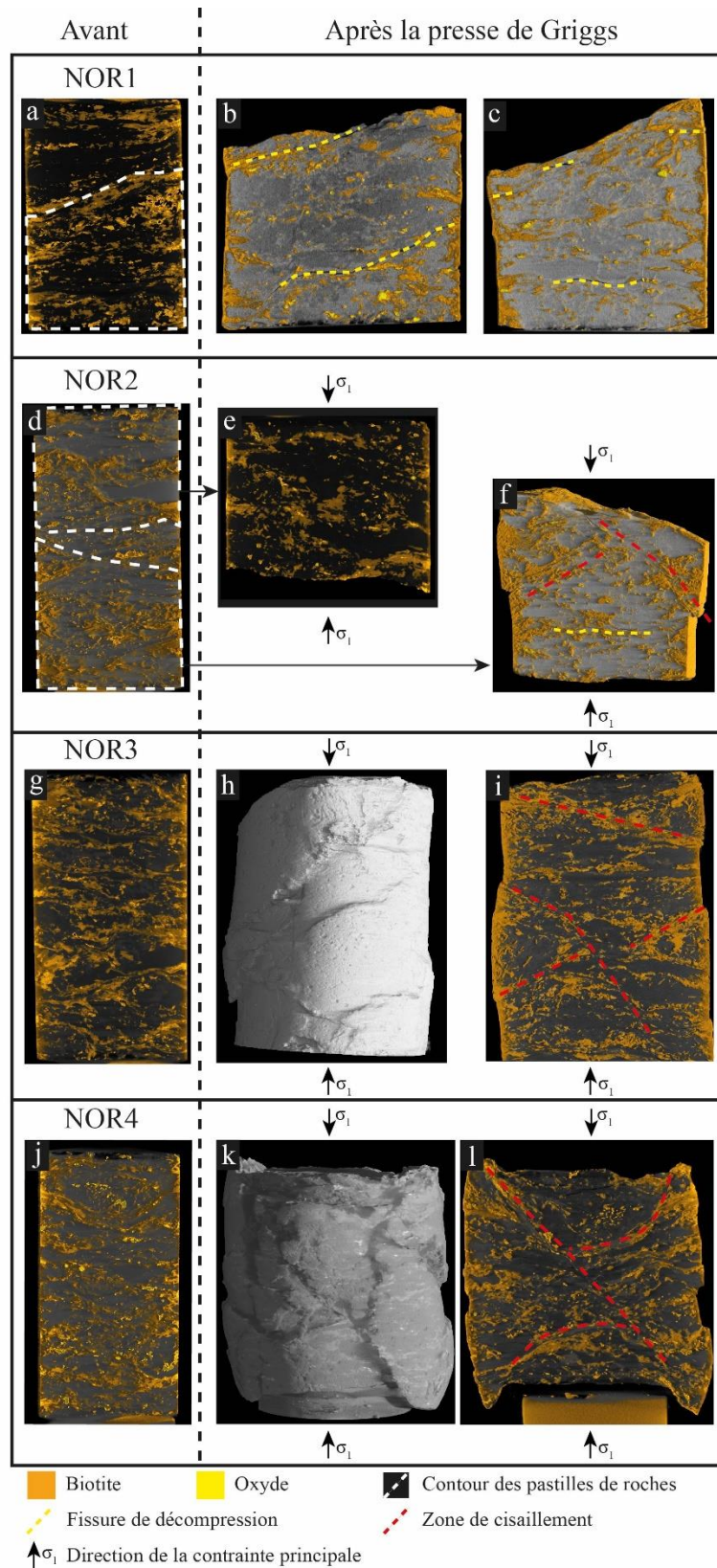


Figure 5-7 : Reconstruction tomographique des échantillons. (a), (d), (g) et (j) avant le passage à la presse de Griggs des échantillons NOR1, NOR2, NOR3 et NOR4 respectivement. (b), (c), (e), (f), (h), (i), (k) et (l) après les expériences. (e) correspond à NOR2a et (f) à NOR2b dans la suite des figures. Des zones de cisaillement conjuguées sont visibles dans les échantillons NOR3 et NOR4.

5.3.3.1. NOR1 (recuit pseudo-statique)

Sans déformation appliquée, la taille et la forme de l'échantillon restent très similaires avant et après expérience; l'échantillon est notamment fragile et se casse très facilement suite aux nombreuses fissures de décompression apparues durant l'expérience (fig. 5-7a, b et c).

Avec surprise, la fabrique planaire initiale n'est pas restée inchangée (vis-à-vis de celle du matériau de départ), l'alternance de niveaux riches en micas et de niveaux riches en quartz et feldspaths n'est plus aussi marquée et quelques bandes de cisaillement sont visibles (fig. 5-8a et b). Plusieurs muscovites présentent des déformations internes (fig. 5-2 vs. fig. 5-8b et c) mais de larges porphyroclastes de muscovite sont conservés (fig. 5-8c). De rares grains de quartz recrystallisés sont apparents en bordure des porphyroclastes de quartz (fig. 5-8 d).

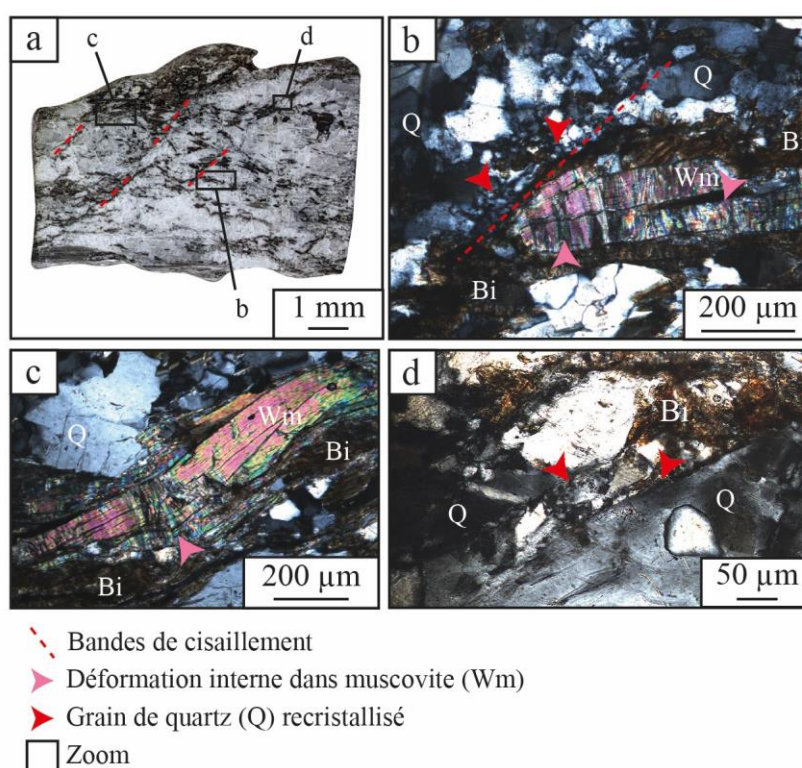


Figure 5-8 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR1 (expérience statique). Quelques bandes de cisaillement sont visibles dans l'échantillon (a) et (b). Certaines muscovites présentent des déformations internes (b) et (c). De rares porphyroclastes de quartz possèdent des grains recrystallisés à leur bordure (d). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite]

L'imagerie SEM ne montre pas aussi clairement les déformations internes dans les muscovites, mais révèle néanmoins quelques sous-domaines (volumes non-déformés délimités par les bordures de grains, les plans axiaux des kinks ou des bandes de cisaillement) aux abords des muscovites (fig. 5-9b, flèche jaune). La taille de ces sous-domaines varie localement et est inférieure aux tailles des muscovites préexistantes (e.g. inférieure à 5 µm, fig. 5-9b).

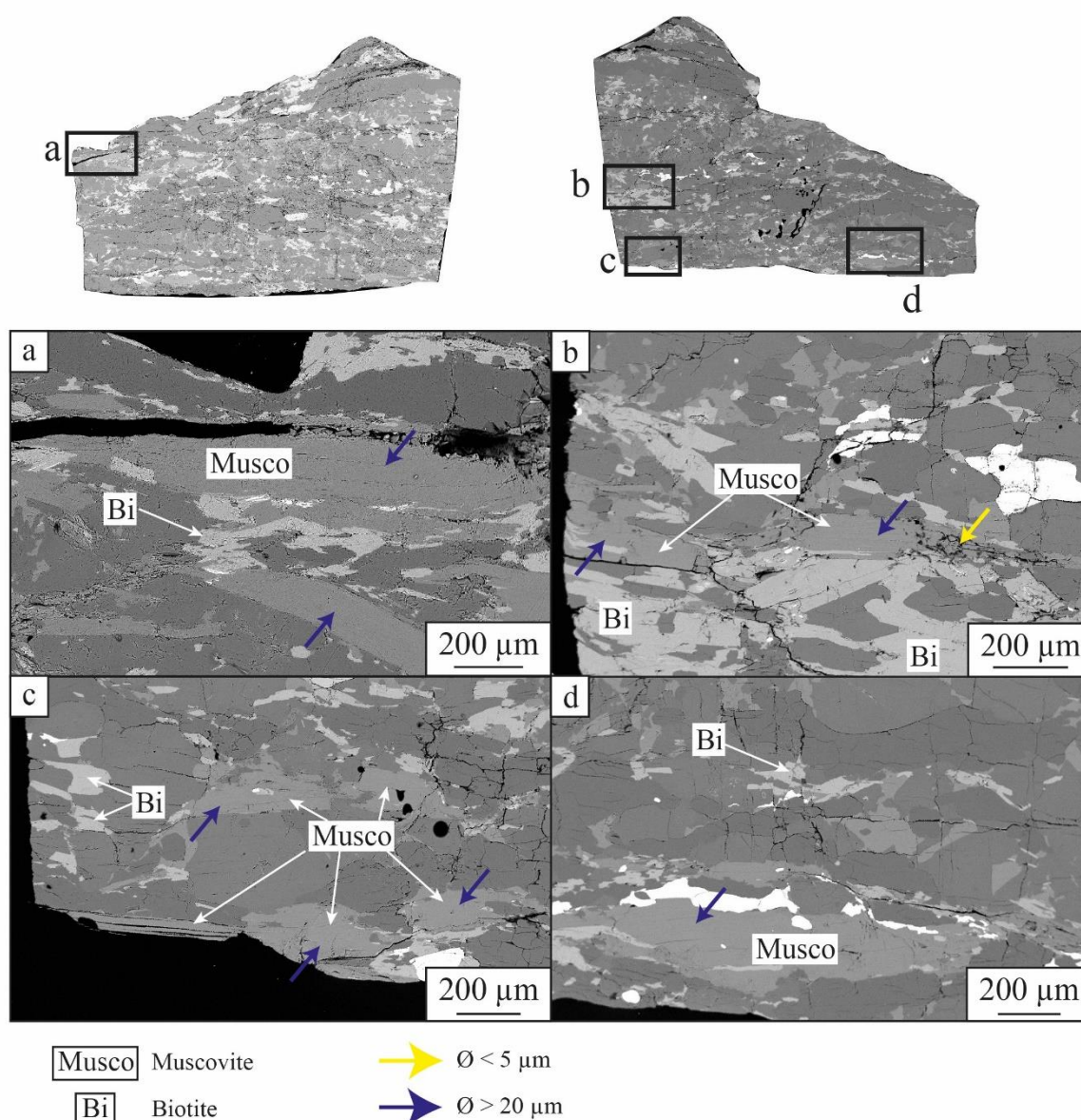


Figure 5-9 : Photos SEM de l'échantillon NOR1. L'échantillon a été coupé en 2 en son milieu, des observations microstructurales ont été réalisées de part et d'autre, ces 2 sections de roches correspondent aux volumes b et c de la figure 5-6. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 μm sont visibles. La flèche jaune montre la zone où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 μm sont identifiés.

5.3.3.2. NOR2 (déformation coaxiale, au seuil de plasticité)

L'expérience arrêtée au seuil de plasticité (4-5 % de déformation) montre une concentration de la déformation dans la moitié inférieure du cylindre de roche (fig. 5-7d, e, f). Dans la suite de ce chapitre, NOR2a fait référence à la partie supérieure du cylindre et NOR2b à la partie inférieure plus déformée (respectivement fig. 5-7e et f). NOR2a reste très similaire en forme et en taille entre le début et la fin de l'expérience. La reconstruction 3D de l'échantillon à partir de l'imagerie micro-tomographique ne montre que très peu de déformation interne (fig. 5-7e). NOR2b montre un changement de forme du

cylindre, avec un élargissement significatif et deux zones de cisaillement conjuguées qui traversent l'échantillon (fig. 5-7f).

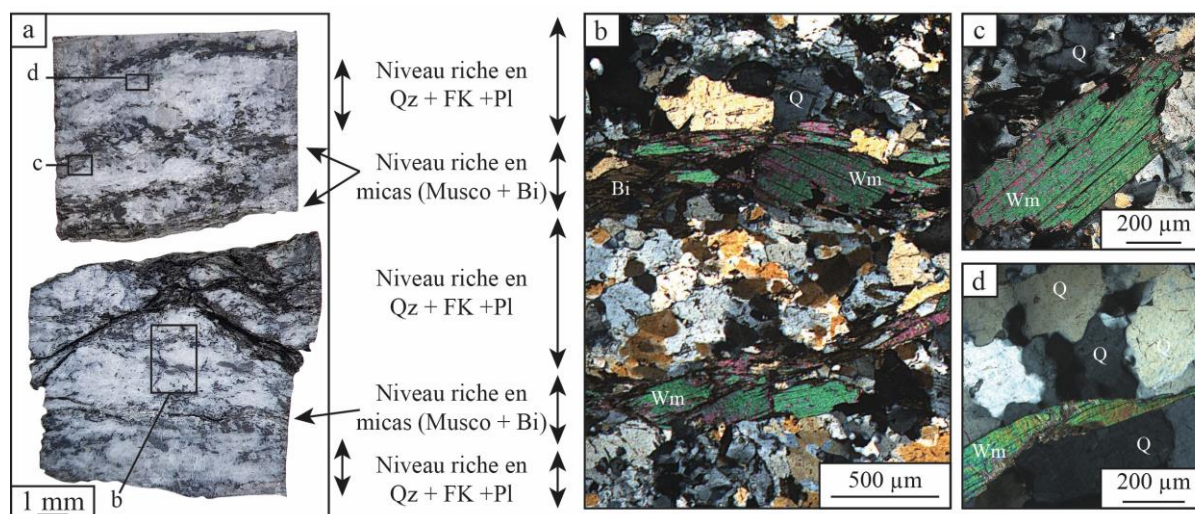


Figure 5-10 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR2 (expérience arrêtée au pic de contrainte). Quelques bandes de cisaillement sont visibles dans l'échantillon (a) et (b). Certaines muscovites présentent des déformations internes (b) et (c). De rares porphyroclastes de quartz possèdent des grains recrystallisés à leur bordure (d). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite]

A l'échelle macroscopique et en imagerie optique, les alternances de niveaux riches en micas et riches en quartz et feldspaths sont similaires à ceux du matériau de départ (fig. 5-2 vs. fig 5-10a et b). Au MEB, NOR2a présente des muscovites allongées et de forme sigmoïdale, comme dans la roche de départ (fig. 5-10c et d et 5-11). A sa bordure sommitale (au plus éloigné du thermocouple), les muscovites présentent peu de nouvelles structures de déformation, avec quelques kinks observables dans les muscovites en bordure du cylindre (fig. 5-11a). A la base de l'échantillon (qui correspond à la partie centrale du cylindre NOR2), les muscovites sont de forme sigmoïdale mais ne présentent pas de nouvelles structures de déformation interne (fig. 5-11b et c). Les kinks, subparallèles à la contrainte principale, définissent des sous-domaines de tailles variables. Dans les muscovites apparemment non-déformée, aucune structure ou sous-domaine inférieur à la taille physique des muscovites préexistantes n'est observé alors que dans les muscovites présentant des déformations internes, la taille des grains diminue localement ($< 5 \mu\text{m}$). Cette diminution est corrélée avec la présence des kinks (fig. 5-11a).

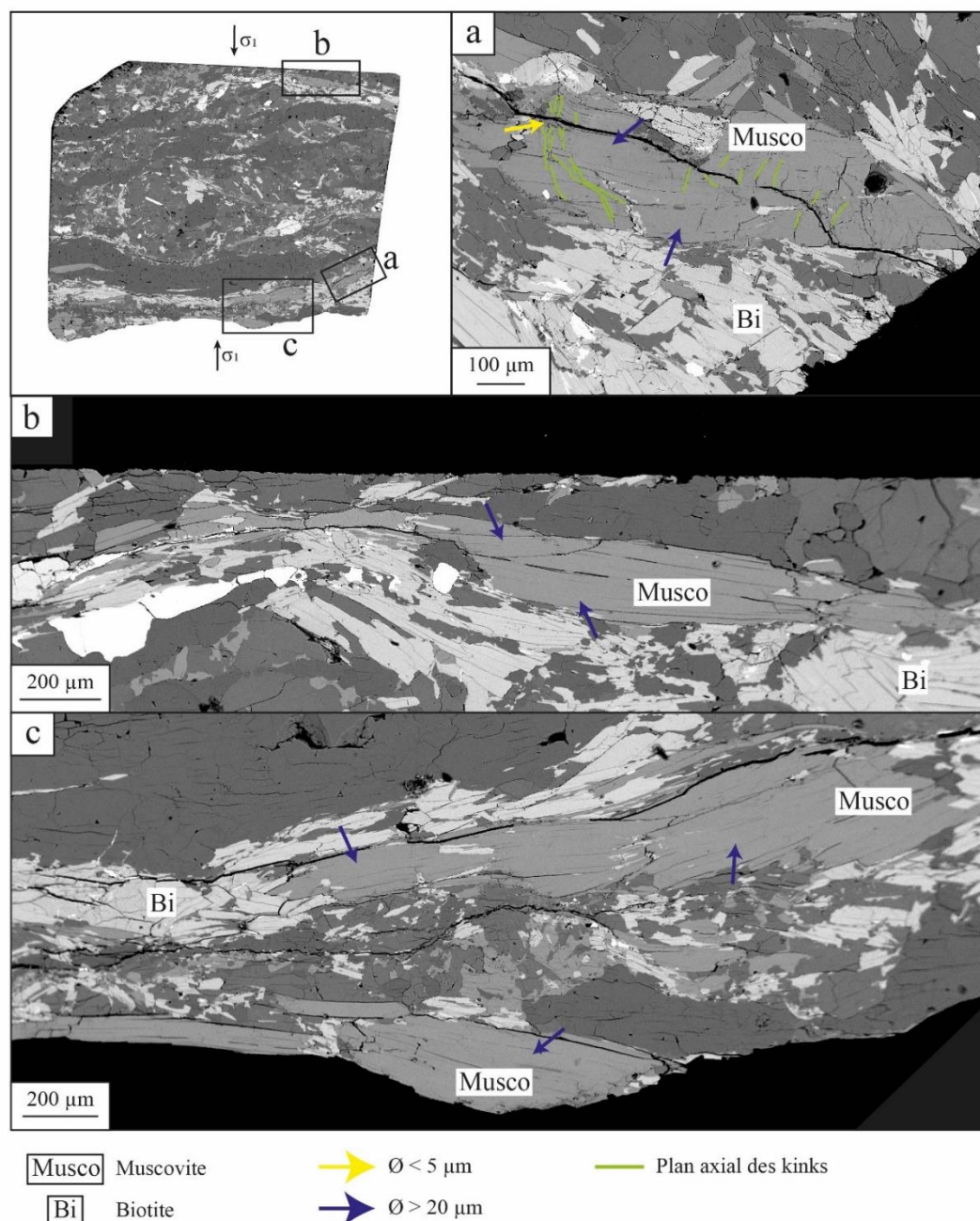


Figure 5-11 : Photos SEM de l'échantillon NOR2a. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 μm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 μm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks sont visibles et se concentrent dans la partie supérieure de l'échantillon (a). Les muscovites dans la partie inférieure de l'échantillon sont de forme sigmoïdale et sont similaires à celles du gneiss de Norvège initial (b et c).

Les muscovites à la base de NOR2b ne présentent pas de nouvelles structures de déformation interne (fig. 5-10b et 5-12d). Les muscovites situées le long des deux zones de cisaillement présentent des structures de déformation de deux types : des bandes de cisaillement orientées à 30° à 60° par rapport à la contrainte principale (fig. 5-12a, b et c) et des kinks subparallèles à σ_1 (fig. 5-12a). Les bandes de

cisaillement des sous-domaines sont visibles sur les images SEM, notamment au niveau des structures de déformation. Localement, la taille de ces sous-domaines diminue fortement et devient inférieure à 5 μm (fig. 5-12a et c). Les muscovites ne présentant pas de structures de déformation ne possèdent aucun ou très peu de sous-domaines (fig. 5-12d).

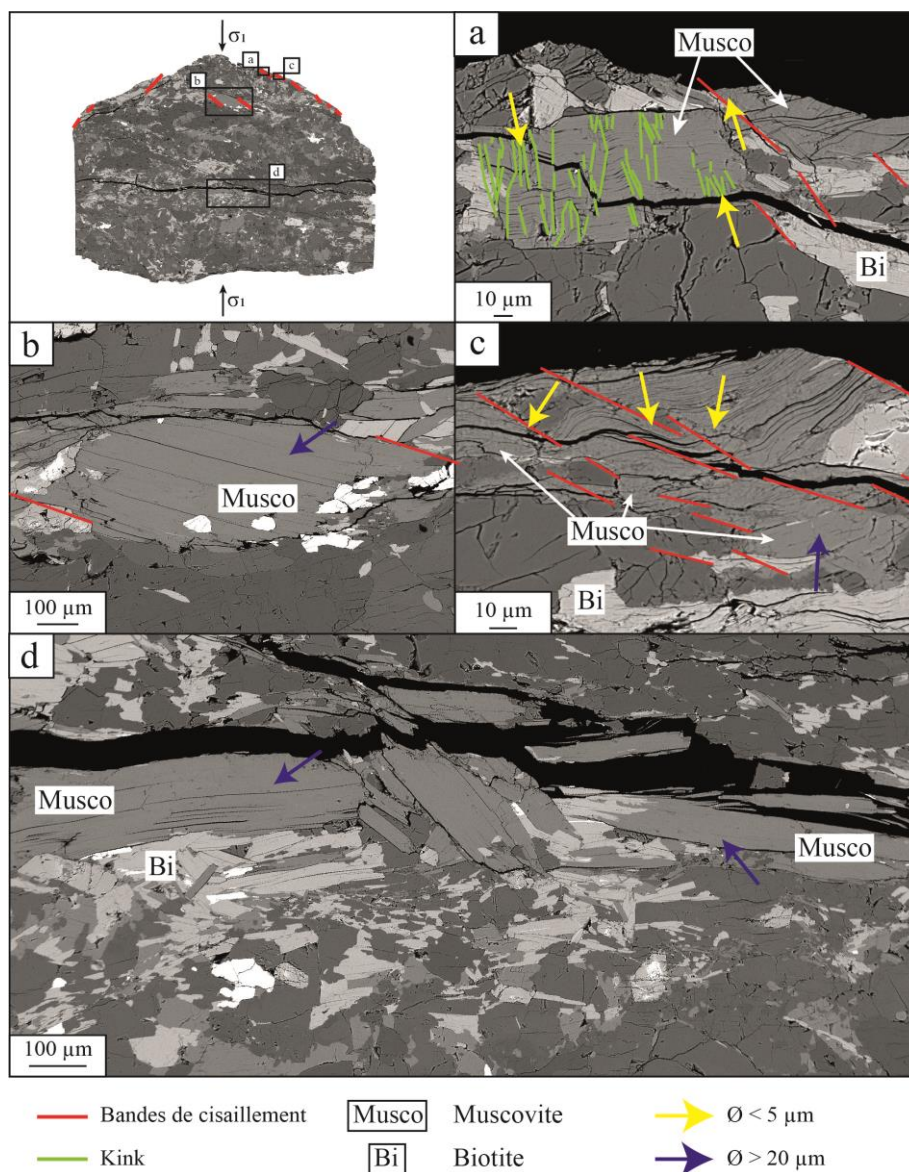


Figure 5-12 : Photos SEM de l'échantillon NOR2b. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 μm sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à 5 μm sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks ou encore des bandes de cisaillement sont visibles et se concentrent dans la partie supérieure de l'échantillon.

5.3.3.3. NOR3 (déformation coaxiale - 16 % de raccourcissement)

La forme et la taille du cylindre accusant un raccourcissement de l'ordre de 16 % changent significativement, sans pour autant adopter une forme en barrique habituellement obtenue dans le cas d'une déformation entièrement plastique et distribuée (fig. 5-7g vs. h). La reconstruction 3D indique

une déformation localisée dans plusieurs zones de cisaillement conjuguées et symétriques par rapport à l'axe du cylindre (fig. 5-7h et i). Les zones de cisaillement sont parcourues de nombreuses bandes de cisaillement, orientées entre 30° et 0° (subparallèle à σ_1), qui affectent significativement les micas blancs, mais également les autres phases minérales dont la granulométrie se réduit fortement (fig. 5-13 et 5-14). Au cœur des zones de cisaillement, la granulométrie diminue fortement quel que soit le minéral observé. Les muscovites présentent de nombreuses déformations internes (fig. 5-13 b, e), les extinctions ondulantes visibles dans les grains de quartz témoignent également de déformation interne (fig. 5-13c) Les porphyroclastes de quartz présentent également de fins grains recristallisés en bordure de grains (5-13c, d et e). Les grains recristallisés de chaque phase (micas + quartz + feldspath potassique + plagioclase) peuvent même localement se mélanger et former une matrice poly-minérale à grain très fin qui permet notamment aux micas de s'interconnecter (fig. 5-13 e et 5-14c et d). Plusieurs muscovites en bordure de l'échantillon et proches des zones de cisaillement présentent des kinks (fig. 5-14a, e). Le reste des muscovites ne présente que très peu de structures de déformation interne.

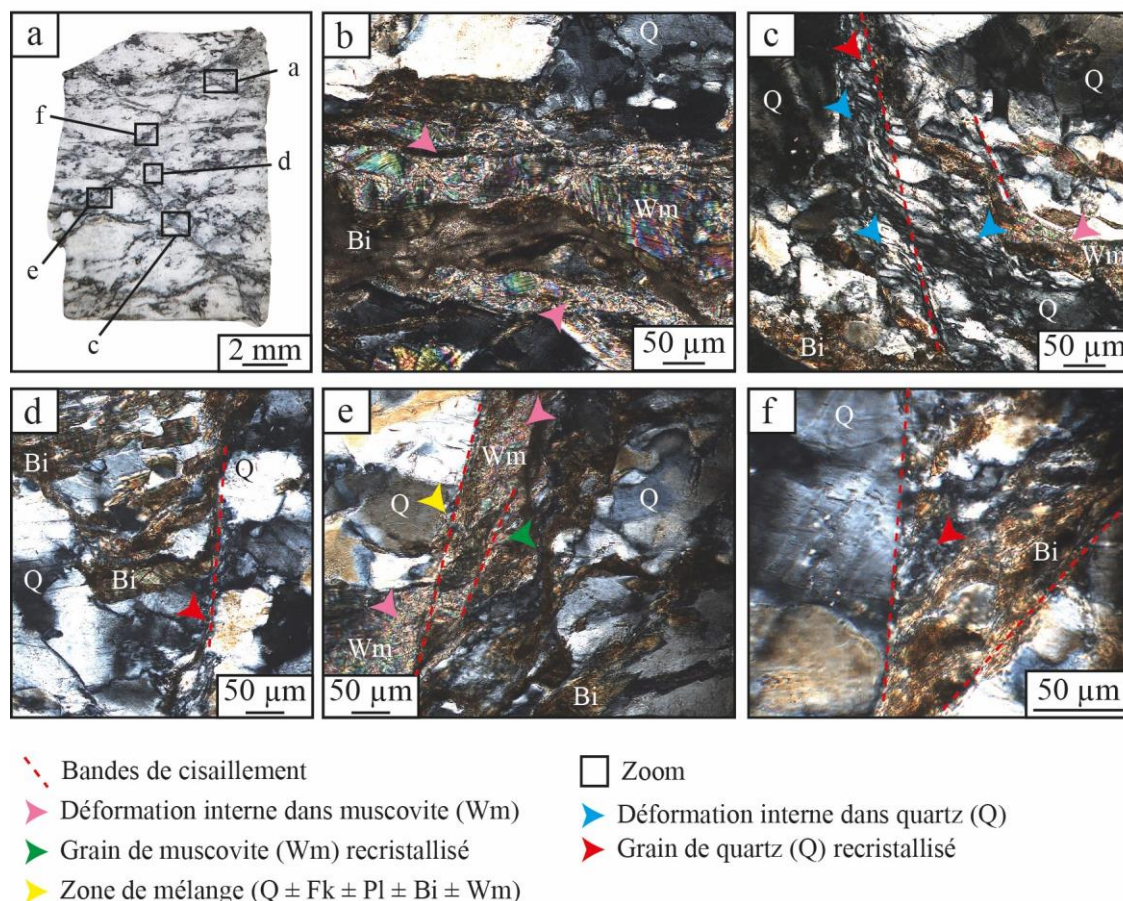


Figure 5-13 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR3 (16 % de raccourcissement). Les muscovites présentent des déformations internes (b) et (e), de même que les grains de quartz (c), (d) et (f). Les cœurs des bandes de cisaillement sont constitués de zones de mélange (e). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite]

Les sous-domaines de micas formés dans cet échantillon ont des tailles variables (fig. 5-14). Au plus proche des bandes de cisaillement et des kinks, la taille des sous-domaines/sous-grains diminue fortement ($< 5 \mu\text{m}$), pour augmenter lorsque l'on s'éloigne de ces structures (fig. 5-14a, c, d et e). Les muscovites avec peu de structures de déformation présentent également des sous-domaines, ils sont de plus grande taille et dépassent les $20 \mu\text{m}$ (fig. 5-14b). Les muscovites aux abords des zones de cisaillement semblent ainsi accommoder une partie de la déformation appliquée.

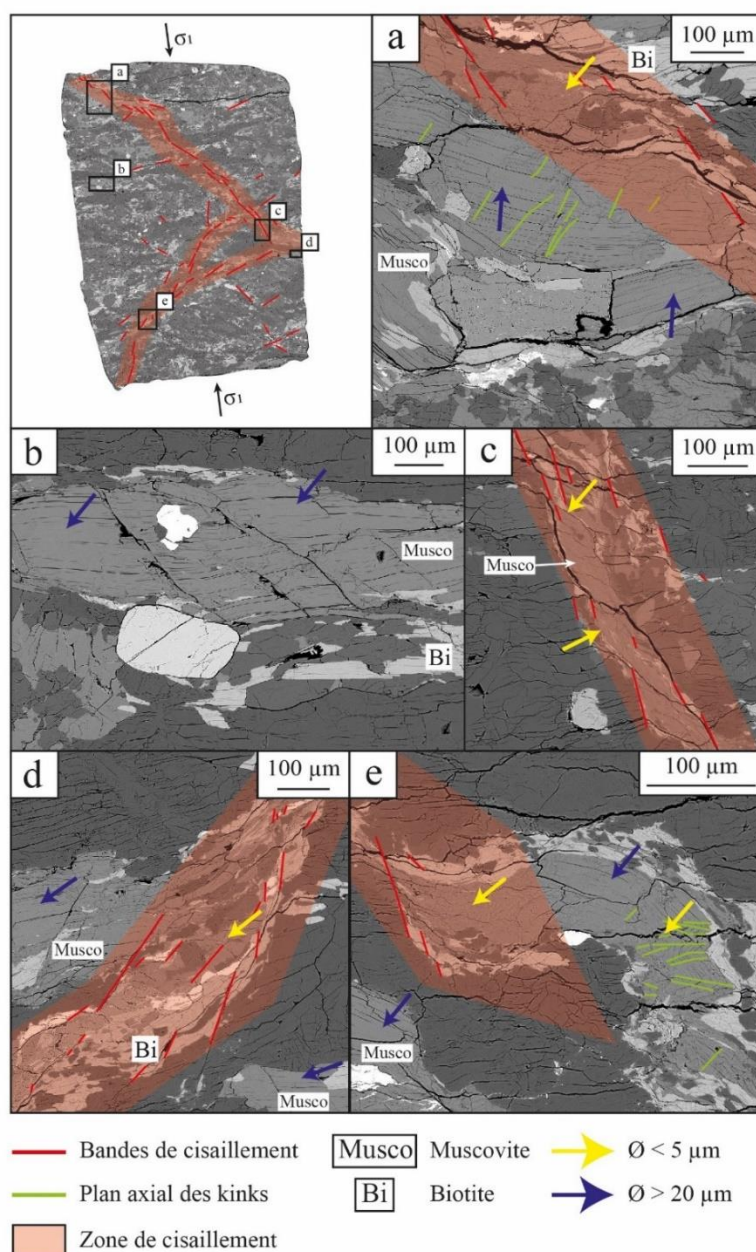


Figure 5-14 : Photos SEM de l'échantillon NOR3. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à $20 \mu\text{m}$ sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à $5 \mu\text{m}$ sont identifiés. Des structures de déformation telles que des kinks ou encore des bandes de cisaillement sont visibles. Des zones de cisaillement traversent l'échantillon.

5.3.3.4. NOR4 (déformation coaxiale – 32 % de raccourcissement)

Tout comme l'échantillon précédent, la forme et la taille du cylindre ont changé au cours de l'expérience : l'échantillon est plus court mais s'est épaissi (32 % de raccourcissement ; fig. 5-7j et k). Des zones de cisaillement sont visibles grâce à la reconstruction 3D (fig. 5-7l). Elles sont conjuguées et se recoupent au centre du cylindre. Les images SEM montrent des bandes de cisaillement dans tout l'échantillon mais avec une densification de ces structures au sein des zones de cisaillement (orientées à 45° , fig. 5-15f et 5-16). Plusieurs bandes de cisaillement, dont l'orientation est fortement variable (0° à 60°) sont enfin observées en dehors des zones de cisaillement et sont d'ailleurs plus nombreuses que dans l'échantillon précédent (NOR3) (fig. 5-15d et e ; 5-16b). Les zones de cisaillement sont composées de grains fins issus de la recrystallisation des micas préexistants (fig. 5-15e et 5-16a, c et d) et de zones de mélange formant une matrice polyphasée (petits grains de micas, quartz, F_K et plagioclase, fig. 5-15 e et f). Les muscovites, localisées dans ou en bordure des zones de cisaillement, présentent des déformations internes mais de moindre intensité que pour NOR3 (zones où les feuillets des muscovites sont encore visibles ; fig. 5-13b vs. fig 5-15b et c). Les grains de quartz présentent également des structures de déformation (fig. 5-15 d et f) ainsi que quelques grains recrystallisés à leur bordure (fig. 5-15d).

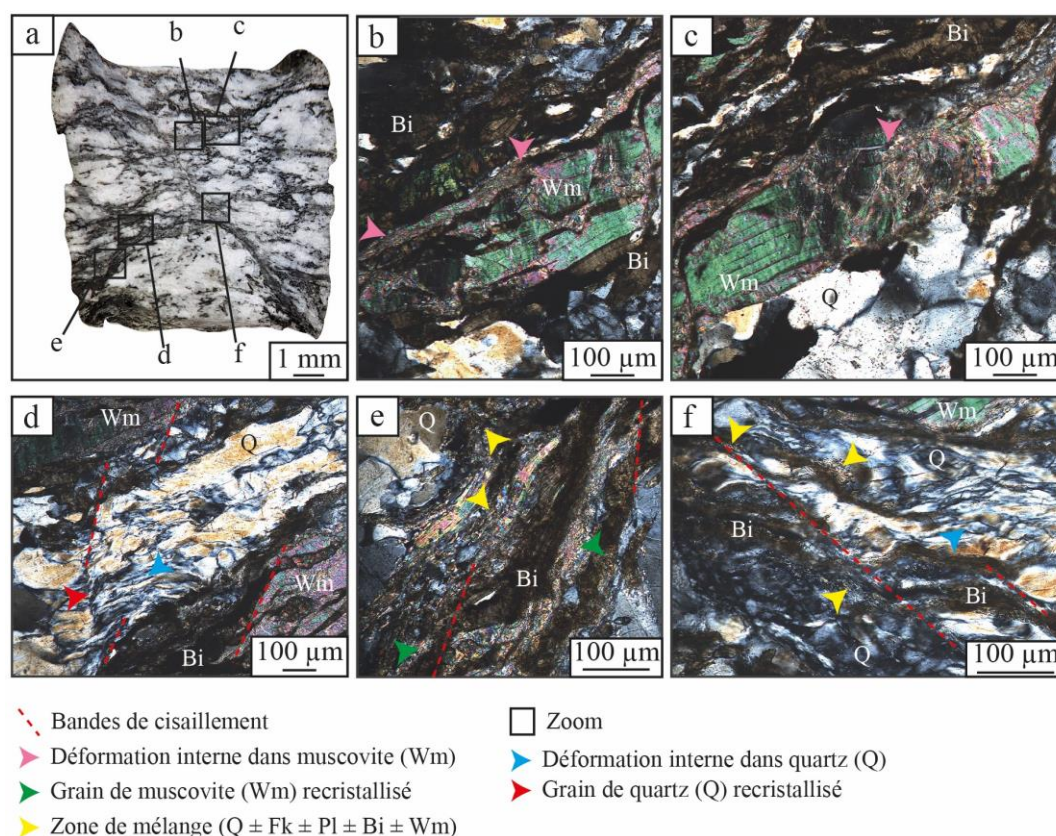


Figure 5-15 : Photos macro et microscopique de l'échantillon NOR4 (32 % de raccourcissement). Les muscovites présentent des déformations internes (b) et (c), de même que les grains de quartz (d) et (f). les cœurs de bandes de cisaillement sont constitués de zones de mélange (e) et (f). [Q : quartz, Wm : muscovite, Bi : biotite]

Les sous-domaines formés ont des tailles directement corrélées à la densité des bandes de cisaillement. A leur proximité, la taille des sous-domaines diminue fortement ($< 5 \mu\text{m}$) et augmente en s'éloignant des zones fortement déformées (fig. 5-16a, c et d). Les muscovites en dehors des zones de cisaillement montrent des sous-domaines de plus grande taille bien que localement (au niveau des bandes de cisaillement) ils restent de faible taille (fig. 5-16b). Ainsi, les zones aux abords des bandes de cisaillement semblent accommoder une partie de la déformation appliquée.

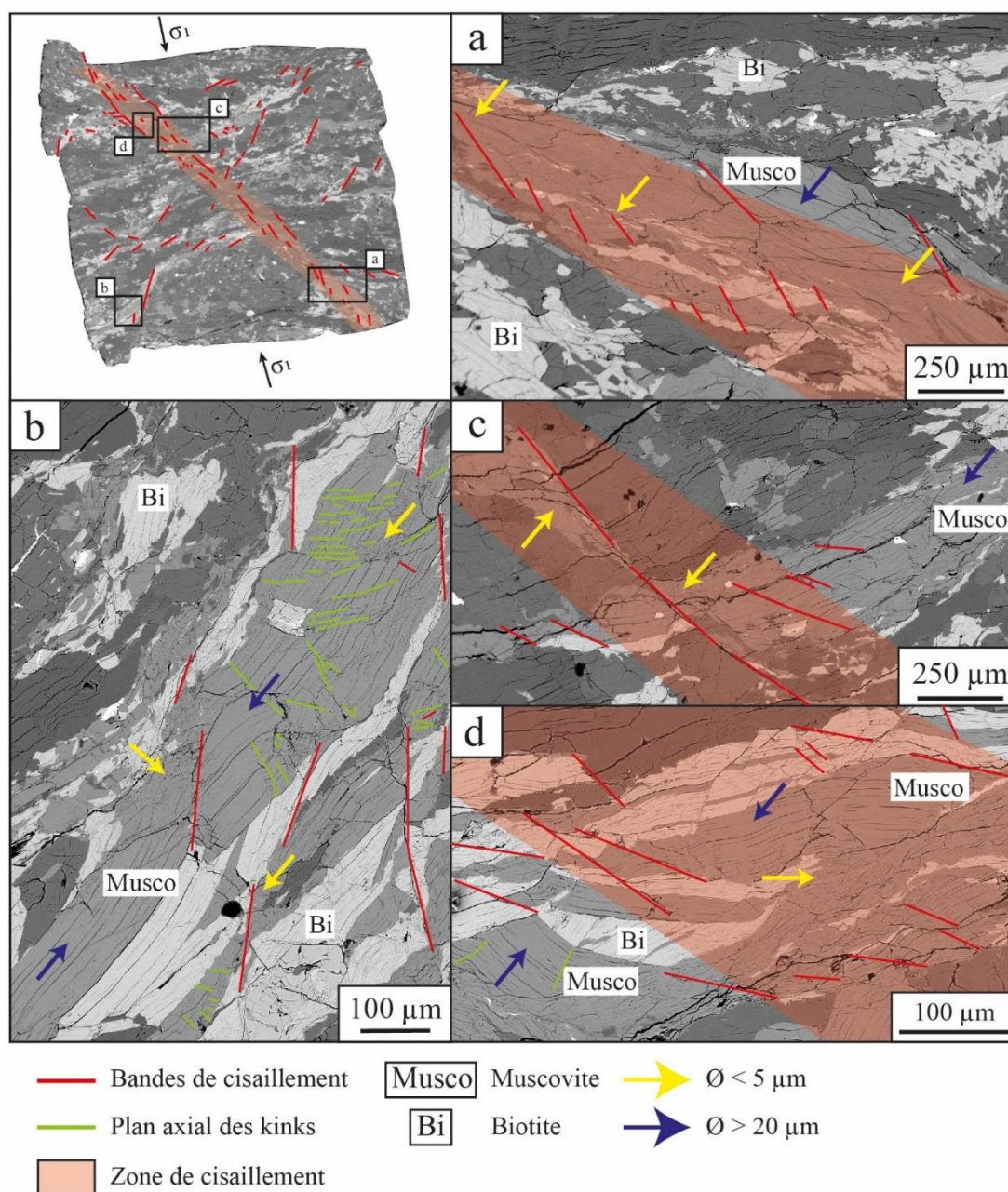


Figure 5-16 : Photos SEM de l'échantillon NOR4. Les flèches bleues indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille supérieure à $20 \mu\text{m}$ sont visibles. Les flèches jaunes montrent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à $5 \mu\text{m}$ sont identifiés. Des structures de déformation telles que des bandes de cisaillement sont visibles. Une zone de cisaillement traverse l'échantillon.

5.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

5.3.4.1. Géochimie isotopique des rapports Ar/Ar

Lors des datations, les différents isotopes de l'argon (^{36}Ar , ^{37}Ar , ^{38}Ar , ^{39}Ar et ^{40}Ar) sont mesurés, renseignant à la fois sur la géochimie isotopique des réservoirs ou phases analysés comme sur l'âge *in-situ* au point d'ablation. Comme dans les expériences précédentes (Chapitre 4), les quantités mesurées en ^{37}Ar et de ^{38}Ar sur les muscovites du gneiss (non traité ou déformé) se sont avérées très faibles, proches de zéro (Annexes). Comme discuté précédemment, ces mesures ne contraignent pas la géochimie des échantillons (pauvres en Ca et sans doute en Cl aussi, cf. descriptif analytique du Chapitre III). Les mesures de ^{36}Ar montrent en revanche des variations significatives au sein de certains échantillons comme entre les échantillons eux-mêmes (fig. 5-17).

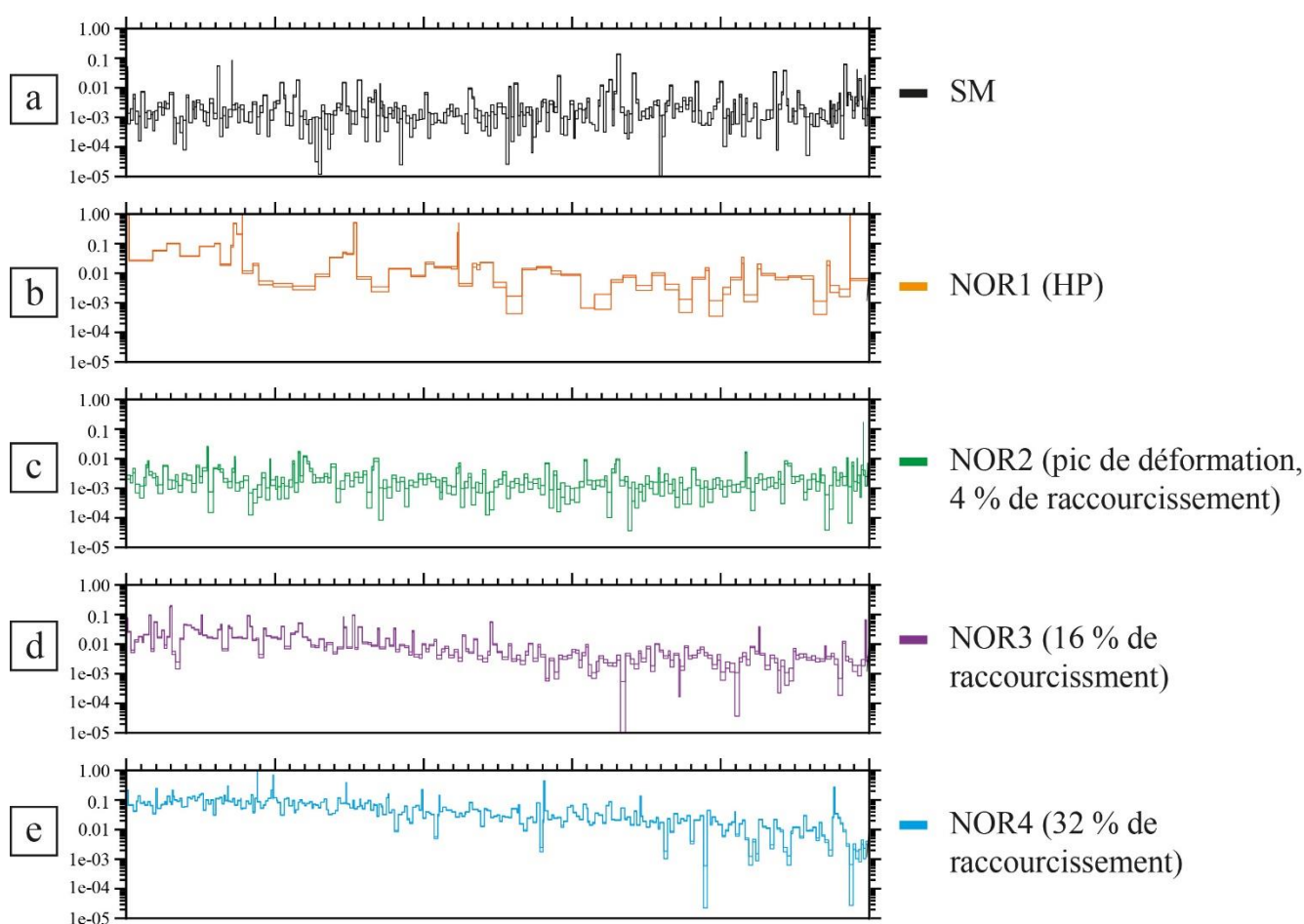


Figure 5-17 : Rapports isotopiques de ^{36}Ar , normalisé par rapport à ^{39}Ar , pour les différents échantillons. Les mesures sont classées par ordre croissant des âges. Les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour le matériau de départ (SM) et pour NOR2 restent constants. Pour les trois autres échantillons, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plus élevés de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport au matériau de départ et varient en fonction des âges mesurés. Une tendance générale est observée avec l'augmentation du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en fonction du raccourcissement des âges.

Les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont globalement constants et très similaires dans le cas du matériau de départ (moyenne : $4.0 \cdot 10^{-3} \pm 5 \cdot 10^{-4}$) et de NOR2 (moyenne : $3.7 \cdot 10^{-3} \pm 6 \cdot 10^{-4}$) (fig. 5-17a et c). Pour les

trois autres échantillons (NOR1, NOR3 et NOR4), les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ peuvent varier de plusieurs ordres de grandeurs (fig. 5-17b, d et e). La tendance des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour ces trois expériences (NOR1, NOR3 et NOR4), met en évidence une forte augmentation avec le rajeunissement des âges (fig. 5-17b, d et e).

5.3.4.2. Datation *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des échantillons expérimentaux

Comme indiqué précédemment (Section 5.2.1), Les 263 mesures $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de muscovites du matériau de référence (SM) non déformé et non traité à la presse de Griggs, donnent un âge moyen de 426.5 ± 4.0 Ma (TGA). Les âges ponctuels définissent une distribution et une répartition spatiale des âges plutôt homogènes (fig. 5-4 et 5-18). Le diagramme de densité en fréquence relative (PDD) présente un pic unique bien défini à 440 Ma avec un faible étalement des mesures entre 400 et 450 (fig. 19). Le récapitulatif des âges obtenus (gamme, valeur moyenne) et des pertes déduites sur l'ensemble des expériences est présenté dans le tableau 5-4.

	Quantité de déformation	Age TGA (Ma)	Age min (Ma)	Age max (Ma)	N	Gamme de pertes d'argon	Perte d'argon moyenne
SM	-	426.5 ± 4.0	411.2 ± 3.6	452.3 ± 4.9	263	-	-
NOR1	0 %	387.4 ± 3.6	343.3 ± 3.9	504.0 ± 4.5	70	0.0 à 19.5 %	9.2 %
NOR2a	4-5 %	424.6 ± 3.9	337.4 ± 2.9	456.5 ± 10.1	88	0.0 à 20.9 %	0.4 %
NOR2b	4-5 %	419.7 ± 3.8	286.9 ± 1.8	435.5 ± 3.9	115	0.0 à 32.7 %	1.6 %
NOR3	16 %	394.0 ± 3.6	127.0 ± 4.1	439.0 ± 6.8	195	0.0 à 70.2 %	7.6 %
NOR4	32 %	395.0 ± 3.6	234.7 ± 3.6	449.7 ± 2.2	284	0.0 à 45.0 %	7.4 %

Tableau 5-4 : Récapitulatif des âges *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur muscovites et des pertes d'argon induites. SM: matériau de départ; N: nombre d'analyses ; TGA : total gas age.

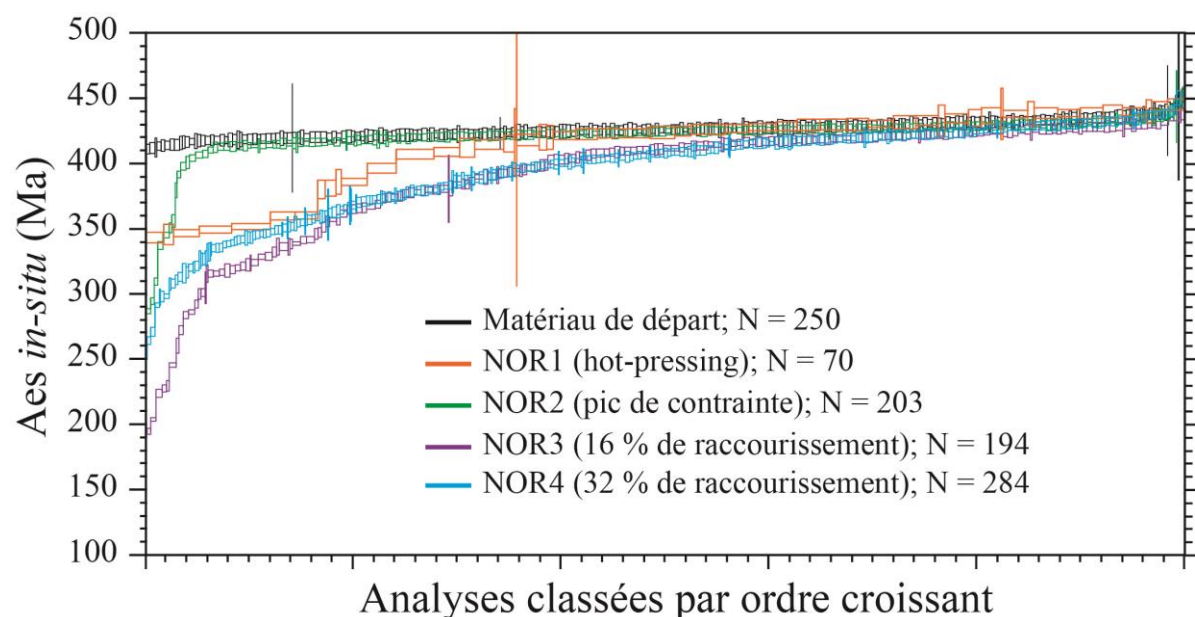


Figure 5-18: Spectres des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ, de l'expérience statique (NOR1), de l'expérience arrêtée au pic de contrainte (NOR2) ainsi que des échantillons déformés (NOR3 et NOR4). Le matériau de départ présente une distribution homogène. La première moitié des âges de NOR1 est similaire au matériau de départ, la suivante présente des âges significativement plus jeunes. NOR2 présente des âges essentiellement similaires au matériau de départ, avec seulement quelques âges ponctuellement plus jeunes. NOR3 et NOR4 montrent des âges rajeunis qui s'écartent significativement de la tendance homogène définie par le matériau de départ et NOR2, tout en décrivant une distribution continue des âges depuis le plus jeune jusqu'à l'âge d'origine (SM).

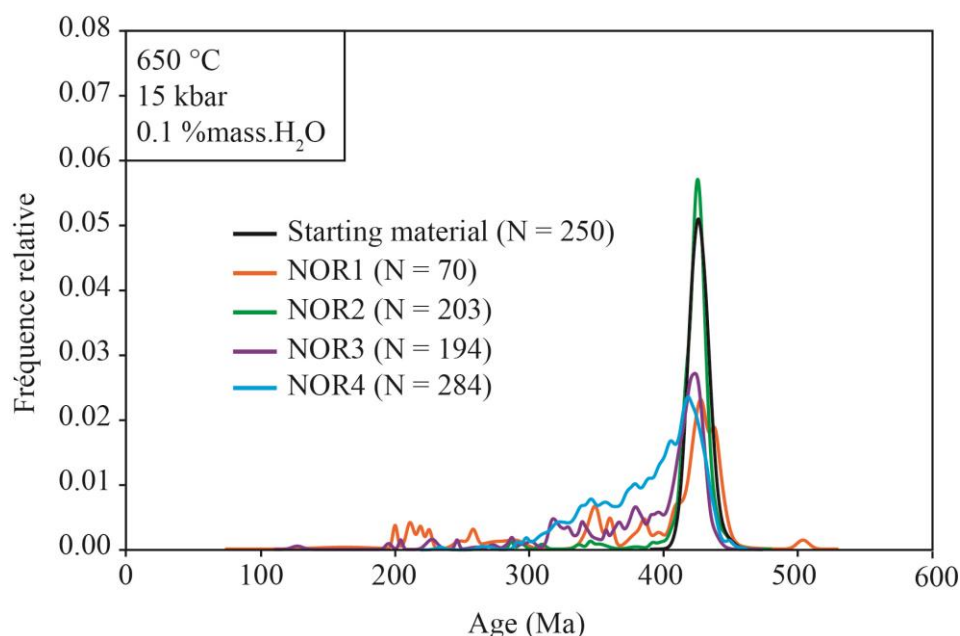


Figure 5-19 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés sur les muscovites des différentes expériences. Les distributions du matériau de départ et de NOR2 présentent un pic principal commun, bien défini à 425 Ma, avec proportionnellement peu d'âges enregistrés sous 400 Ma. Les autres distributions partagent un pic dominant vers 425 Ma, commun avec le matériau de départ, puis un

étalement vers les âges plus récents avec une décroissance progressive (NOR4) ou l'apparition de pics secondaires isolés (NOR1 et NOR3), jusqu'à des âges aussi jeunes que 127 Ma (NOR3).

5.3.4.2.1. NOR1 (recuit pseudo-statique)

L'expérience de recuit statique se traduit par une distribution très hétérogène des âges ponctuels avec un âge moyen de 387.4 ± 3.6 Ma (fig. 5-18). Le spectre d'âges ordonnés par ordre croissant montre qu'une partie des âges est concordante avec ceux du matériau de référence (SM). Cela se confirme par les deux pics principaux entre 420 Ma et 445 Ma illustrés par la distribution en densité (PDD, fig. 5-19). Un tiers des âges mesurés présente un rajeunissement significatif pour atteindre 343.3 ± 3.9 Ma, avec de nombreux pics secondaires de densité entre 190 et 400 Ma (fig. 5-18 et 5-19 ; tableau 5-4). La répartition spatiale des âges est hétérogène avec les âges plus jeunes en bordure de muscovites (fig. 5-20). Les pertes locales d'argon calculées à partir de l'âge moyen du matériau de départ varient de 0.0 à 19.5 % avec une perte moyenne calculée sur l'ensemble des âges de 9.2 %. Les variations isotopiques du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en relation avec les âges ponctuels sont marquées et s'étalent sur 1 à 2 ordres de grandeurs (moyenne de $3.19 \cdot 10^{-2} \pm 3.63 \cdot 10^{-3}$). Cette variabilité, malgré la présence de quelques structures de déformation au sein de l'échantillon, semble assez aléatoire mais on constate une corrélation générale avec les âges les plus jeunes distinctement associés aux rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés (fig. 5-17).

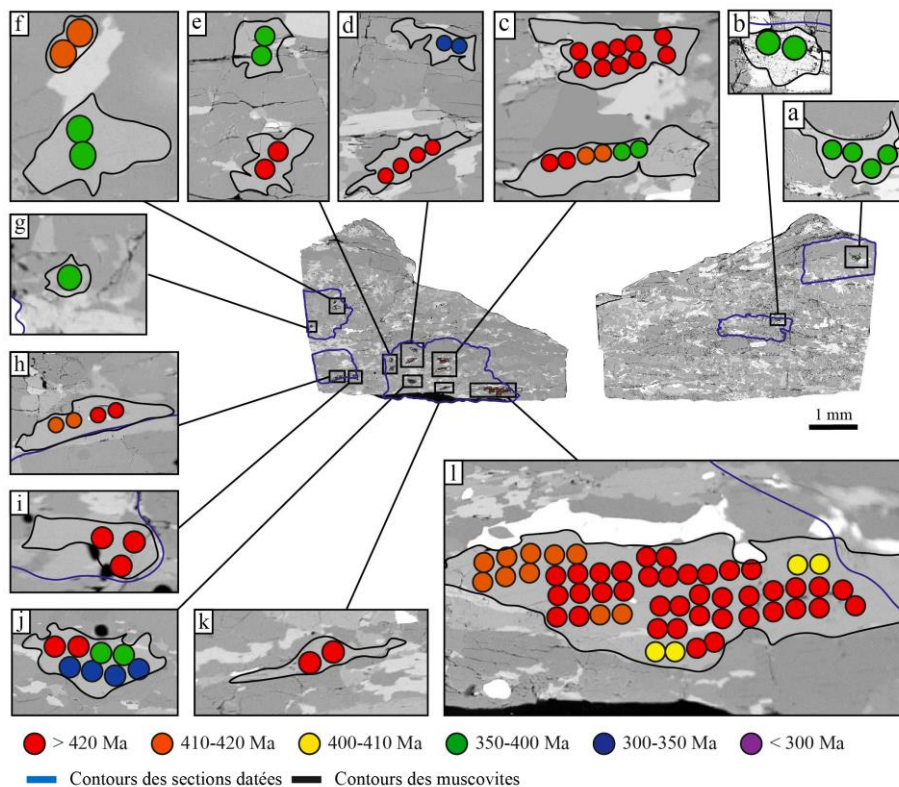


Figure 5-20: Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de l'expérience statique (NOR1). La distribution spatiale est plutôt hétérogène.

5.3.4.2.2. NOR2 (déformation coaxiale, au seuil de plasticité)

La distribution des âges est très homogène sur une large partie du spectre d'âges obtenu avec seulement une vingtaine d'âges (i.e., < 10% des âges) significativement plus jeunes (fig. 5-18, tableau 5-4). La distribution de densité présente ainsi un pic principal à 425 Ma identique à celui du matériau de départ. Quelques pics secondaires apparaissent entre 285 et 400 Ma (fig. 5-19). L'âge moyen est de 424.6 ± 3.9 pour NOR2a et de 419.7 ± 3.8 pour NOR2b (tableau 4). La répartition spatiale est homogène, les quelques âges plus jeunes étant disséminés dans l'échantillon (fig. 5-21). Les pertes d'argon calculées varient de 0.0 à 20.9 % (avec une perte moyenne de 0.4 %) pour NOR2a et de 0.0 à 32.7 % (avec une perte moyenne de 1.6 %) pour NOR2b. Contrairement au recuit statique NOR1, les rapports isotopiques $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont faibles (moyenne de $3.67 \cdot 10^{-3} \pm 6.31 \cdot 10^{-4}$) et très similaires (en valeur et amplitude de variation) à ceux du matériau de départ. En particulier, on n'observe pas de corrélation avec les âges (fig. 5-17).

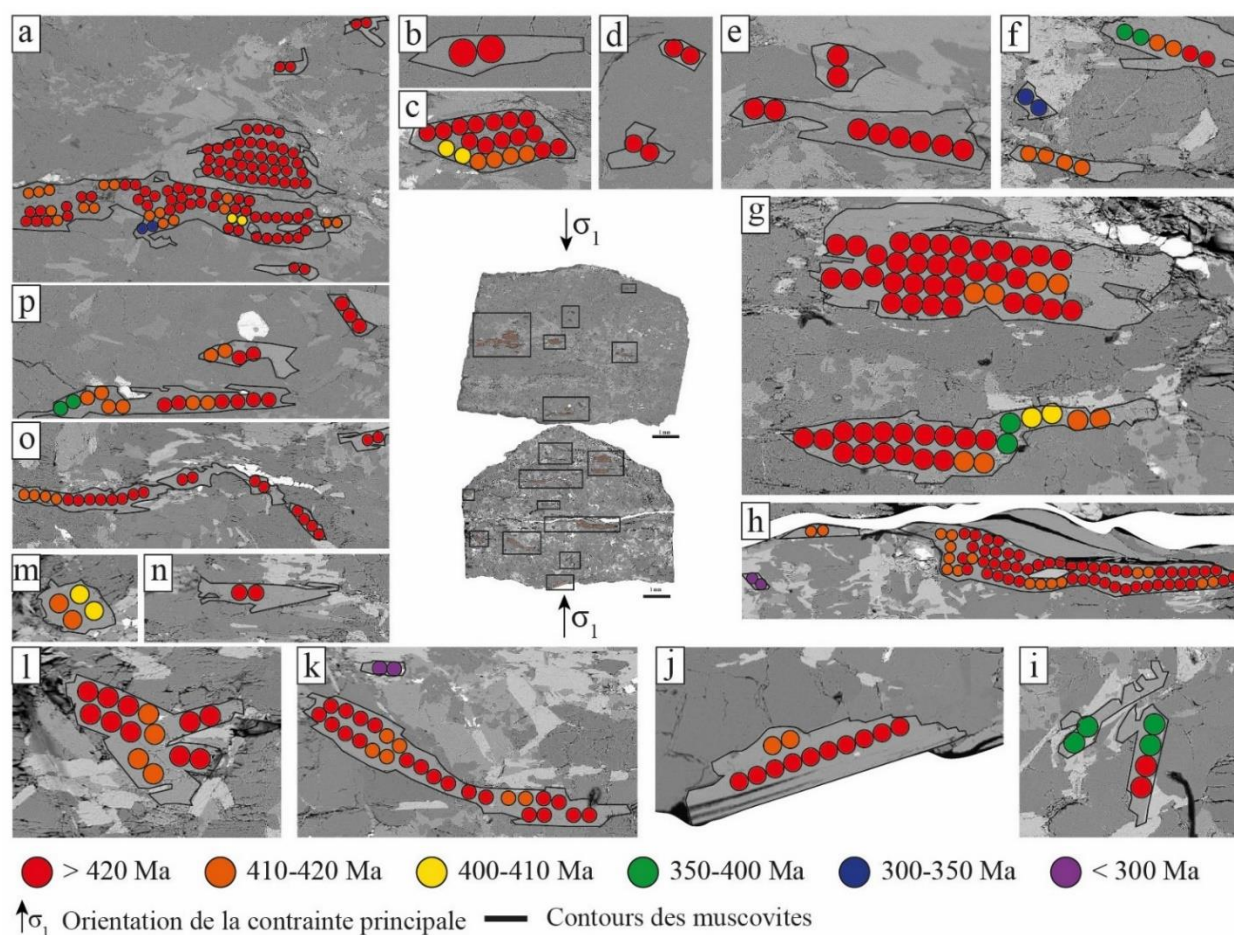


Figure 5-21 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR2 (expérience au pic de contrainte). La distribution spatiale est globalement homogène avec quelques âges plus jeunes en bordure et dans les muscovites de petite tailles (a, c, f, i et m).

5.3.4.2.3. NOR3 (déformation coaxiale - 16 % de raccourcissement)

L'échantillon NOR3 présente une distribution globale très hétérogène matérialisée par le spectre de la figure 18 et confirmée par les fréquences relatives (fig. 5.19, tableau 5-4). Une partie du spectre (1/3 des âges environ) se superpose avec les âges du matériau de départ, ainsi qu'avec ceux de NOR2 sur une bonne partie (jusqu'à près de 80%) du spectre. Le reste des âges (2/3 des âges) s'écartent significativement du pic principal à 425 Ma pour former des pics de densité secondaires entre 120 et 400 Ma (fig. 5-18 et 5-19). Les âges varient de 127.0 ± 4.1 à 439.0 ± 6.8 Ma. Les pertes d'argon calculées à partir de l'âge moyen du matériau de départ varient de 0.0 à 70.2 % avec une perte moyenne de 9.4 %. La répartition spatiale des âges *in-situ* est très hétérogène avec des gradients d'âge cœur-bordure au sein de plusieurs muscovites (fig. 5-22h, m, o). Certaines muscovites de petite taille enregistrent des âges très rajeunis (jusqu'à 127.0 ± 4.1 Ma) (fig. 5-22d, e, f, g). Des corrélations entre la distribution des âges et la localisation de la déformation sont également observées (fig. 5-22j, m, o). Les rapports isotopiques du $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plus élevés de 1 à 2 ordres de grandeurs par rapport à ceux du matériau de départ et à NOR2 (fig. 5-17) avec une nette corrélation globale entre les âges les plus jeunes et les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ les plus élevés sur l'ensemble de la gamme d'âge enregistrée.

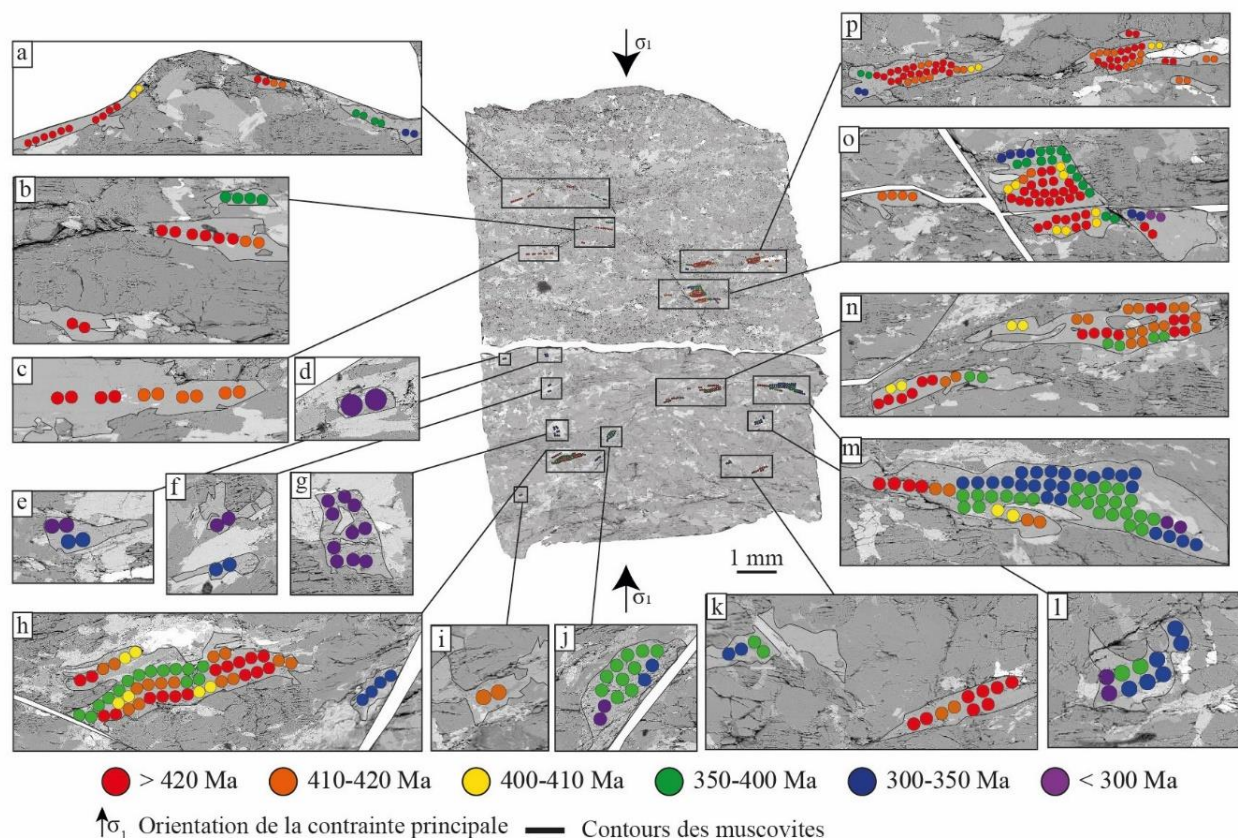


Figure 5-22 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR3 (16 % de raccourcissement). La distribution spatiale est hétérogène, avec des gradients cœur-bordure (j, l, m, o, p). Les muscovites de petite taille enregistrent de forts rajeunissements, jusqu'à 127 Ma (d, e, f, g, l).

5.3.4.2.4. NOR4 (déformation coaxiale – 32 % de raccourcissement)

NOR4 présente une distribution globale très hétérogène, similaire à NOR3 (fig. 5-18 et 5-19, tableau 5-4). La distribution de densité présentent un pic dominant à 425 Ma faisant progressivement place à une multitude de pics secondaires diminuant en intensité avec le rajeunissement des âges. Les âges varient de 234.7 ± 3.6 à 449.7 ± 2.2 . Les pertes d'argon calculées varient de 0 à 45 % avec une perte moyenne de 9.65 %. La répartition spatiale des âges *in-situ* est très hétérogène (fig. 5-23) avec des gradients d'âge cœur-bordure localement présents (fig. 5-23c, d, l). Des corrélations entre la distribution des âges et la localisation de la déformation sont également observées (fig. 5-23c, j). Les relations $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ vs. âge ponctuel indiquent comme pour NOR3 une corrélation globale entre les âges les plus jeunes et les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ les plus élevés dans une gamme de variation encore plus accentuée sur 3 ordres de grandeurs par rapport au matériau de départ (SM, fig. 5-17).

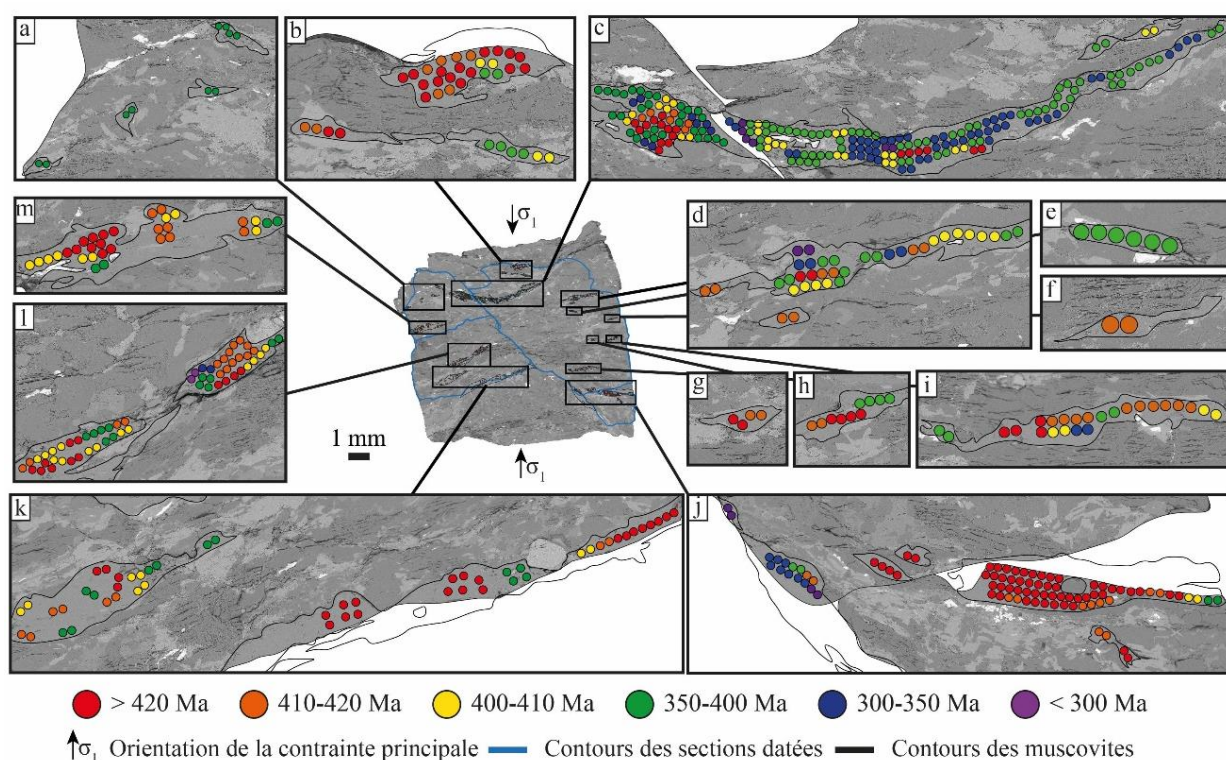


Figure 5-23 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de NOR4 (32 % de raccourcissement). La distribution des âges varie au sein des différentes muscovites. Des gradients cœur-bordure sont enregistrés dans plusieurs muscovites (c, d, i, l). Les âges les plus récents se concentrent principalement en bordure de muscovites (c, d, i, j) et au sein des muscovites de petite taille (a, e).

5.4. Discussion

5.4.1. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences

Les rajeunissements observés dans nos échantillons indiquent une migration de ^{40}Ar dans le réseau cristallin de la muscovite et des échanges avec son environnement. Cette ouverture du système isotopique est également attestée par les variations co-induites du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les expériences de déformation NOR1, NOR3 et NOR4 présentent des rapports isotopiques $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus forts (d'un facteur 2 – 3) que ceux du matériau de départ, en relation avec une contamination atmosphérique globalement plus forte des muscovites les plus rajeunies (en particulier NOR3 et NOR4, fig. 5-17).

Comme discuté dans le cas des expériences du Chapitre 4, les variations de contamination atmosphérique peuvent intervenir sous l'effet: (1) de l'air occlus lors du scellement de la chemise de confinement en platine; ou (2) de l'assemblage de confinement (pendant l'expérience) à la faveur d'un percement/déchirure de la chemise de platine.

L'observation post-expérimentale de fissures affectant les chemises de platine de NOR1 et NOR4 vient étayer la deuxième hypothèse (fig. 5-5), mais ne peut pas expliquer la contamination plus forte de NOR3 qui ne montre pas de déchirures. A noter que la formation de ces fissures peut survenir à tout moment durant l'expérience en particulier lors de la descente en pression, donc à des températures moins propices (cinétiquement) aux échanges fluide-solide. De plus, la signature isotopique en $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (traçant le chlore) reste plate ce qui exclut notamment un échange avec le moyen de confinement solide (NaCl) qui aurait altéré la composition en ^{38}Ar .

De même, l'absence de fissures visibles n'implique pas non plus une étanchéité parfaite. Ces éléments plaident pour une origine interne de la contamination augmentant anormalement le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ final et la contribution atmosphérique apparente (hypothèse n°1). Celle-ci pourrait provenir (1) des autres minéraux potassiques, notamment des biotites ou des feldspaths potassiques qui contiennent tous deux de l'argon de départ (radiogénique et/ou atmosphérique); (2) du fluide interstitiel présent initialement dans le gneiss, en particulier suite à l'ajout de 0.1 % pds d'eau lors de la préparation de l'expérience. L'absence de contamination dans NOR2 ne s'explique en revanche pas par cette hypothèse, car elle contient le même assemblage de départ (donc les mêmes réservoirs isotopiques à priori, même si dans des proportions variables). Ce cas particulier pourrait indiquer que la chemise de platine de cette expérience serait la seule réellement restée étanche, impliquant une origine de la contamination externe à l'échantillon de la composante atmosphérique (i.e., du milieu de confinement). La durée de l'expérience est bien plus courte pour cette expérience que pour les autres (85 h vs. 143 h et 182 h). Ce paramètre est sans doute à prendre en compte dans la cinétique d'interaction entre les muscovites et leur environnement.

5.4.2. Mécanismes de déformation mis en jeu

5.4.2.1. Héritage structural et effet sur la localisation de la déformation

La fabrique anisotrope initiale de l'échantillon de gneiss, dont la foliation mais surtout les bandes de cisaillement recoupant/flexurant celle-ci (fig. 5-1e et f) peut influencer la localisation de la déformation générée lors de nos expériences, en particulier à la faveur de ces dernières favorablement orientées par rapport à la contrainte principale appliquée. Cette éventualité a d'ailleurs conditionné le choix de cette configuration de départ afin d'exacerber l'effet de la déformation expérimentale.

La déformation expérimentale par Kullberg (2021) d'un gneiss à grain fin (contenant des biotites) déjà étudié par Holyoke et Tullis (2006a et 2006b), a également mis en évidence la réactivation de structures préexistantes. Leurs expériences se déroulent en deux étapes : (1) tous les échantillons subissent une déformation cassante réalisée à 25 °C et 50-150 MPa, dans le but d'introduire une hétérogénéité dans le gneiss initial. (2) La pression et la température sont ensuite augmentées pour atteindre $T = 700\text{ °C}$ et $P = 1.5\text{ GPa}$. Les expériences se divisent en deux catégories : les expériences hydrostatiques et les expériences de déformation. L'orientation de la foliation/linéation et la quantité de raccourcissement varient entre les expériences. Tous les échantillons ont développé une structure cassante dans la première étape des expériences. Puis ils ont développé une zone de cisaillement plastique le long de cette structure préexistante. Les microstructures et mécanismes de déformation varient en fonction de la quantité de raccourcissement : (1) à faible quantité de raccourcissement, la déformation se localise le long de la structure préexistante et est accommodée par des mécanismes de déformation plastique (e.g. bandes de cisaillement). La zone de cisaillement est constituée de larges porphyroclastes entourés de fins grains recristallisés et de quelques zones poly-minéralogiques de mélange (« *phase mixing* ») composées de grains recristallisés de quartz, feldspaths et biotites ; (2) pour une quantité de raccourcissement intermédiaire (<15 %), la déformation se localise également le long de la structure préexistante. Les zones de mélange sont plus nombreuses et alternent avec des grains finement recristallisés issus des porphyroclastes environnants. Les grains de biotite présentent parfois des kinks ; (3) à raccourcissement croissant (44 %), les minéraux entourant la zone de cisaillement commencent à accommoder la déformation par la combinaison de mécanismes de déformation cassants et plastiques (kinks, bandes de cisaillement). Les zones de mélanges et les porphyroclastes de biotite et de muscovites sont fortement cisailées tandis que les zones monocristallines à fins grains recristallisés sont toujours présentes. Ces zones de cisaillement, présentes dans les différentes expériences, sont ainsi dominées par la recristallisation de grains de quartz, feldspath et biotite. La similitude des différentes zones de cisaillement malgré la variation de l'orientation de la foliation par rapport à la contrainte principale amène Kullberg (2021) à la conclusion que l'orientation de la foliation importe peu lorsque des structures de déformation préexistantes sont présentes dans les échantillons.

Les structures de déformation identifiées dans nos échantillons montrent également une évolution à quantité de déformation croissante :

- à 4-5 % (NOR2) : quelques petites zones de cisaillement se développent (fig. 5-7f) avec localement quelques bandes de cisaillement et des kinks accommodant la déformation (fig. 5-12a, b et c). Quelques sous-grains sont visibles aux abords des structures de déformation (fig. 5-12a et c). Les muscovites en dehors de ces zones sont indemnes (fig. 5-11b et c et 5-12d).
- à 16 % (NOR3) : Plusieurs zones de cisaillement (parfois conjuguées) se développent (fig. 5-7i). L'orientation des bandes de cisaillement varie en fonction de leur proximité avec les zones de cisaillement : de 0 à 30 ° par rapport à σ_1 au sein des zones de cisaillement (fig. 5-14c, d et e). Dans le reste de l'échantillon, leur orientation est similaire à celle du gneiss initial et de NOR2 (à 30 ° de la foliation). Les zones de cisaillement sont composées principalement de monograins de micas recristallisés (fig. 5-14c, d et e) et de zones de mélange (grains de quartz, micas, feldspath-K et plagioclases recristallisés ; fig. 5-14d). Les muscovites non déformées sont rares. Quelques kinks sont présents dans les muscovites en bordure de l'échantillon (fig. 5-14e).
- à 32 % (NOR4) : Plusieurs zones de cisaillement conjuguées se sont développées et traversent tout l'échantillon (fig. 5-7l). Les bandes de cisaillement sont orientées à 45 ° par rapport à la contrainte principale dans les zones de cisaillement (5-16a, c et d). A l'approche des zones de cisaillement, leur orientation est similaire à celles présentes dans l'échantillon NOR3 et varie entre 0 et 30 ° (par rapport à σ_1 ; fig 5-16b), localement quelques bandes de cisaillement sont orientées comme dans le gneiss initial et dans l'échantillon NOR2 (à 30 ° de la foliation). Les zones de cisaillement sont composées de zones à grains fins de muscovites et biotites recristallisées (fig. 5-16a, c et d). Les zones de mélange sont plus nombreuses que dans NOR3 (fig. 5-16a).

Dans nos échantillons, la présence de bandes de cisaillement préexistantes au sein des niveaux riches en micas semble avoir favorisé la localisation de la déformation. Ainsi, même l'échantillon NOR1 (expérience statique, sans déformation appliquée) présente quelques structures de déformation. Les micas constituent la phase préférentiellement d'accommodation de la déformation et conditionnent la formation de larges zones de cisaillement via des mécanismes de recristallisation. Avec l'augmentation de la déformation, les autres phases minérales (quartz, feldspaths et plagioclase) sont progressivement impliquées dans la recristallisation dynamique et donnent naissance aux zones de mélange.

5.4.2.2. Structures de déformation et mécanismes associés

Les courbes mécaniques des deux expériences de déformation NOR3 et NOR4 (fig. 5-5) montrent un comportement plastique idéal normalement associé à l'apparition de structures de

déformation telles que des glissements selon le plan (001), des bandes de cisaillement ou encore des kinks (Tullis et Yund, 1977 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012). La quantité, la localisation et l'orientation de ces structures dépendent grandement des conditions expérimentales (P , T , t et $X_{\text{H}_2\text{O}}$), mais également de l'orientation initiale des minéraux.

Dans nos expériences, la déformation coaxiale a été conduite de sorte à avoir la foliation sub-perpendiculaire à σ_1 . Les structures observées dans NOR2 se composent de quelques kinks parallèles à σ_1 et de bandes de cisaillement regroupées au centre de l'échantillon et présentant une orientation d'environ 30° par rapport à la foliation (fig. 5-11 et 5-12). Les résultats des deux expériences de déformation NOR3 et NOR4 sont très similaires malgré la différence de quantités de raccourcissement (16 et 32 % respectivement). Les kinks sont rares alors que les bandes de cisaillement induites sont très nombreuses et se densifient dans les zones de cisaillement (fig. 5-14 et 5-16). L'orientation des bandes de cisaillement varie entre 30° jusqu'à être subparallèle à σ_1 pour NOR3. Elles sont d'environ 45° dans les zones de cisaillement de NOR4 (l'orientation varie dans le reste de l'échantillon).

Les expériences de déformations antérieures, menées sur des micas noirs et blancs, ont déjà illustré l'effet de l'orientation de la foliation par rapport à la direction de la contrainte principale (Paterson et Weiss, 1966 ; Etheridge et al., 1973 ; Meike, 1989 ; Kronenberg et al., 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mares et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012) et viennent compléter nos observations.

Les biotites déformées à 1500 MPa, 400°C et orientées perpendiculairement à σ_1 dans l'étude de Kronenberg et al. (1990) ne montrent que de la fracturation. Paterson et Weiss (1966) ont déformé expérimentalement des phyllites à température ambiante, à 5 kbar de pression et avec une orientation de la foliation perpendiculaire à σ_1 . Les échantillons déformés ne contiennent pas de kinks, ni de glissement le long du plan (001) mais présentent des fractures et des critères de cisaillement obliques à la foliation et à la direction de la contrainte principale. Shea et Kronenberg (1993) ont mis en évidence l'augmentation de la résistance à la contrainte des biotites déformées perpendiculairement à σ_1 . Les structures observées se composent de kinks et de zones de cisaillement d'échelle millimétrique. Leurs expériences à température variable (25°C ou 400°C pour une pression de 200 MPa) mettent en évidence du glissement de dislocation plus organisé à haute température. Les zones de cisaillement identifiées sont accommodées par la combinaison de mécanismes intragranulaires cassants (microfracturation et glissement par friction) et plastiques (glissement de dislocations et kinks). Ces zones de cisaillement se développent via la nucléation de microbandes de cisaillement dans les micas noirs. Dans le cas de la déformation expérimentale de muscovites, Mares et Kronenberg (1993) ont mis évidence la présence de nombreuses fractures qui traversent toute la largeur des échantillons et sont orientés à $25\text{-}30^\circ$ de σ_1 .

Quelques kinks au plan axial parallèle à la direction de la contrainte principale ont également été observés.

Nos conditions expérimentales (650 °C, 1.5 GPa, 10^{-6} s^{-1}) engendrent des structures de déformation plastique semblables à celles de ces différentes études sans toutefois produire de fracturation majeure comme documenté par Paterson et Weiss (1966) à plus basses pression et température. Par ailleurs, des zones de cisaillement des échantillons NOR3 et NOR4 semblent se développer au sein du gneiss. Les orientations des kinks (subparallèles à σ_1) et des bandes de cisaillement ($30 - 45^\circ$ de σ_1) sont également cohérentes avec les études précédentes. Les plans axiaux des kinks, les bandes de cisaillement et les joints des grains recristallisés délimitent des sous-domaines visibles au MEB et dont la taille varie au sein des échantillons (fig 5-9a, 5-11a et c, 5-12a, c, d, e et 5-14). NOR2 présente une diminution de la taille des sous-grains aux abords des kinks (fig. 5-11a et 5-12a) et des bandes de cisaillement (fig. 5-12c). NOR3 et NOR4 montrent également une diminution de leur taille au niveau des bandes de cisaillement (fig 5-14a, c, d et 5-16a, b, c, d) mais également au sein des zones de cisaillement (fig. 5-14c, d, et 5-16a, c, d). L'augmentation de la taille des sous-grains est corrélée avec l'éloignement des zones de cisaillement (fig. 5-14a et 5-16a, d et e).

Globalement, et en conformité avec les études préalables, la déformation appliquée durant nos expériences se caractérise d'abord par une réduction de taille de grain. Plusieurs mécanismes tels que la cataclase, le fluage dislocation ou encore le fluage diffusion peuvent expliquer cette diminution (cf. chapitre 2, sections 2.1.2 et 2.1.3). L'absence de structure de déformation cassante dans le gneiss initial et dans les échantillons expérimentaux exclut les mécanismes de cataclase, en tout cas au niveau de résolution de nos observations ($< 5 \mu\text{m}$). Il reste toutefois possible que des mécanismes de friction (e.g. ripplocations) soient impliqués, bien qu'ils soient difficilement identifiables lors de déformations expérimentales avec un assemblage solide. La présence de grains finement recristallisés à partir de monograins préexistant dans les expériences NOR3 et NOR4 militent plutôt en faveur de mécanismes de recristallisation, les zones de mélanges peuvent quant à elles témoigner de glissements aux joints de grains (« grain boundary sliding », GBS) souvent identifiés dans la déformation de roches naturelles (Stunitz et Fitzgerald, 1993 ; Fliervoet et al., 1997 ; Kilian et al., 2011), comme dans le cadre de déformation expérimentale (Tullis et Yund, 1985 ; Stunitz et Tullis, 2001 ; De Ronde et al., 2004 ; Barnhoorn et al., 2005 ; Holyoke et Tullis, 2006a et 2006b ; Miranda et al., 2016 ; Togle et al., 2023). L'augmentation du nombre de zone de mélange dans NOR4 (comparé à NOR3) peut ainsi être attribuée à l'augmentation de la quantité de déformation et démontre une corrélation entre l'intensité de la déformation et la diminution progressive des tailles de grains au sein des zones de cisaillement.

5.4.3. Mécanismes de perte d'argon

Plusieurs mécanismes, discutés dans le chapitre 4 (partie 4.4.4), sont potentiellement impliqués dans la mobilité de l'argon dans les muscovites : (1) la diffusion volumique ; (2) les voies de diffusion rapide ; (3) la combinaison des deux.

La formation de sous-grains de taille et distribution variables dans deux des expériences (NOR3 et NOR4) intervient potentiellement dans la remobilisation de l'argon et le rajeunissement apparent des âges obtenus sous l'effet de la diffusion volumique (par réduction effective de la distance physique du transfert diffusif). Il est possible d'estimer la gamme de taille effective requise pour expliquer les pertes observées en les comparant aux pertes prédites dans un cristal parfait (aux conditions P - T - t explorées).

L'effet de la perte par diffusion en fonction de la taille de grain peut être estimé en calculant les pertes fractionnelles (f) prédites par l'expression théorique de Crank (1975, équation 4.1). La relation entre f et l'intensité de la crise thermique est illustrée dans la figure 5-24 montrant l'allure et le degré de perte fractionnelle en fonction de Dt/a^2 . Nos valeurs expérimentales sont issues de plusieurs muscovites de petite taille (a entre 77 et 380 μm) pour lesquelles plusieurs mesures *in-situ* permettent de raisonnablement estimer l'âge intégré à l'échelle du grain. Les pertes représentées dans la figure 5-24 indiquent un écart important entre les valeurs empiriques (observations) et les pertes théoriques prédites par le modèle, quel que soit le jeu de valeurs adopté (fig. 5-24b, échelle log).

Comme pour le chapitre 4, les pertes fractionnelles sont plusieurs ordres de grandeur inférieurs à ceux prédits théoriquement (fig. 5-24b, tableau 5-5). Les pertes mesurées sont trop fortes compte tenu de la taille physique des grains et correspondent aux pertes attendues pour des grains de 6 à 9 ordres de grandeur plus petits que la taille observée. Ceci est valable pour les échantillons déformés comme pour les échantillons de recuit statique.

Cette observation implique une échelle de diffusion plus réduite que la taille apparente des grains, par le biais de discontinuités internes (structures micrométriques, défauts étendus) non observées à l'échelle des images SEM. Alternativement (ou conjointement), elle peut indiquer l'intervention d'autres mécanismes que la diffusion (e.g. recristallisation dynamique) pour expliquer les pertes d'argon enregistrées.

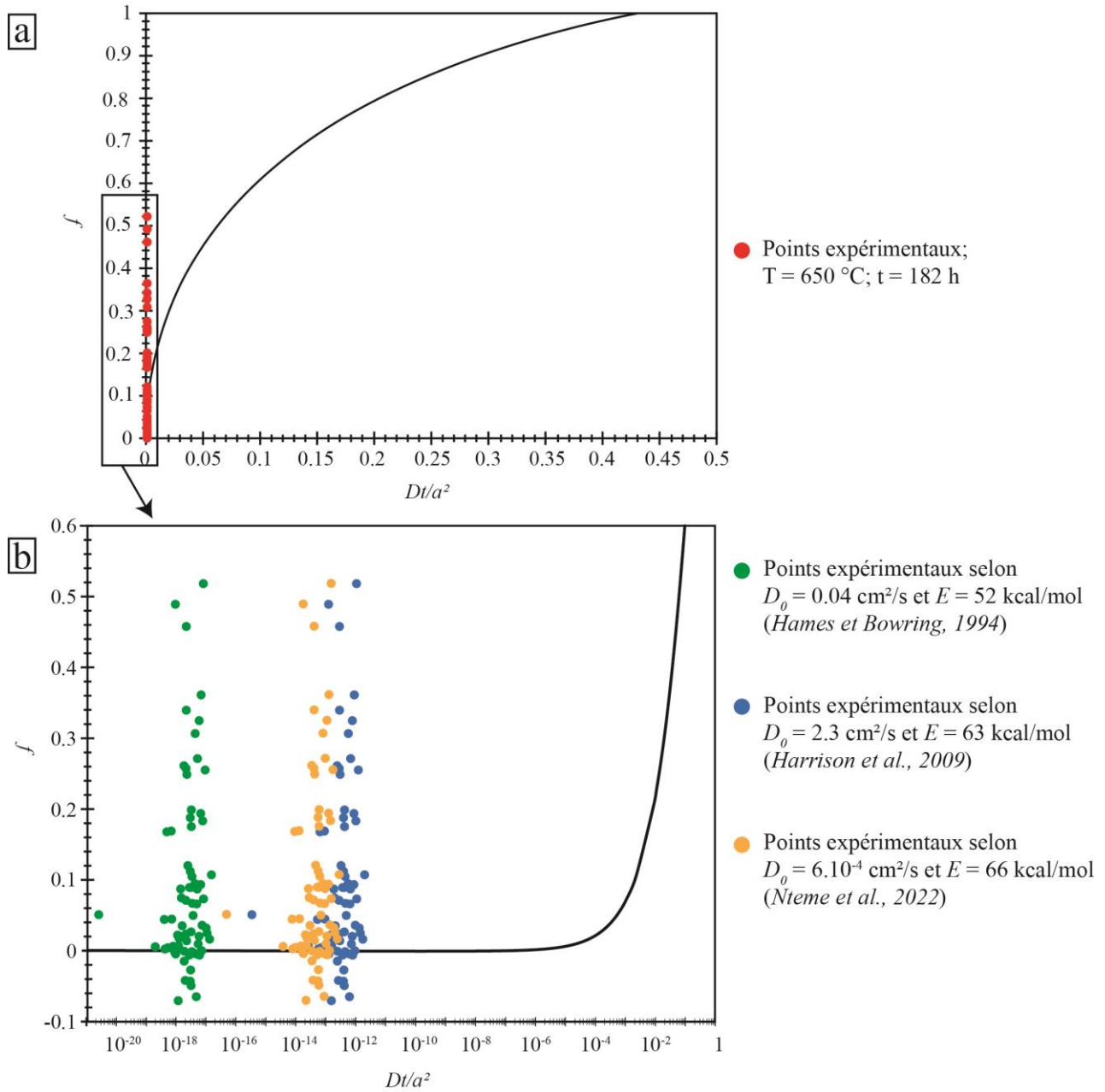


Figure 5-24 : Perte fractionnelle d'argon théorique vs. pertes empiriques dans les muscovites de nos échantillons expérimentaux de gneiss. (a) perte théorique d'argon en fonction de Dt/a^2 , D est calculé à partir des données de Hames et Bowring (1994). (b) pertes d'argon enregistrées dans nos muscovites. Les calculs ont été effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63\text{ kcal/mol}$, de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52\text{ kcal/mol}$ et de Ntème et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4}\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66\text{ kcal/mol}$. Des pertes théoriques correspondantes à celles enregistrées dans nos échantillons expérimentaux demanderaient des tailles de grain de 6 à 10 ordres de grandeur plus petites.

échantillon	type d'expérience	nb mesure par grain	Référence figure	f (perte)	a (rayon en μm)	Dt/a^2 hames	Dt/a^2 harrison	Dt/a^2 Nteme
NOR1	HP	2	15i	0.02	199.32	3.16E-13	4.50E-14	2.28E-18
		2	15h	0.02	260.14	1.85E-13	2.64E-14	1.34E-18
		1	15g	0.11	77.70	2.08E-12	2.96E-13	1.50E-17
		1	15f	0.03	91.22	1.51E-12	2.15E-13	1.09E-17
		1	15f	0.11	165.54	4.58E-13	6.52E-14	3.31E-18
		1	15e	0.09	118.24	8.97E-13	1.28E-13	6.49E-18
		1	15e	0.20	118.24	8.97E-13	1.28E-13	6.49E-18
		1	15d	0.19	175.68	4.06E-13	5.79E-14	2.94E-18
		2	15d	0.00	221.62	2.55E-13	3.64E-14	1.85E-18
		4	15j	0.09	182.43	3.77E-13	5.37E-14	2.73E-18
		1	15k	0.00	113.51	9.74E-13	1.39E-13	7.04E-18
		2	15a	0.11	176.50	4.03E-13	5.73E-14	2.91E-18
		1	15b	0.10	146.50	5.84E-13	8.32E-14	4.23E-18
		5	15c	0.00	315.54	1.26E-13	1.79E-14	9.11E-19
		3	15c	0.05	5931.08	3.57E-16	5.08E-17	2.58E-21
NOR2	Pic de contrainte	1	16a	-0.05	115.37	4.40E-13	6.27E-14	3.18E-18
		1	16a	0.00	112.66	4.62E-13	6.57E-14	3.34E-18
		1	16a	-0.07	189.94	1.62E-13	2.31E-14	1.17E-18
		1	16b	0.01	193.44	1.57E-13	2.23E-14	1.13E-18
		10	16c	0.00	316.91	5.83E-14	8.31E-15	4.22E-19
		1	16d	-0.06	94.42	6.57E-13	9.36E-14	4.75E-18
		1	16d	-0.04	144.00	2.83E-13	4.02E-14	2.04E-18
		1	16e	-0.04	119.42	4.11E-13	5.85E-14	2.97E-18
		1	16f	0.27	90.75	7.11E-13	1.01E-13	5.14E-18
		2	16f	0.02	196.05	1.52E-13	2.17E-14	1.10E-18
		3	16f	0.05	320.78	5.69E-14	8.11E-15	4.12E-19
		1	16h	0.02	186.60	1.68E-13	2.40E-14	1.22E-18
		1	16h	0.33	85.17	8.08E-13	1.15E-13	5.84E-18
		1	16i	0.18	116.94	4.28E-13	6.10E-14	3.10E-18
		2	16i	0.07	143.72	2.84E-13	4.04E-14	2.05E-18
		6	16j	0.01	462.24	2.74E-14	3.90E-15	1.98E-19
		1	16k	0.31	99.14	1.28E-12	8.49E-14	4.31E-18
		2	16m	0.04	162.47	4.75E-13	3.16E-14	1.60E-18
		1	16n	0.01	238.56	2.20E-13	1.47E-14	7.44E-19
		1	16o	0.19	119.02	8.86E-13	5.89E-14	2.99E-18

		2	16o	-0.01	151.64	5.46E-13	3.63E-14	1.84E-18
		2	16p	-0.03	118.25	8.97E-13	5.97E-14	3.03E-18
		2	16p	0.00	216.46	2.68E-13	1.78E-14	9.04E-19
NOR3	16 % de raccourcissement	2	17a	0.01	242.61	1.67E-13	2.38E-14	1.21E-18
		3	17a	0.17	379.55	6.84E-14	9.74E-15	4.95E-19
		1	17b	0.00	269.25	1.36E-13	1.94E-14	9.83E-19
		2	17b	0.07	145.31	4.67E-13	6.65E-14	3.38E-18
		4	17b	0.01	296.65	1.12E-13	1.60E-14	8.10E-19
		1	17n	0.52	95.16	1.09E-12	1.55E-13	7.87E-18
		2	17o	0.34	182.19	2.97E-13	4.23E-14	2.15E-18
		1	17m	0.46	179.81	3.05E-13	4.34E-14	2.20E-18
		1	17m	0.26	181.60	2.99E-13	4.26E-14	2.16E-18
		5	17l	0.49	276.66	1.29E-13	1.83E-14	9.31E-19
		2	17j	0.26	197.31	2.53E-13	3.61E-14	1.83E-18
		1	17k	0.03	151.89	4.27E-13	6.08E-14	3.09E-18
		7	17g	0.17	323.51	9.42E-14	1.34E-14	6.81E-19
		2	17h	0.20	151.19	4.31E-13	6.14E-14	3.12E-18
		5	17h	0.00	366.61	7.33E-14	1.04E-14	5.30E-19
		4	17i	0.25	176.54	3.16E-13	4.50E-14	2.29E-18
		1	17i	0.26	88.90	1.25E-12	1.78E-13	9.02E-18
		2	17d	0.02	186.65	2.83E-13	4.03E-14	2.05E-18
		1	17c	0.00	126.86	6.12E-13	8.72E-14	4.43E-18
		1	17c	0.04	96.85	1.05E-12	1.50E-13	7.60E-18
		1	17e	0.07	121.85	6.64E-13	9.45E-14	4.80E-18
NOR4	32 % de raccourcissement	2	18n	0.09	254.29	1.94E-13	2.76E-14	1.40E-18
		1	18n	0.09	173.79	4.15E-13	5.91E-14	3.00E-18
		1	18n	0.07	107.09	1.09E-12	1.56E-13	7.91E-18
		1	18n	0.18	109.59	1.04E-12	1.49E-13	7.55E-18
		2	18a	0.02	257.72	1.89E-13	2.69E-14	1.37E-18
		3	18a	0.08	246.51	2.06E-13	2.94E-14	1.49E-18
		1	18c	0.02	125.74	7.93E-13	1.13E-13	5.74E-18
		3	18d	0.12	190.45	3.46E-13	4.93E-14	2.50E-18
		1	18e	0.03	97.17	1.33E-12	1.89E-13	9.61E-18
		2	18f	0.01	126.13	7.89E-13	1.12E-13	5.70E-18
		5	18g	0.04	360.01	9.68E-14	1.38E-14	7.00E-19
		1	18i	0.36	115.04	9.48E-13	1.35E-13	6.85E-18
		1	18i	-0.01	123.03	8.29E-13	1.18E-13	5.99E-18
		2	18i	0.00	180.54	3.85E-13	5.48E-14	2.78E-18
		1	18i	0.02	83.98	1.78E-12	2.53E-13	1.29E-17

		1	18b	0.05	159.92	4.91E-13	6.99E-14	3.55E-18
		1	18b	0.09	135.48	6.83E-13	9.73E-14	4.94E-18

Tableau 5-5 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la taille de grain des muscovites de nos échantillons expérimentaux, (voir fig. 5-24) [HP : hot pressing]

L'effet de la diffusion induit des gradients d'âges au sein des micas qu'il est également possible de modéliser suivant la perte fractionnelle f de la bordure (= perte totale) au cœur (perte partielle) en fonction de l'intensité de la perte (chapitre 4, section 4.4.3.2.2, équation 4-3). Dans nos conditions expérimentales (182 h), au-delà d'une taille de grain de 100 μm (Hames et Bowring, 1994), de 50 μm (Harrison et al., 2009) et de 0.5 μm (Nteme et al., 2022), les profils de pertes d'argon au sein des muscovites sont localisés en extrême bordure (r/a entre 0.95 et 1) des grains (quasi-inexistants, fig. 5-25, tableau 5-6).

Ces tailles de grain sont très largement inférieures à la taille physique de nos minéraux (a varie de 174 à 884 μm). La modélisation des gradients de pertes des cœurs aux bordures de l'échantillon NOR2 ne montre pas de gradients de pertes, les faibles pertes sont très homogènes. L'échantillon NOR1 présente un gain d'argon, qui varie très peu entre le cœur et la bordure. Les pertes fractionnelles des échantillons NOR3 et NOR4 se distinguent complètement des abaques calculées (ne suivent pas les profils de diffusion) et sont bien supérieures aux prédictions théoriques. Cette analyse indique clairement que la diffusion volumique ne peut pas expliquer les pertes observées, à moins qu'un effet de structure (liée à la déformation) n'ait réduit la taille effective de diffusion sous la taille physique apparente des grains. Les observations en microscopie optique et imagerie SEM n'ont pas permis d'identifier des structures de cette taille. L'imagerie à très haute résolution comme le TEM pourrait répondre à cette question. En particulier, la formation de défauts étendus matérialisée par des délaminations locales le long de (001) pourrait amplifier la diffusivité d'un facteur 6 à 10 ordres de grandeur (Kramar et al., 2003 ; Nteme et al., 2023).

Toutefois, les zones de mélange, ainsi que les grains recristallisés à partir des porphyroclastes de muscovite, ont des tailles inférieures à 5 μm inaccessibles individuellement avec la résolution actuellement disponible du laser UV ($> 50 \mu\text{m}$). La datation en « bulk » permettrait d'obtenir des âges sur ces zones à très faible granulométrie, en gardant toutefois à l'esprit l'éventualité de la contribution potentielle de biotite et de feldspaths potassiques impliquant un triple apport d'argon dans les domaines mixtes, poly-minéralogiques (trois réservoirs potentiels).

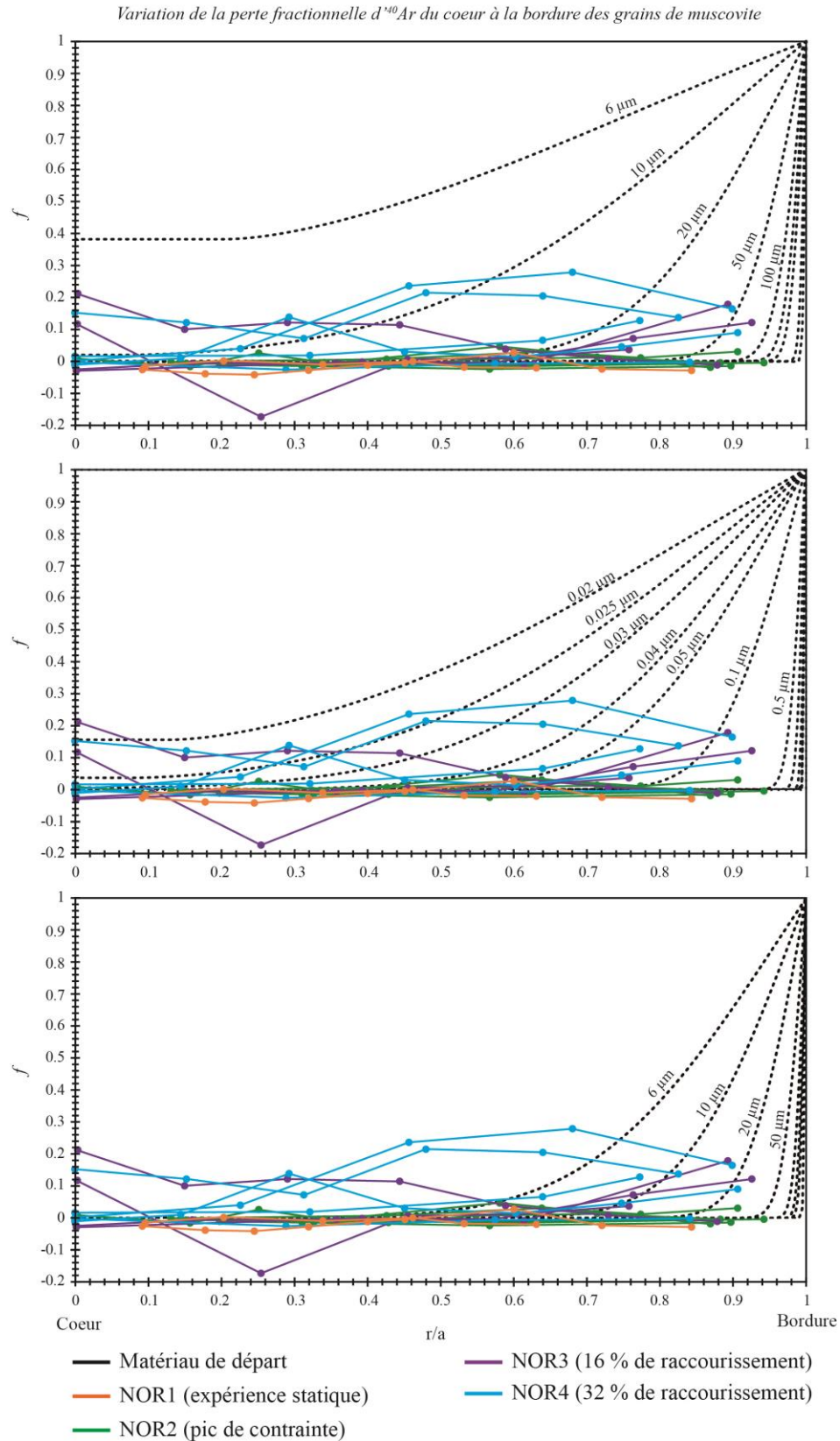


Figure 5-25 : Perte fractionnelle d'argon théorique et empirique en fonction de la distance fractionnelle entre le cœur et la bordure des grains de muscovite. Les calculs effectués avec les données de Harrison et al. (2009) : $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (a), de Hames et Bowring (1994) : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (b) et de Nteme et al. (2022) : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (c).

échantillon	Type d'expérience	Nombre de mesures par gradient	taille du gradient (rayon du grain en μm)	Référence figure
NOR1-1	HP	7	481.16	15l
NOR1-2		8	869.57	15l
NOR2-1	Pic de contrainte	3	271.83	16a
NOR2-2		3	202.78	16a
NOR2-3		4	173.81	16a
NOR2-4		8	582.54	16a
NOR2-5		5	384.51	16h
NOR3-1	16 % de raccourcissement	5	523.53	17j
NOR3-2		7	772.55	17f
NOR3-3		6	304.30	17d
NOR3-4		4	291.40	17d
NOR4-1	32 % de raccourcissement	6	884.20	18b
NOR4-2		5	480.30	18b
NOR4-3		4	203.53	18i
NOR4-4		7	784.12	18i
NOR4-5		4	347.06	18l

Tableau 5-6 : Récapitulatif des pertes fractionnelles en fonction de la distance coeur-bordure des muscovites de nos échantillons expérimentaux. (voir fig. 5-25)

5.5. Conclusion

L'analyse de la mobilité de l'argon, couplée à l'analyse de la distribution de la déformation au sein d'une roche granitique présentant une anisotropie, conduit aux observations et conclusions suivantes :

- (1) La distribution spatiale de la déformation correspond au développement de zones de cisaillement traversant toute la largeur des échantillons déformés. Cette localisation de la déformation a été favorisée par la présence de structures de déformation préexistantes.
- (2) Les structures de déformation évoluent avec l'augmentation de la quantité de déformation via la formation de kinks présentant une orientation subparallèle à la direction de la contrainte principale puis des bandes de cisaillement orientées de $30-45^\circ$, jusqu'à être subparallèles à σ_1 . Des sous-domaines de taille variable sont observés aux abords de ces structures avec une corrélation entre la présence de structures de déformation et la diminution des tailles des sous-domaines.
- (3) La simulation de diffusion d'argon en fonction de la taille des muscovites montre que la diffusion ne suffit pas à expliquer toutes les pertes d'argon enregistrées. Les pertes fractionnelles sont concordantes avec la taille des sous-domaines observés dans les muscovites présentes dans

les zones de cisaillement ($< 5 \mu\text{m}$) mais pas dans les muscovites présentant des gradients cœur-bordure, ni dans celles éloignées de ces zones intensément déformées, ceux-ci indiquant un autre mécanisme. Toutefois, la taille des ablations laser ($50\mu\text{m}$) ne permet pas d'aller mesurer avec précision les pertes enregistrées (datation en bulk).

- (4) Le rajeunissement des âges observé dans les muscovites de petite taille ($50\text{-}100 \mu\text{m}$) et les muscovites présentant des gradients cœur-bordure (en dehors des zones de cisaillement) suggèrent l'effet de défauts intracristallins susceptibles de favoriser la mobilité de l'Ar initial via des voies de diffusion rapide; couplés avec la diffusion volumique (thermiquement activée) celles-ci impliquent un mécanisme de diffusion multi-chemins (Lee, 1995). La vérification de la présence de défauts et de voies de diffusion rapide nécessite toutefois d'avoir recours au TEM.

Chapitre 6 : Déformation expérimentale d'un système monocristallin : distribution intragranulaire de la déformation et ses conséquences sur la distribution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ* dans le mica blanc

6.1. Introduction

La déformation expérimentale de roches naturelles présentée dans les chapitres précédents a permis de reproduire les structures et les mécanismes rencontrés en milieu naturel. Ces expériences mettent en évidence l'étroite relation spatiale intra- et inter-grains qui existe entre la déformation et les âges. Toutefois, ces systèmes de départ restent complexes et difficiles à analyser, en particulier vis-à-vis de la réactivité et des possibles interactions chimiques induites entre les différentes phases minérales, ainsi que de la micro-rhéologie entre phases de compétence et de comportement mécanique différents. En outre, les agrégats polycristallins naturels peuvent représenter plusieurs réservoirs d'argon (micas noirs et blancs, feldspaths potassiques) susceptibles d'interagir de façon complexe au cours de la déformation, en fonction du comportement réactionnel, rhéologique, et diffusif de chaque phase, rendant difficile la compréhension des bilans et des mécanismes de rétention ou mobilité de l'argon opérant à l'échelle du grain.

Dans ce chapitre, on s'attache à simplifier le système pour s'affranchir des phénomènes croisés de contamination et de rééquilibration isotopique liés à la rétention spécifique de chaque phase lors de la déformation (et la montée en température). Afin d'émuler et analyser la réponse isotopique à la déformation dans les conditions les plus simples possibles, des séries de déformation expérimentale sont réalisées sur un système mono-minéralogique, à savoir, un monocristal de mica (lépidolite) soumis à des conditions de déformation identiques (en P - T - ε) aux chapitres précédents. Cette simplification du système vise à étudier en détail la distribution spatiale de la déformation et des structures induites au sein du mica en s'affranchissant des effets de texture, de déséquilibre (instabilité) mécanique et de réservoirs potentiellement complexes documentés précédemment pour les roches grenues à rhéologie multiminérale complexe. Ceci permettra d'approfondir et d'éclaircir les relations, déjà évoquées dans les chapitres précédents, entre la répartition de la déformation dans un mica blanc et les âges apparents mesurés. Enfin, par le choix d'une structure cristalline unique de départ (monocristal), cette approche est destinée à permettre la quantification directe des mécanismes de perte et de transfert d'argon à l'échelle du réseau cristallin lors de la déformation.

6.2. Matériau de départ et conditions expérimentales

Deux types d'assemblage ont été envisagés pour simplifier le système. Le premier consiste en un mélange bi-minéralogique composé de mica blanc pur mélangé à une autre phase minérale neutre (quartz ou calcite). Cette phase neutre (matrice) ne doit pas interagir (ou très peu) chimiquement et physiquement avec les micas blancs de façon à minimiser les problèmes de déstabilisation réactionnelle venant se superposer à la diffusion et à la déformation (cf. Chapitre 2). D'autre part, elle ne doit pas posséder d'argon radiogénique afin de ne pas interférer avec le signal radiogénique du mica de départ (et son bilan à l'issue de l'expérience). Cette approche est laborieuse car l'assemblage de départ doit posséder une granulométrie adaptée à la déformation sous presse de Griggs (relativement fine, i.e.,

inférieure à 150 μm pour les micas et autour de 10-20 μm pour la calcite ou le quartz). Cela implique le tamisage des micas ainsi que le broyage et tri par décantation de la phase matricielle. La quantité de matériau nécessaire pour réaliser une série d'expériences (plusieurs grammes) constitue également une contrainte.

La deuxième option consiste à utiliser un monocristal de mica blanc. Le choix du matériau est important car il doit avoir une taille et une épaisseur optimales pour être déformé à la presse de Griggs. Les micas ont tendance à se déliter en feuillets lors de la préparation des échantillons, ce qui conditionne le choix de départ. Ceci impose d'utiliser un cristal de taille la plus grande possible dans l'espace utile réservé à la charge expérimentale (env. 6 mm de diamètre). Notre choix a porté sur un monocristal automorphe de grande taille (6 cm de diamètre, 5 mm d'épaisseur, fig. 6-1) d'origine exacte inconnue (Madagascar) pour lequel nous avons dû entreprendre la caractérisation chimique et isotopique préalable afin d'en estimer l'homogénéité requise pour un matériau de départ.

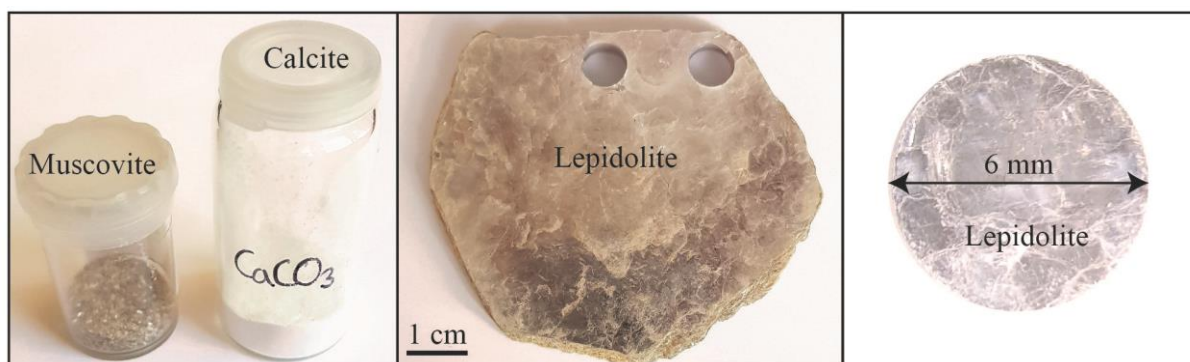


Figure 6-1 : Matériaux de départ utilisés lors des expériences de recuit statique et de déformation réalisées à la presse de Griggs. Deux séries d'expériences ont été réalisées : la première utilisant un mélange de poudre de calcite et de muscovite (70 % - 30 %) ; la deuxième, utilisant un monocristal de mica blanc (Lépidolite).

Dans un premier temps, ces deux approches ont été testées afin de déterminer la meilleure option opérationnelle. Deux expériences de déformation non-coaxiale ont été menées sur une poudre composée à 30 % de muscovite (pluton, massif central, 300 Ma) et 70 % de calcite (marbre, Naxos) (table 1, expériences en jaune ; fig. 6-1). La calcite a été préférée au quartz comme phase matricielle pour sa faible interaction chimique avec le mica blanc. Le quartz est en effet potentiellement plus réactif à travers la réaction (muscovite + quartz $\rightarrow$ Feldspath-K + silicate d'alumine + H_2O). D'autre part, la résistance mécanique de la calcite est moindre que celle du quartz (e.g. à 700 $^{\circ}\text{C}$, les contraintes différentielles sont de 200 MPa et 300 MPa respectivement pour les mêmes conditions de déformation ; DellePiane et al., 2009 ; Cosette et al., 2015 ; Précigout et al., 2018 ; Nègre et al., 2021). La minimisation du contraste rhéologique réduit à priori les effets de poinçonnement, ce que nous voulons éviter dans cette étude. Les proportions ont été définies de manière à avoir une quantité suffisante de muscovite pour obtenir une quantité minimale de gaz lors de la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, tout en évitant que les muscovites

s'interconnectent (avec nucléation/localisation de microbandes de cisaillement), ce qui est le cas si elles sont en trop grandes proportions. Malheureusement, des tests à $T = 650\text{ °C}$, $P = 15\text{ kbar}$, $0.1\text{ \%mass. H}_2\text{O}$ ont montré que les échantillons n'étaient pas assez cohésifs à l'issue des expériences. Contrairement aux expériences de déformation standards (Precigout et al., 2018 ; Mansard et al., 2020), le produit fini de nos déformations à la presse ne peut pas être préalablement induré (au baume ou à la résine époxy, par imprégnation) pour l'analyse ultérieure *in-situ* en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. En effet, l'ajout de composés organiques peut sérieusement compromettre l'intégrité analytique du spectromètre de gaz rares (contamination des masses Ar par des hydrocarbures et halogènes qui restent de façon permanente piégés sur les surfaces sous vide). En l'absence d'induration post-mortem, les charges expérimentales se délitent ou se désagrègent excessivement facilement à l'ouverture des chemises de platine. Ceci interdit de fait la mesure $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ*, même sur des esquilles (fig. 6-2). Ce protocole est donc inadapté et n'a pas été retenu plus avant.

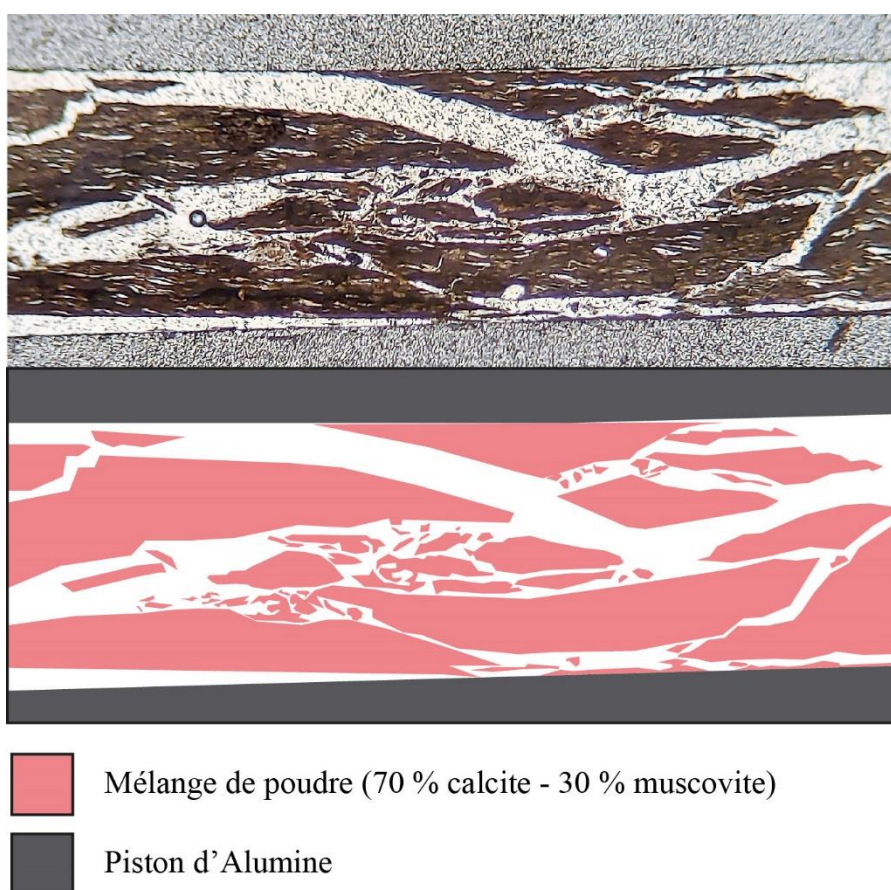


Figure 6-2 : Photo et schéma de l'échantillon CM2. Le mélange de poudre (calcite + muscovite) a été déformé en cisaillement. Les muscovites ont été cisillées et se présentent sous forme sigmoïdale. L'échantillon s'est cependant fracturé durant la décompression et n'est plus cohésif, rendant impossible la reconstitution de l'échantillon à l'extraction de la chemise de platine et la datation *in-situ* en fonction des structures.

	Matériau de départ	T (°C)	P (kbar)	Eau ajoutée (mass.%)	Type d'expérience	Quantité de déformation	Durée (h)	Vitesse de déformation (s^{-1})	Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$
CM1	poudre	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 1.5$	384	1E-05	Non
CM2	poudre	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 4.5$	150	2-3E-05	Non
LEP1	lépidolite	650	15	0.1	Expérience statique coaxiale	HP	170	-	Oui
LEP2	lépidolite	650	15	0.1	Expérience statique Non-coaxiale	HP	170	-	Oui
LEP3	lépidolite	650	15	0.1	Déformation non-coaxiale	$\gamma = 6$	169	2E-05	Oui

Tableau 6-1 : Récapitulatif des expériences réalisées à la presse de Griggs à partir d'un monograin de lépidolite. [HP : hot pressing (expérience statique)].

En conséquence, nous avons concentré nos efforts sur des expériences en cisaillement à partir de disques (feuillet carottés à la foreuse montée sur tour pour obtenir un disque de 6 mm de diamètre, et 1 à 2 mm d'épaisseur) monocristallins de mica blanc (mica lépidolitique, table 6-1, expériences signalées en vert ; fig. 6-1). Le matériau de départ, provenant de Madagascar, n'étant pas caractérisé du point de vue de la composition isotopique ou élémentaire, il a fallu préalablement s'assurer de son homogénéité comme de sa teneur initiale (âge) en argon. Des séries de mesure *in-situ* ont été réalisées à la microsonde. Ces résultats préliminaires montrent (fig. 6-3) que la lépidolite est chimiquement homogène. Sa composition modale indique 83 à 91 % de muscovite, 2-6 % de paragonite et 5-12 % de céladonite (fig. 6-3, table 6-2).

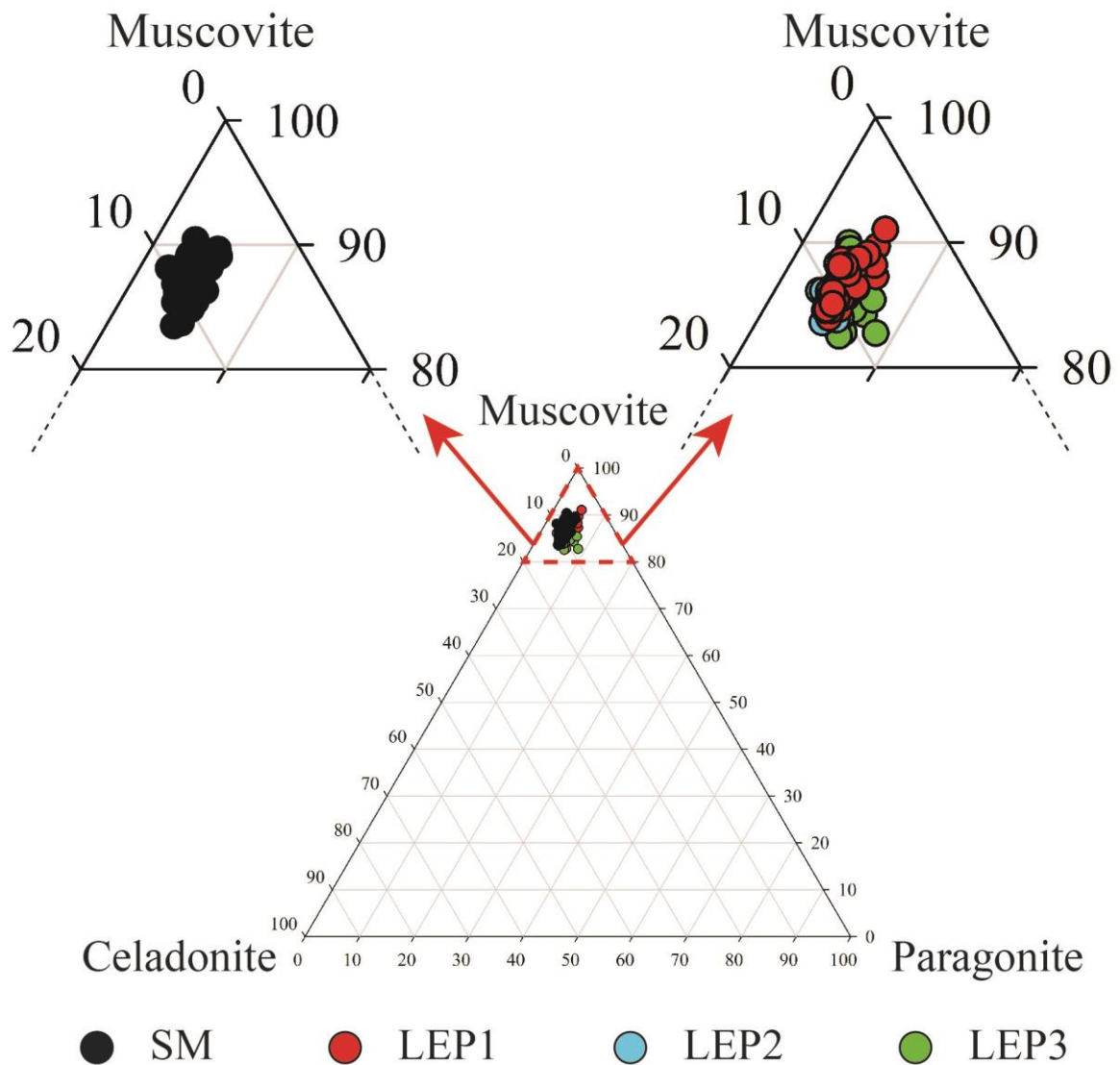


Figure 6-3 : Diagramme ternaire Muscovite-Paragonite-Celadonite figurant la composition de la lépidolite initiale (SM), dans les expériences statiques LEP1 et LEP2 ainsi que dans l'échantillon LEP3. Les trois échantillons présentent des compositions similaires avec une proportion de muscovite majoritaire (82 à 90 %) (voir tableaux 1 et 3).

Analyses chimiques	
	SM
SiO ₂	52,34
Al ₂ O ₃	26,13
TiO ₂	0,02
FeO	0,07
MgO	0,01
MnO	0,54
CaO	0,00
Na ₂ O	0,25
K ₂ O	8,55
F	3,89
Cl	0,00
Total	91,8
Formule structurale normalisée à 11 cations	
	SM
Si	3.66
Al (IV)	0.34
Al (VI)	1.82
Ti	0.00
Fe	0.00
Mg	0.00
Mn	0.03
Ca	0.00
Na	0.03
K	0.76
F	0.87
Cl	0.00

Tableau 6-2 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur la lépidolite initiale (moyenne sur 64 analyses).

La datation du matériau de départ indique une distribution et une répartition spatiale des âges plutôt homogènes (fig. 6-4). Les 247 mesures réalisées à plat (le long du plan 001, fig. 6-4b) ainsi que sur la tranche d'un disque (fig. 6-4c) de lépidolite donnent un âge intégré de 487.2 ± 4.5 Ma (TGA : Total Gas Age). Le monocristal de lépidolite s'avère donc totalement adapté à ce type d'étude.

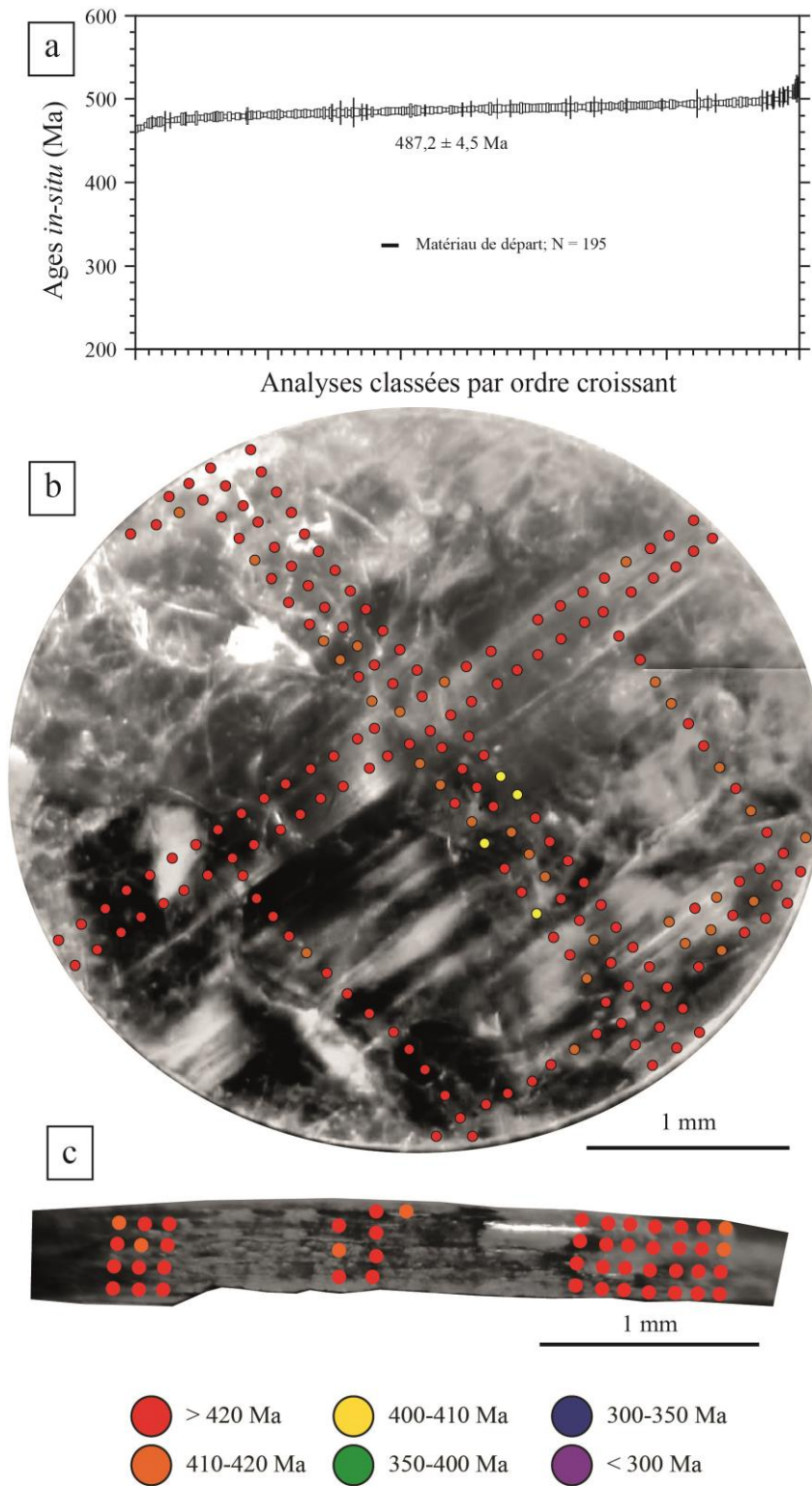


Figure 6-4 : Spectre et répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein du matériau de départ. (a) Spectre des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM). (b) répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. les datations ont été réalisées dans le plan (001) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 50 μm de diamètre. (c) Quelques mesures ont été effectuées sur la tranche de l'échantillon. Quelle que soit l'orientation de la lépidolite, la distribution des âges est plutôt homogène dans tout le disque.

Le conditionnement du monocristal comporte en outre un mélange de poudres (muscovite et calcite), utilisé lors des expériences (tests) précédentes (30% de muscovite et 70 % de calcite) (fig. 6-5). Ce mélange est destiné à garantir (pour les expériences en cisaillement) le centrage des disques de lépidolite entre les deux pistons sans échappement latéral durant l'expérience (fig. 6-5b). Dans le cas de l'expérience statique coaxiale, ce conditionnement permet au disque et à la matrice d'accommoder la légère déformation lors de la montée en pression-température sans effet de contrainte d'espace prononcée (fig. 6-5c).

La liste des expériences menées ainsi que le détail des conditions expérimentales sont reportés en Table 1. Afin de varier la quantité de déformation finie, plusieurs géométries d'assemblage ont été utilisées suivant trois protocoles différents :

(1) Une expérience de déformation en cisaillement (déformation non-coaxiale, LEP3). Le cisaillement est réalisé à l'aide de pistons d'alumine coupés à 45° et placés dans la chemise de platine scellée. Le disque de lépidolite est placé tel que son plan (001) est parallèle au plan de cisaillement (fig. 6-5b) ;

(2) Une expérience statique témoin (hot-pressing, LEP2) réalisée dans les mêmes conditions P - T que LEP3 et de même durée (fig. 6-5b). Bien que cette expérience soit considérée comme « statique », les contraintes anisotropiques liées à la montée en pression et température, et la géométrie non-coaxiale (pistons biseautés à 45° de leur axe) imposent une déformation à l'échantillon ;

(3) La montée en pression-température étant malgré tout susceptible d'engendrer elle-même de la déformation (surtout avec des pistons orientés comme ci-dessus), un second hot-pressing a été réalisé en mode coaxial (raccourcissement pur, LEP1), avec des pistons à l'intérieur de la chemise de platine non biseautés, avec l'extrémité parallèle au plan (001) de la lépidolite (fig. 6-5c).

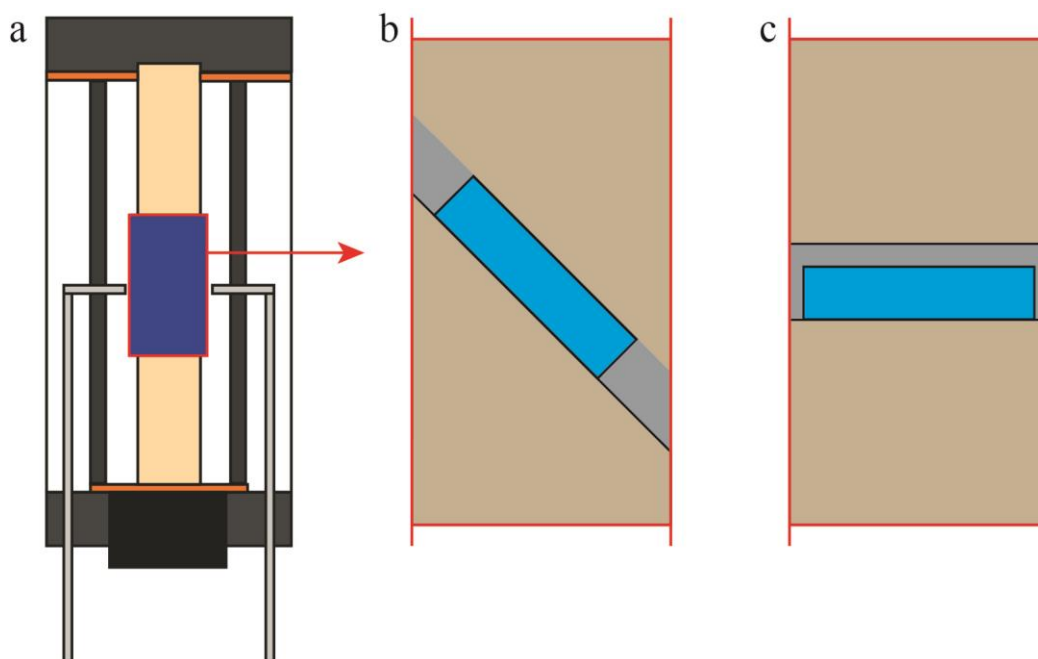


Figure 6-5 : Schémas de l'assemblage et de la disposition des disques de lépidolite et du mélange de poudre à l'intérieur des chemises de platine. (a) assemblage solide utilisé lors des expériences à la presse de Griggs (cf. fig. 3-2) ; (b) disposition des disques de lépidolite pour LEP2 et LEP3, les pistons sont coupés à 45 °, de la poudre (70% calcite – 30 % muscovite) a été rajoutée pour que l'échantillon reste centré entre les deux pistons ; (c) disposition de la lépidolite pour LEP1, les pistons sont coupés perpendiculairement à σ_1 et de la poudre a été rajoutée autour et au-dessus de l'échantillon pour accommoder la déformation durant la montée en pression et température.

Les conditions expérimentales utilisées pour ce chapitre sont similaires aux chapitres précédents : $T = 650\text{ °C}$ (pour réaliser une déformation plastique sans atteindre le point de fusion du minéral), $P = 15\text{ kbar}$ (mica blanc stable et déformation plastique réalisable), une vitesse de déformation de 2.10^{-5} s^{-1} (déterminée de manière empirique suite aux expériences CM1 et CM2) et une quantité d'eau ajoutée de 0,1 %mass (conditions proches des cas naturels avec la présence de fluides) (tableau 6-2). L'épaisseur des disques avant les expériences est de 1.80 mm pour LEP1 (deux disques de lépidolite superposés), de 1.5 mm pour LEP2 et de 1.5 mm pour LEP3. Les disques de lépidolite sont plan-parallèles aux pistons d'alumine avant les expériences.

A l'issue des expériences, les assemblages post-expérimentaux ont été systématiquement contrôlés afin de déceler tout signe d'endommagement, en particulier de fuite potentielle et d'ouverture sur l'assemblage de confinement (par déchirement de la chemise). Les chemises avant ouverture sont présentées en fig. 6-6. La chemise de platine de l'échantillon LEP1 (fig. 6-6, première ligne) présente un bourrelet central au niveau de l'emplacement de la lépidolite. Les chemises de platine des expériences non-coaxiales (LEP2 et LEP3) présentent un changement de forme majeur. Les chemises épousent les contours de pistons qui se sont décalés au cours des expériences (fig. 6-6 deuxième et troisième ligne). Des fissures, indiquées par des flèches bleues dans la figure 6-6, sont présentes, principalement au niveau des pointes des pistons coupés à 45°.

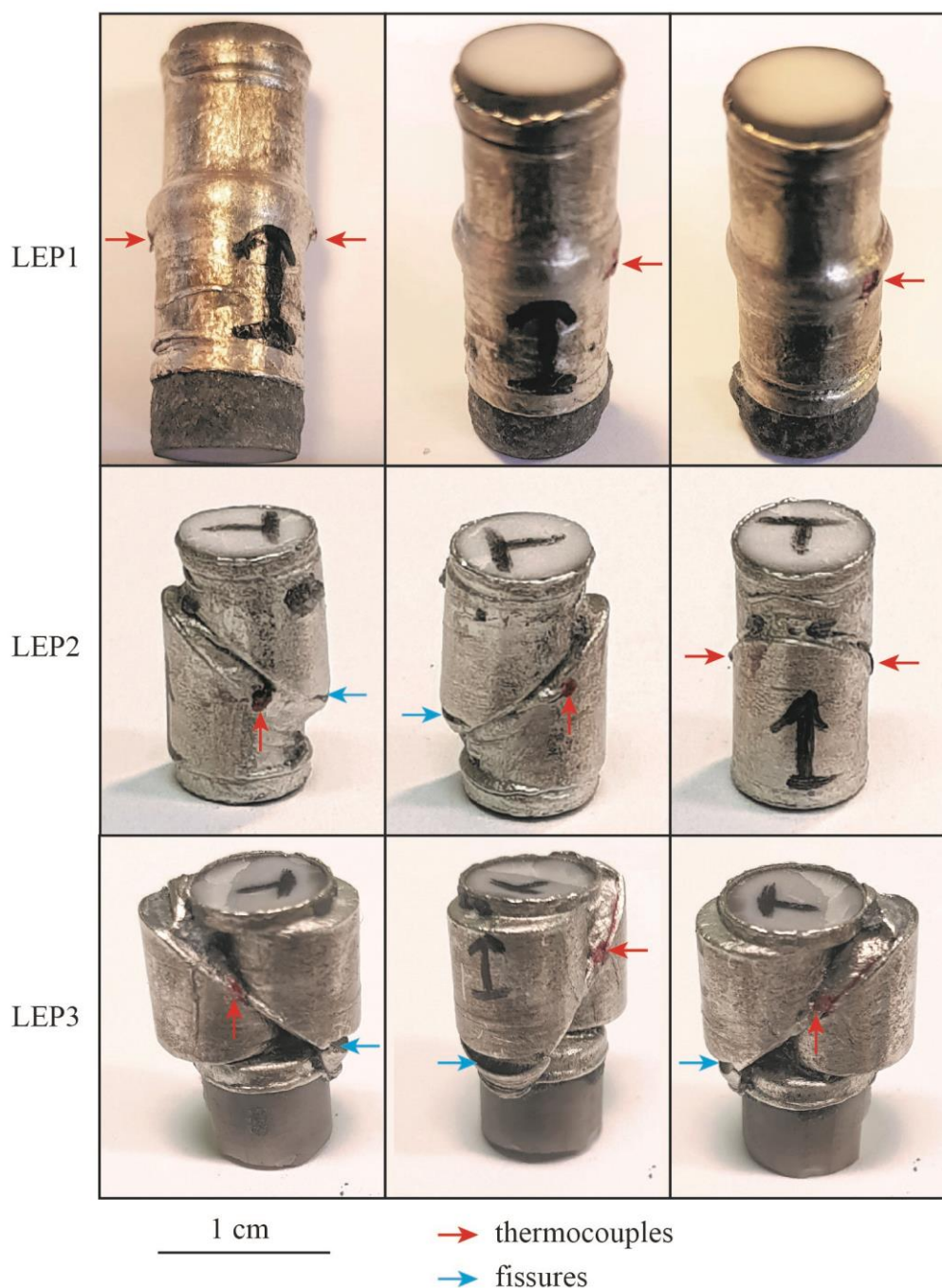


Figure 6-6 : Photos des assemblages post-expérimentaux. Les flèches de polarité indiquent le sommet (T) des assemblages, les flèches rouges montrent les emplacements des thermocouples et les flèches bleues montrent des fissures. La chemise de platine de LEP1 présente un bourrelet central au niveau de l'échantillon. Les chemises de LEP2 et LEP3 (expériences en cisaillement) présentent de nombreuses modifications de forme : les chemises suivent les contours des pistons qui se sont décalés au cours des expériences. Quelques fissures (flèches bleues) sont présentes, principalement au niveau des pointes des pistons

Après ouverture, démontage et préparation des surfaces pour l'analyse optique et chimique (SEM, microsonde, observations texturales et structurales), les échantillons ont été datés de manière *in-situ* à l'aide d'ablations laser de 50-100 μm de diamètre, ou au moyen de deux ablations couplées de 50

μm afin d'optimiser la résolution spatiale en assurant un signal d'extraction confortable. La lépidolite de départ a été caractérisée au moyen d'analyses *in-situ* le long du plan de clivage (001), sans traitement préalable. En revanche, les échantillons expérimentaux ont été majoritairement datés sur la tranche (normale au plan (001) et parallèle au sens de cisaillement principal). Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus, des datations complémentaires ont également été réalisées sur la tranche pour le matériau de départ et dans le plan (001) pour les échantillons LEP1 et LEP3. Par contrainte de temps, l'échantillon LEP2 n'a pas pu être analysé dans le plan (001).

6.3. Résultats

6.3.1. Chimie des produits expérimentaux

Les analyses chimiques réalisées à la microsonde ont été réalisées suivant des traversées (profils) de façon à identifier d'éventuels gradients induits par les conditions imposées. Ces analyses montrent des résultats similaires pour les éléments chimiques principaux des quatre échantillons (fig. 6-3 ; table 6-3). Les compositions chimiques correspondent modalement à 82 à 91 % de muscovite, avec entre 3 et 9 % de paragonite et 3 à 12 % de céladonite, identiques au matériau de départ. (fig. 6-3). Aucun gradient chimique n'est visible aussi bien dans le matériau de départ que dans les échantillons traités. En particulier, on ne détecte aucune couronne réactionnelle ou phase néoformée à l'échelle de la résolution de la sonde. Ceci ne concerne pas le lithium qui n'a pas pu être analysé à la microsonde (car trop léger), sans qu'on puisse donc affirmer s'il est stable ou mobile.

Analyses chimiques				
	SM	LEP1	LEP2	LEP3
SiO ₂	52,34	52,10	52,11	51,81
Al ₂ O ₃	26,13	26,09	25,86	25,97
TiO ₂	0,02	0,01	0,02	0,02
FeO	0,07	0,07	0,06	0,05
MgO	0,01	0,01	0,01	0,01
MnO	0,54	0,55	0,52	0,47
CaO	0,00	0,00	0,02	0,01
Na ₂ O	0,25	0,29	0,28	0,36
K ₂ O	8,55	8,35	8,57	8,70
F	3,89	3,88	4,19	3,68
Cl	0,00	0,01	0,02	0,04
Total	91,8	91,35	93,65	91,11
Formule structurale normalisée à 11 cations				
	SM	LEP1	LEP2	LEP3
Si	3.66	3.66	3.67	3.66
Al (IV)	0.34	0.34	0.33	0.34
Al (VI)	1.82	1.82	1.82	1.81
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.03	0.03	0.03	0.03
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.04	0.04	0.05
K	0.76	0.75	0.77	0.78
F	0.87	0.87	0.94	0.83
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00

Tableau 6-3 : Analyses chimiques réalisées à la microsonde sur la lépidolite initiale (SM), LEP1 (expérience statique coaxiale), LEP2 (expérience statique non-coaxiale) et LEP3 (expérience de déformation non-coaxiale); moyennes calculées sur 64, 38, 30 et 25 analyses respectivement.

6.3.2. Données mécaniques et comportement rhéologique

Les données mécaniques extraites de nos expériences de déformation permettent de suivre la contrainte appliquée sur l'échantillon tout au long de la déformation et de définir la transition de comportement depuis le régime élastique vers le régime plastique. Dans le domaine plastique, une augmentation de la contrainte différentielle traduit un durcissement, i.e., l'échantillon oppose une résistance à la déformation. Au contraire, un affaiblissement de la contrainte différentielle traduit l'accommodation de la déformation au sein de l'échantillon par un mécanisme intra et/ou inter-cristallin, à définir. La stabilisation de la contrainte indique un comportement plastique idéal où l'échantillon se déforme de manière constante au fur et à mesure de la déformation.

Dans cette étude, seules les expériences réalisées sur un monocristal de lépidolite ont fait l'objet de datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ post-mortem. Néanmoins, les données mécaniques des expériences réalisées sur des poudres mélangées de mica blanc (sans analyse $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ultérieure) et calcite sont également présentées à titre de comparaison. Les courbes mécaniques issues des expériences en cisaillement (CM1, CM2 et LEP3) montrent un comportement globalement identique d'une expérience à l'autre (fig. 6-7) avec, en particulier, une forte augmentation de la contrainte différentielle culminant à 300-400 MPa pour $\gamma = 0.5$. Au-delà de cette valeur, la contrainte différentielle augmente linéairement pour toutes les expériences avec une pente différente pour chaque expérience. Ce comportement traduit un durcissement constant jusqu'à l'arrêt des expériences.

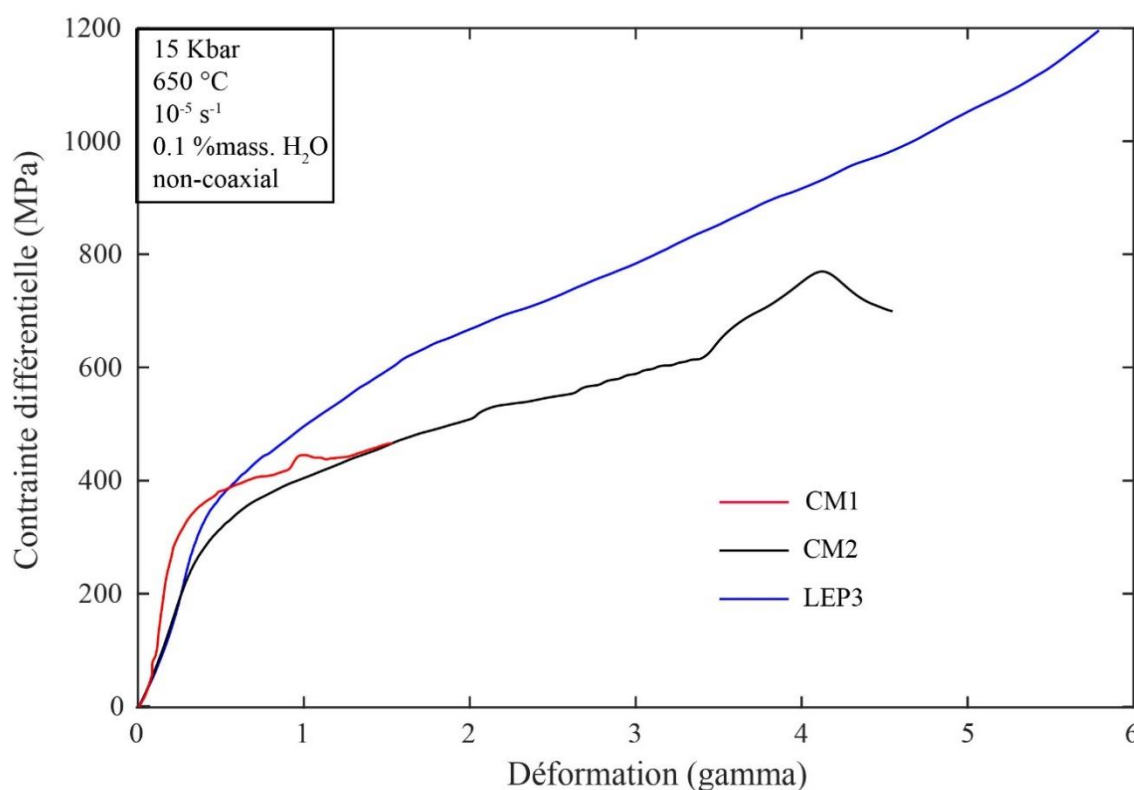


Figure 6-7 : Courbes mécaniques de la contrainte différentielle en fonction de la quantité de raccourcissement extraites des expériences de déformation (1.5 GPa, 650 °C). En bleu : LEP3, déformation non-coaxiale d'une pastille de lépidolite ; en noir : CM2, déformation non-coaxiale du mélange de poudre (30 % muscovite et 70 % de calcite) ; en rouge : CM1, déformation non-coaxiale du mélange de poudre (30 % muscovite et 70 % de calcite) (voir tableau 1).

6.3.3. Observations micro-structurales

6.3.3.1. LEP1 (recuit pseudo-statique)

L'expérience statique réalisée dans les conditions coaxiales (LEP1) se compose de deux disques de lépidolite superposés, dont les feuillets sont bien identifiables le long de l'assemblage avec un décalage apparent indiquant du glissement (fig. 6-8 et 6-9).

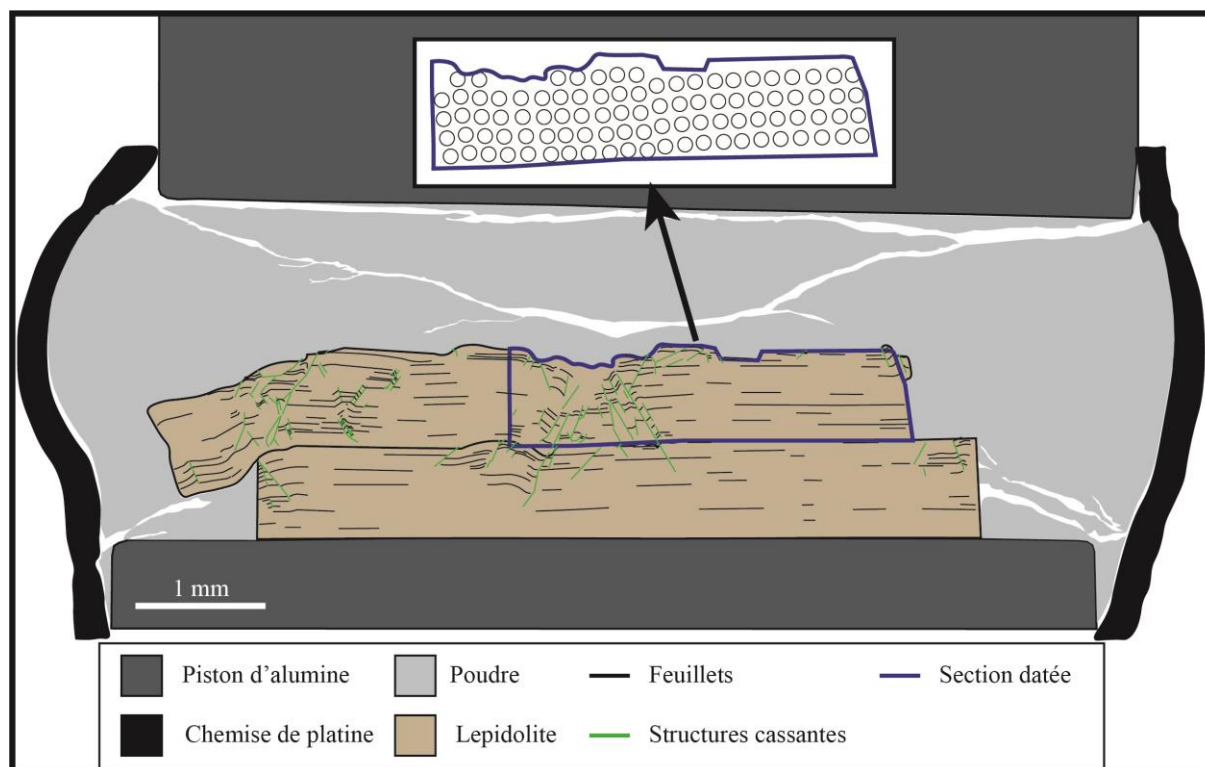


Figure 6-8 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine du hot pressing coaxial (LEP1) réalisé à partir des images SEM. La section datée est entourée d'un liseré bleu, figurée au-dessus avec de multiples ablations d'une taille de $100\ \mu\text{m}$. Des fractures de décompression sont visibles dans la poudre (zones blanches).

Alors que le disque inférieur ne présente que peu de déformation interne, les feuillets supérieurs possèdent de multiples structures de déformation, principalement des kinks espacés et conjugués symétriquement. Ces structures de déformation sont réparties de manière hétérogène : c'est la zone centrale qui concentre la majorité de ces structures. L'imagerie SEM permet de mettre en évidence des sous-domaines, c'est-à-dire des volumes non-déformés délimités par les bordures de grains, de kinks ou de bandes de cisaillement (fig. 6-9). Les sous-domaines les plus petits (inférieurs à $5\ \mu\text{m}$) sont principalement présents aux abords des kinks (fig. 6-9a, c et d, flèches jaunes). En s'éloignant des structures, la taille des sous-domaines augmente (fig. 6-9b et e, flèches grises).

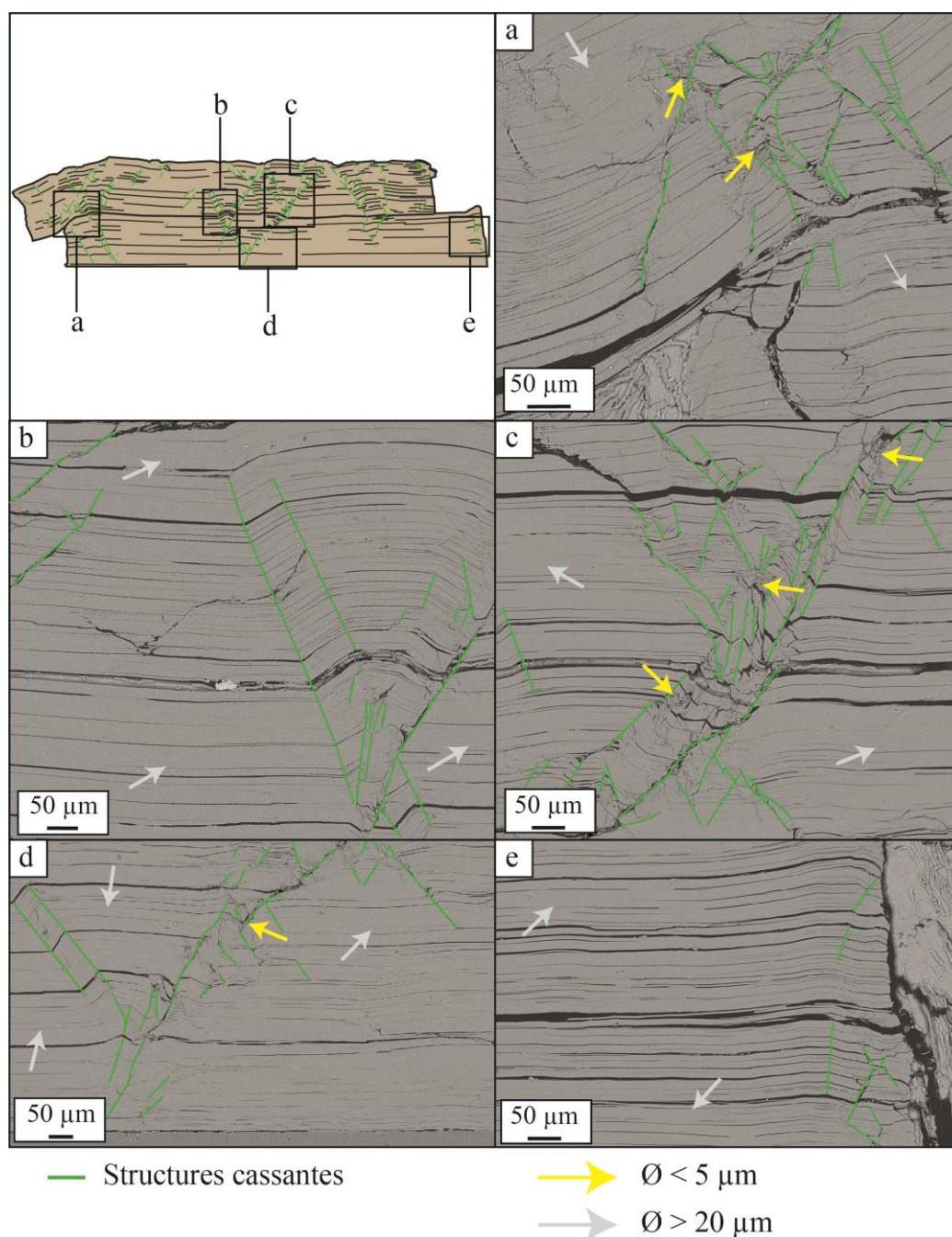


Figure 6-9 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP1 (expérience statique coaxiale). Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à $5 \mu\text{m}$ sont visibles. Les flèches grises montrent les zones où les sous-domaines sont d'une taille supérieure à $20 \mu\text{m}$. Des structures de déformation cassantes (kinks) sont présentes et se situent principalement au centre de l'échantillon. Les sous-domaines avec les tailles les plus faibles sont situés aux abords des kinks.

6.3.3.2. LEP2 (cisaillement plan-parallèle, recuit pseudo-statique non-coaxial)

Le recuit statique avec une géométrie non-coaxiale (LEP2) se compose d'un disque de lépidolite qui a conservé son épaisseur sur toute sa longueur, avec un décalage plan sur plan apparent dans la partie supérieure gauche de la figure 6-10. Deux types de structures de déformation sont mis en évidence grâce aux images SEM (cf. schémas correspondants dans les fig. 6-10 et 3-11). Ces structures reflètent une

répartition hétérogène de la déformation avec trois zones visibles. Les feuillets de la lépidolite sont encore bien identifiables aux extrémités du disque, ces zones présentant également quelques kinks dont l'espacement varie en fonction de leur distance avec le centre de l'échantillon : l'espacement augmente vers les extrémités jusqu'à des valeurs similaires à LEP1 (fig. 6-11a et g) et se réduit en se rapprochant du cœur de l'échantillon (fig. 6-11f). D'autre part, un micro-cisaillement s'est développé dans la partie centrale de la lépidolite en régime de déformation plastique. Il se matérialise par de nombreuses bandes de cisaillement et des structures sigmoïdes affectant les feuillets (fig. 6-10 et 6-11). Les quelques kinks présents au centre de l'échantillon viennent s'enraciner dans les bandes de cisaillement (fig. 6-11d).

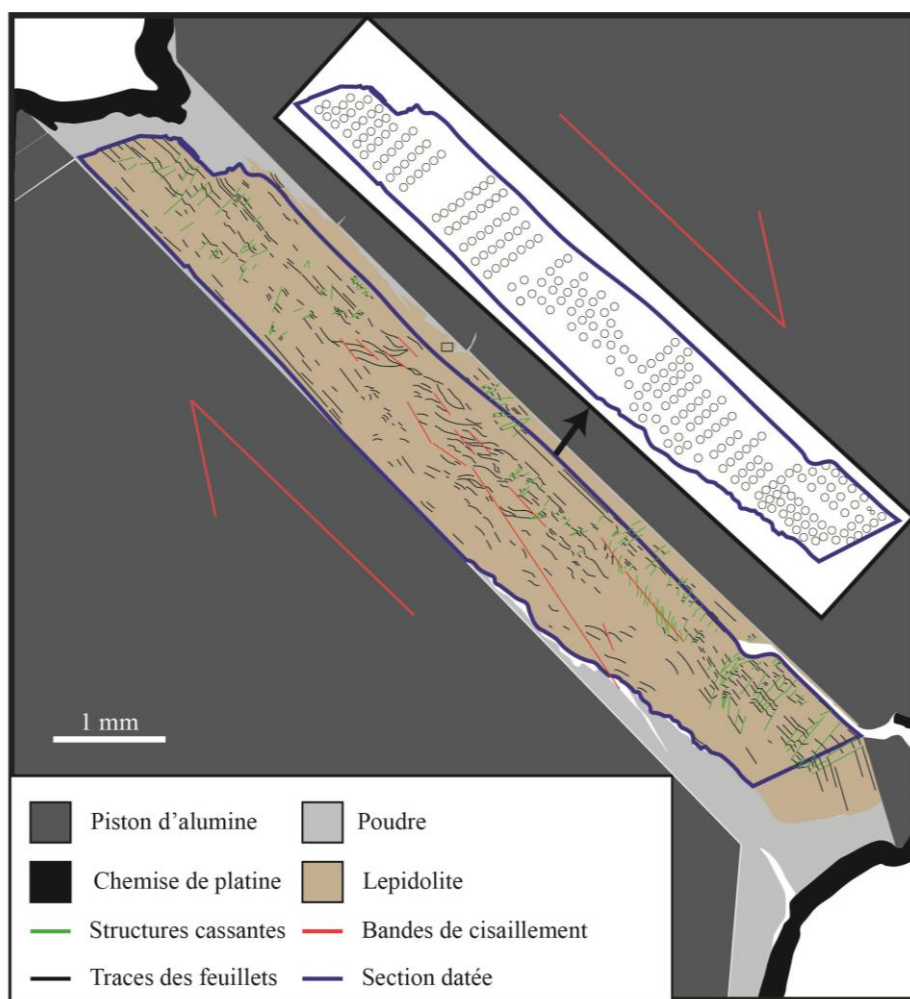


Figure 6-10 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine du hot pressing non-coaxial (LEP2) réalisé à partir des images SEM. La zone analysée est entourée d'un liseré bleu et comporte de multiples ablations d'une taille de 100 µm. La partie centrale présente un micro-cisaillement et les deux extrémités présentent des structures de déformation cassantes (kinks).

Les images SEM de l'échantillon LEP2 révèlent des sous-domaines au sein des feuillets de la lépidolite ; ils sont délimités par les kinks et/ou bandes de cisaillement (fig. 6-11). La taille de ces sous-domaines varie au sein de l'échantillon. Les deux extrémités de la lépidolite (où dominent les kinks/chevrons) possèdent en majorité des sous-domaines d'une taille supérieure à 20 µm (fig. 6-11 a et

g). Cette taille diminue fortement près des kinks ainsi qu'à l'approche des zones de cisaillement. La photo f de la figure 6-11 montre une taille de sous-domaine inférieure à $5\text{ }\mu\text{m}$ dans les kinks. A l'approche des zones de cisaillement, la taille des sous-domaines diminue progressivement de $20\text{ }\mu\text{m}$ à $5\text{ }\mu\text{m}$ au cœur des zones intensément déformées (fig. 6-11b, c, d et e).

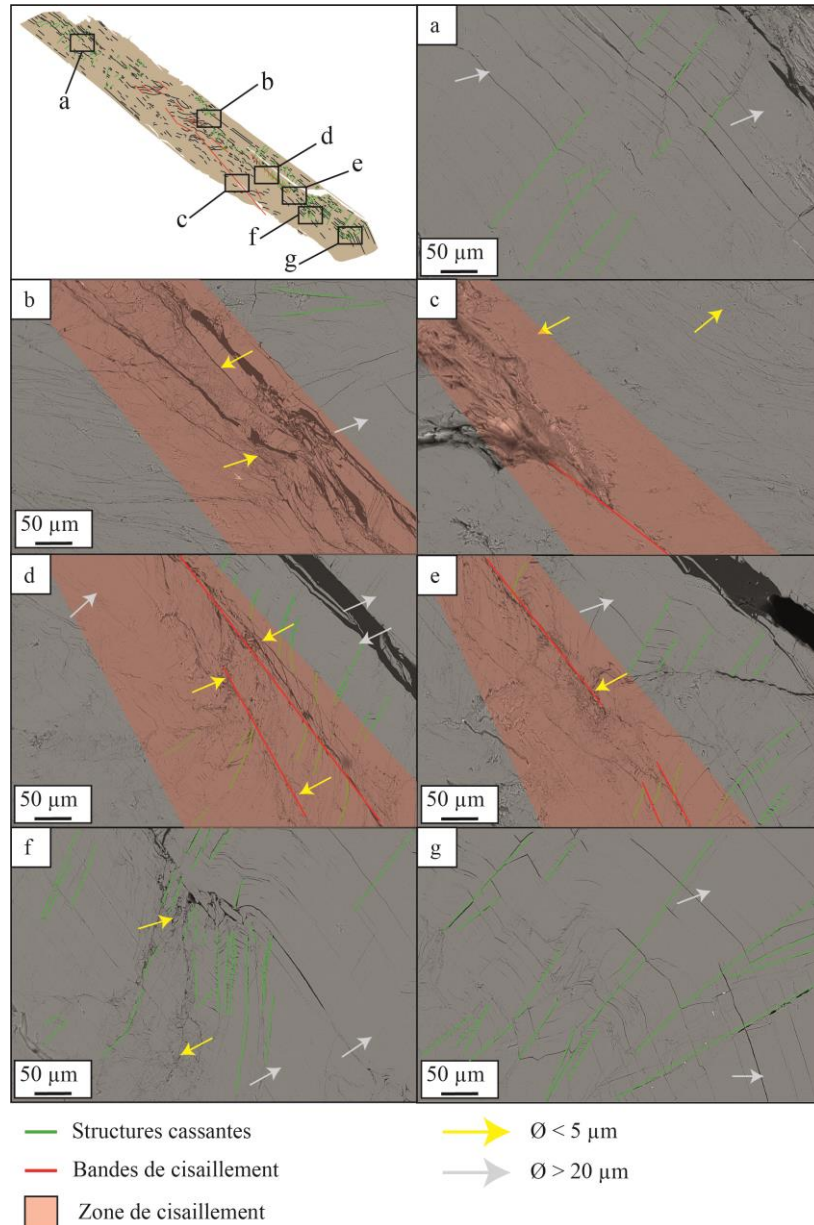


Figure 6-11 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP2. Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à $5\text{ }\mu\text{m}$ sont visibles. Les flèches grises montrent les zones ou sous-domaines d'une taille supérieure à $20\text{ }\mu\text{m}$. Les zones rouges correspondent aux zones de cisaillement. Des structures cassantes sont présentes aux deux extrémités de la lépidolite (a), (f) et (g). Le centre de l'échantillon présente une zone de cisaillement (b), (c), (d) et (e). Les sous-domaines de petite taille sont localisés aux abords de cette zone ainsi qu'au niveau des kinks.

6.3.3.3. LEP3 (déformation dynamique en cisaillement)

L'expérience de déformation en cisaillement (LEP3) se compose d'une lépidolite dont l'épaisseur finie varie fortement sur la longueur à l'issue de l'expérience. Une partie du mica s'est retrouvée extrudée lors de la déformation avec un amincissement notable du matériel résiduel entre les deux pistons d'alumine (fig. 6-12 et 6-13). Les feuillets de la lépidolite sont difficilement reconnaissables dans la partie amincie. Celle-ci présente de nombreuses bandes de cisaillement et des structures de forme sigmoïdale composant une grande zone de cisaillement, interprétée comme une forte déformation plastique. Cette zone centrale ne présente pas de kinks (fig. 6-13b, c et d). La partie extrudée présente un gradient de déformation avec de la déformation plastique au contact de la partie amincie et des structures de déformation cassante, sous la forme de kinks, vers l'extrémité inférieure de l'échantillon (fig. 6-12 et 6-13).

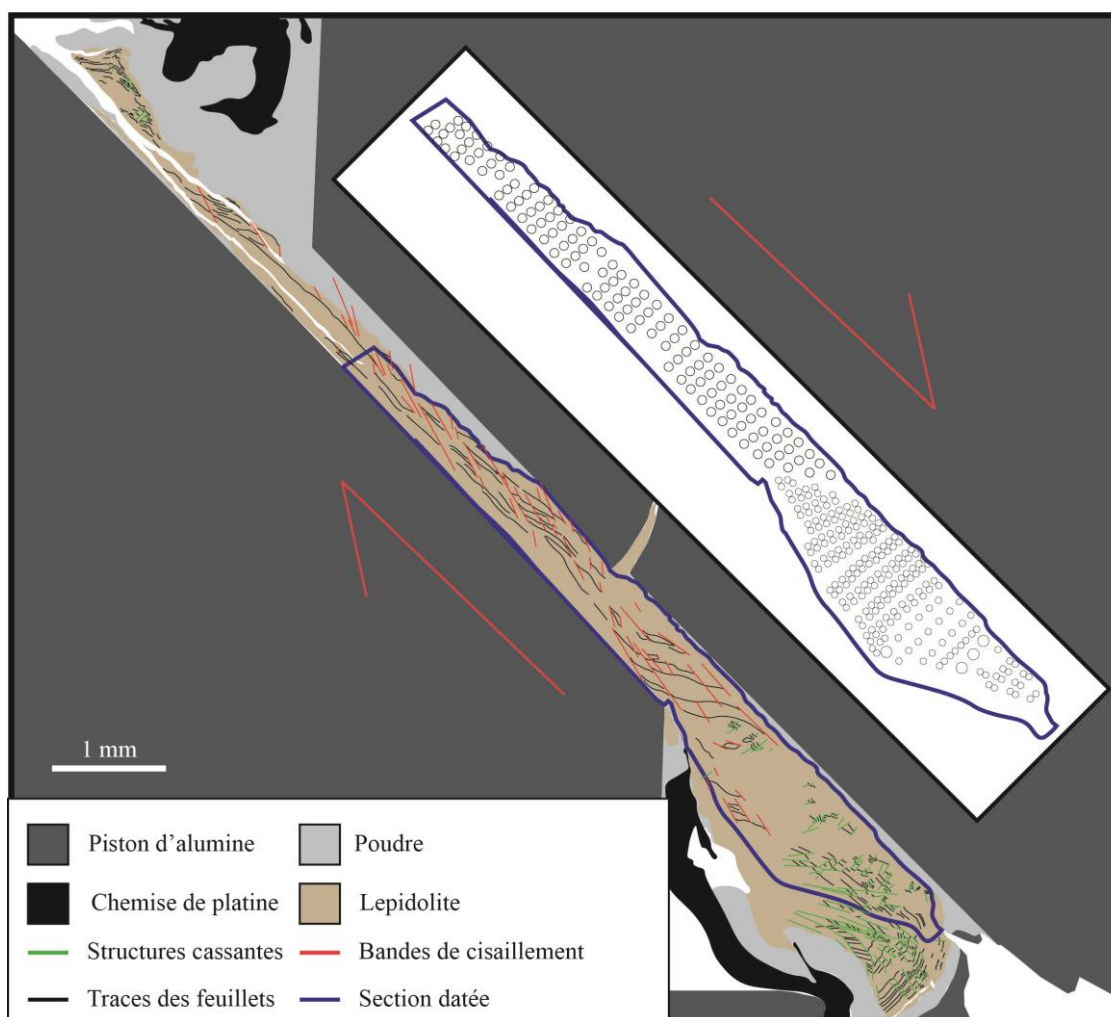


Figure 6-12 : Schéma structural de l'intérieur de la chemise de platine de l'échantillon déformé (LEP3) réalisé à partir des images SEM. La zone analysée est entourée d'un liseré bleu et comporte de multiples ablations d'une taille de 100 µm dans la partie amincie et de deux ablations de 50 µm dans la partie extrudée. La première partie se compose d'une grande zone de cisaillement et l'extrémité inférieure présente quelques kinks.

Les quelques kinks présents sont espacés régulièrement et sont parallèles aux bandes de cisaillement présents dans la partie supérieure de l'échantillon (fig. 6-13e). Les bandes de cisaillement se surimpriment progressivement aux kinks à travers la transition entre la partie amincie et la partie extrudée, l'ensemble donnant lieu à de nombreux sous-domaines nettement identifiables au MEB (fig. 6-13). La taille de ces sous-domaines varie au sein de l'échantillon. La partie supérieure de la lépidolite, où de nombreuses bandes de cisaillement sont visibles, présente à la fois des tailles de sous-domaines supérieures à $20\text{ }\mu\text{m}$ ou inférieures à $5\text{ }\mu\text{m}$ (fig. 6-13a, b, c et d). Ainsi, la taille des sous-domaines tend à diminuer à l'approche des bandes de cisaillement (fig. 6-13d). Certaines zones plus éloignées des bandes de cisaillement semblent moins affectées par cette diminution (fig. 6-13c). L'extrémité inférieure de la lépidolite (zone extrudée) possède en majorité des sous-domaines d'une taille supérieure à $20\text{ }\mu\text{m}$ (fig. 6-13e).

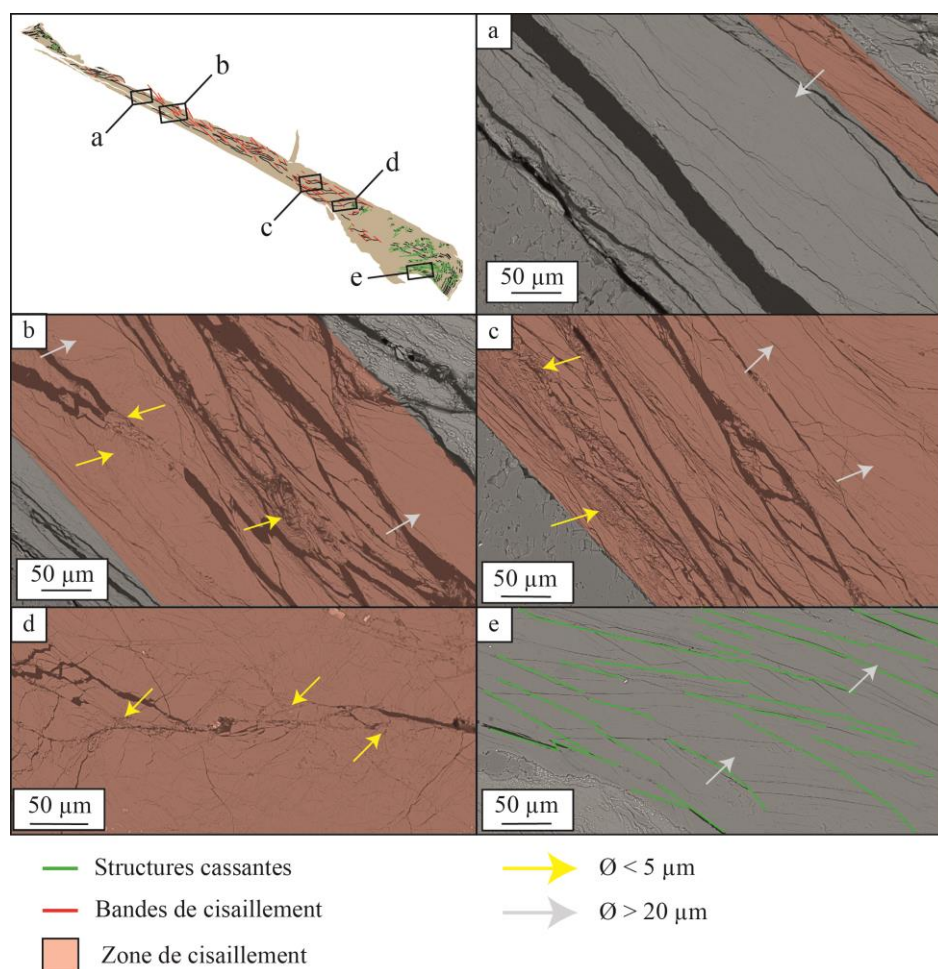


Figure 6-13 : Détail des structures internes de l'échantillon LEP3. Les flèches jaunes indiquent les zones où des sous-domaines d'une taille inférieure à $5\text{ }\mu\text{m}$ sont visibles. Les flèches grises montrent les zones ou sous-domaines d'une taille supérieure à $20\text{ }\mu\text{m}$. Les zones rouges correspondent aux zones de cisaillement. Des structures cassantes sont présentes à l'extrémité inférieure de la lépidolite, elles sont sub-parallèles à la direction de cisaillement (e). La partie supérieure de l'échantillon présente une zone de cisaillement (a), (b), (c) et (d). Les sous-domaines de petite taille sont localisés aux abords de cette zone.

6.3.4. Résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

6.3.4.1. Géochimie isotopique des rapports Ar/Ar

Les niveaux mesurés en ^{37}Ar et de ^{38}Ar sont très faibles (proche de zéro, fig. 6-1), en lien avec la faible abondance des noyaux cibles de ces isotopes dérivés du Ca et Cl, respectivement (cf. discussion Chapitres 4 et 5).

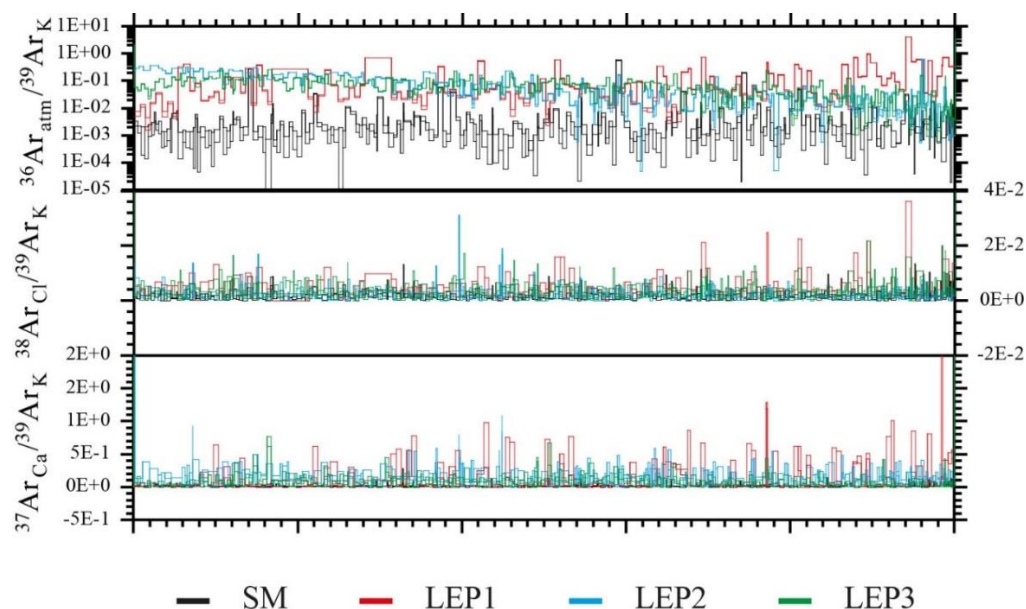


Figure 6-14 : Rapports isotopiques de ^{36}Ar , ^{37}Ar et ^{38}Ar déduits des mesures ponctuelles (normalisés sur ^{39}Ar) pour les différents échantillons. Les mesures sont classées par ordre croissant des âges. Les rapports $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont similaires pour les quatre échantillons. Le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour le matériau de départ (SM) reste constant. Pour les trois autres échantillons, les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont plus élevés de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport au matériau de départ et varient : pour LEP1 (expérience statique coaxiale), les rapports les plus élevés correspondent aux âges les plus vieux alors que pour les deux expériences en cisaillement (LEP2 et LEP3), les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ les plus élevés correspondent aux âges les plus jeunes.

Les mesures de ^{36}Ar montrent des variations entre les échantillons (fig. 6-14). Les rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, classés par ordre croissant, sont très homogènes pour le matériau de départ (moyenne $9.07 \cdot 10^{-3} \pm 7.82 \cdot 10^{-4}$). Ils présentent en revanche des variations importantes pour LEP1, LEP2 et LEP3, ces trois échantillons présentant des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plus élevés de 2 à 3 ordres de grandeur par rapport au matériau de départ (fig. 6-14). L'évolution des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour LEP1 montre une corrélation entre l'augmentation de ce rapport et les âges plus anciens. A l'inverse, l'évolution des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ pour LEP2 et LEP3 montre une corrélation inverse entre les âges et le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. La quantité de ^{36}Ar (normalisée à ^{39}Ar) trace le niveau de contamination externe (normalement atmosphérique) des minéraux, donc le degré d'interaction avec le milieu externe (intergranulaire) pendant l'expérience (cf. discussion Chapitres 4 et 5). Les produits expérimentaux LEP1, LEP2 et LEP3 ont tous manifestement interagi avec leur environnement expérimental durant la déformation, mais

suivant des modalités opposées entre LEP1 et LEP2 + LEP3. La cause probable de cette différence est discutée plus loin.

6.3.4.2. Distribution des âges *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en relation avec les microstructures induites

Les échantillons expérimentaux ont été majoritairement datés sur tranche (section normale au plan (001)). Les résultats concernant le matériau de départ ont en revanche été obtenus majoritairement dans le plan (001), contrairement aux lames-minces orientées en section XZ le long de la direction de déformation maximale. Afin de pouvoir comparer les résultats dans des plans analogues, des datations supplémentaires ont été réalisées sur tranche pour le matériau de départ et dans le plan (001) pour les échantillons LEP1 et LEP3. Faute de temps, l'échantillon LEP2 n'a pas pu être analysé dans les deux plans, seulement en mode perpendiculaire à (001). L'ensemble des résultats $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ est synthétisé dans le tableau 6-4.

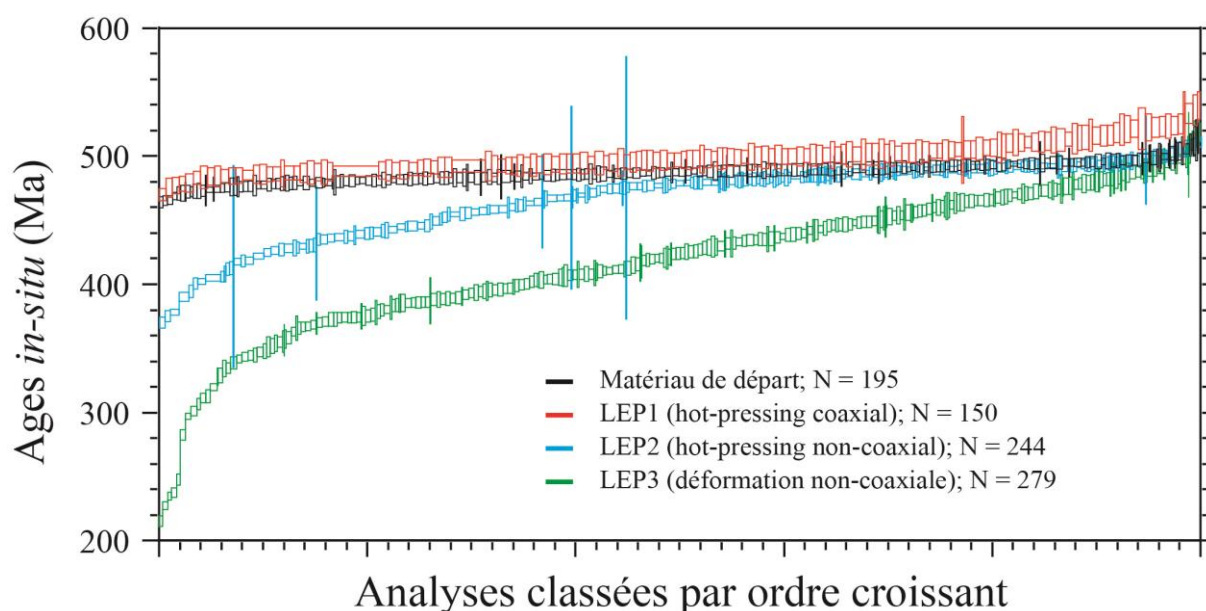


Figure 6-15 : Spectres des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ du matériau de départ (SM), des expériences de recuit statique (LEP1 et LEP2) ainsi que de l'échantillon déformé (LEP3). Le matériau de départ et LEP1 présentent une distribution homogène. LEP2 et LEP3 montrent des âges rajeunis qui s'écartent significativement de la tendance homogène définie par les deux autres échantillons.

Nom	Type d'expérience et quantité de déformation	Orientation de l'échantillon par rapport à l'axe d'ablation	Âges (Ma)	N	Total	Variation d' $^{40}\text{Ar}^*$ (%)	Perte d'argon moyenne (%)
SM	-	A plat	487.2 ± 4.5	199	247	-	-
		Sur la tranche	494.0 ± 4.7	48		-	-
LEP1	Expérience statique coaxiale 0 %	A plat	500.8 ± 4.6	55	150	+11.7 : -0.2	+2.6
		Sur la tranche	498.4 ± 4.5	95		+7.9 : -3.5	+2.3
LEP2	Expérience statique non-coaxiale $\gamma = 0.5$	Sur la tranche	370.4 ± 4.4 à 511.2 ± 4.0	244	244	+9 : -24.0	-4.2
LEP3	Déformation non-coaxiale $\gamma = 6$	A plat	247.9 ± 4.2 à 494.7 ± 5.1	35	288	+1.5 : -49.1	-13.1
		Sur la tranche	227.5 ± 2.9 à 479.6 ± 5.7	129		-1.6 : -53.3	-15.8
		Sur la tranche	215.5 ± 3.8 à 518.8 ± 7.3	124		+6.5 : -55.8	-11.3

Tableau 6-4 : Récapitulatif des données $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ obtenues sur le matériau de départ (SM) et les échantillons de lépidolite déformés expérimentalement à la presse de Griggs aux conditions indiquées dans le tableau 6-1. Les pertes(-)/gains(+) d' ^{40}Ar radiogénique ($^{40}\text{Ar}^*$) sont calculées par rapport à l'âge de référence (487.2 ± 4.5) ; N : nombre d'analyses.

6.3.4.2.1. LEP1 (recuit pseudo-statique)

L'expérience statique coaxiale (LEP1) montre une distribution des âges très homogène avec un âge moyen de 498.4 ± 4.5 Ma sur tranche (WMA, cf. Chapitre 3 section 3.4.3.4), sensiblement supérieur à celui du matériau de départ (487.2 ± 4.5 ; + 2.29 %) (fig. 6-15 et 6-16, table 6-4). Ainsi, les variations d'argon, en terme et de gain et de perte, calculées pour cet échantillon montrent un enrichissement en argon avec un gain moyen de 2.5 %. Les gains d'argon par rapport à l'âge moyen du matériau de départ varient de 11.7 % à de 3.5 %. En dépit de ces variations point par point, l'allure générale du spectre d'âges croissants correspondant est notoirement concordant avec celui du matériau non déformé (dans la gamme d'incertitude $\pm 1\sigma$). La différence se fait sentir exclusivement vers les âges plus élevés à partir de 70 % dans le diagramme des spectres (fig. 6-15). La répartition des âges est également très homogène, que ce soit dans le plan (001) ou sur la tranche (fig. 6-16). Les rapports isotopiques $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sont faibles et ne montrent pas de variations au sein de l'échantillon pour les raisons évoquées précédemment d'abondance faible des éléments cibles (fig. 6-14). En revanche, comme indiqué auparavant, le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de LEP1 varie globalement en proportion inverse de l'âge et est notoirement plus élevé ($1.69 \cdot 10^{-1} \pm 4.36 \cdot 10^{-3}$) que pour le matériau de départ SM ($9.07 \cdot 10^{-3} \pm 7.82 \cdot 10^{-4}$). Cette tendance systématique de rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ croissant avec les âges est spécifique à cette expérience.

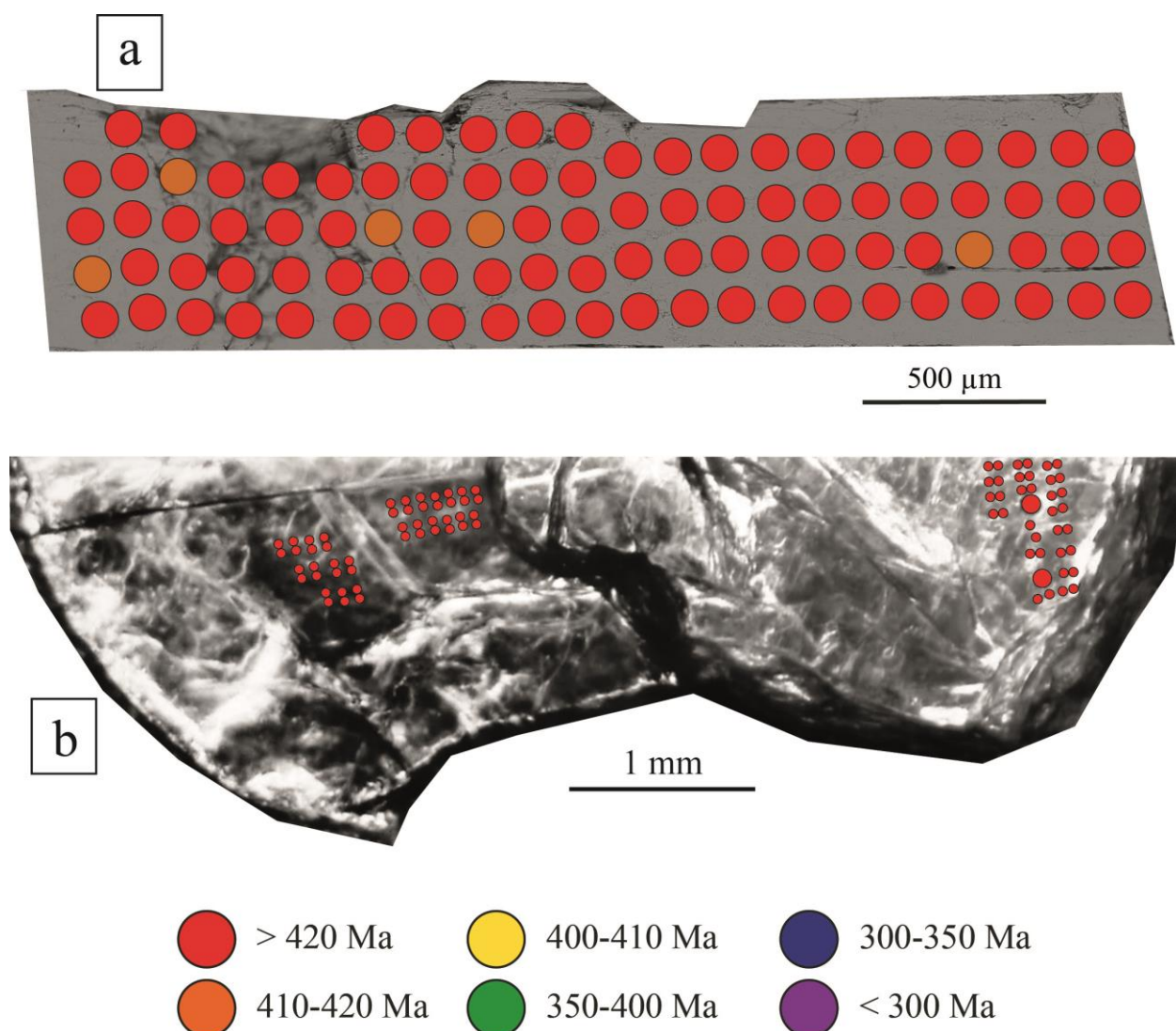


Figure 6-16 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite du hot pressing coaxial (LEP1). (a) Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de $100\ \mu\text{m}$ de diamètre. (b) Quelques mesures ont été réalisées dans le plan (001). La répartition spatiale des âges est très homogène pour les deux orientations (plan 001 et sur tranche).

6.3.4.2.2. LEP2 (cisaillement plan-parallèle, recuit pseudo-statique non-coaxial)

L'expérience statique non-coaxiale (LEP2) présente une distribution hétérogène (fig. 6-15 ; distribution en bleu, tableau 6-4). Environ la moitié des âges mesurés sont similaires aux âges issus du matériau de départ et du premier hot pressing LEP1 (fig. 6-15). En effet, les trois spectres se superposent largement (fig. 6-15, spectres bleu, rouge et noir). L'autre moitié des âges présente un rajeunissement significatif en s'écartant de cette tendance homogène. Les âges varient de 370.4 ± 4.4 à 511.2 ± 4.0 Ma, avec des pertes d'argon entre 0.0 % et 24.0 % et une perte moyenne de 4.2 % (tableau 6-4). La répartition spatiale des âges est également très hétérogène, avec trois zones distinctes corrélées aux trois zones de déformation décrites précédemment (section 6.3.3.2 ; fig. 6-10 et 6-17). Les deux extrémités du disque de lépidolite présentent des âges homogènes, similaires au matériau de départ et au premier hot-pressing

LEP1, là où les kinks-chevrons dominant (fig. 6-15, spectres bleu, rouge et noir, et fig. 6-17). La partie centrale de la lépidolite présente une répartition très hétérogène là où le glissement basal domine, avec deux gradients d'âge de part et d'autre du micro-cisaillement. Les âges les plus jeunes sont au contact du micro-cisaillement et les âges plus anciens aux extrémités de la lépidolite (fig. 6-17). La tendance des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ met en évidence une augmentation du rapport de contamination avec le rajeunissement des âges à partir d'une valeur minimale nominalement conforme à celle du matériau de départ (i.e., le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ est plus fort pour les âges les plus faibles, fig. 6-14).

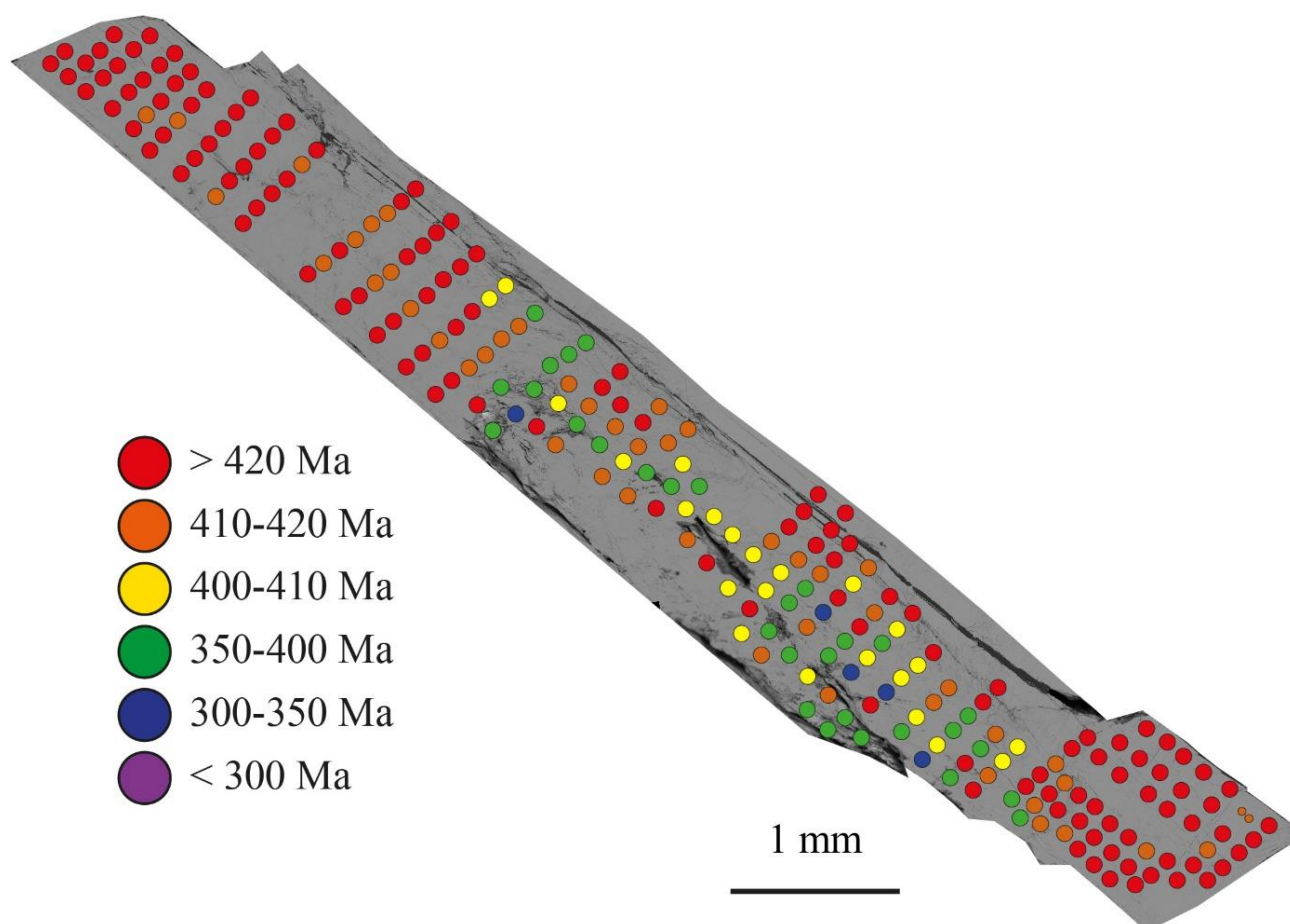


Figure 6-17 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite déformée du hot pressing non-coaxial (LEP2). Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 100 μm de diamètre. La distribution spatiale des âges est contrôlée par la microstructure. Les âges sont plutôt homogènes aux deux extrémités mais varient fortement au centre de l'échantillon en relation avec la déformation cisailante localisée au centre de l'échantillon.

6.3.4.2.3. LEP3 (déformation dynamique en cisaillement)

L'échantillon déformé dynamiquement (i.e., en appliquant une contrainte différentielle, LEP3) présente une distribution très hétérogène (fig. 6-15, tableau 6-4). La majorité des âges obtenus diffère de ceux du matériau de départ et de LEP1 avec un écartement notable des trois spectres qui ne se superposent presque pas (fig. 6-15). La grande majorité des âges présente ainsi un rajeunissement significatif en s'écartant de la tendance homogène du matériau de départ et LEP1. A noter néanmoins que les âges les plus élevés sont notoirement concordants avec (et se projettent de façon robuste vers) l'âge de départ. Les âges varient de 215.5 ± 3.8 à 518.8 ± 7.3 Ma, avec des pertes entre 0.0 % et 55.8 % et une perte moyenne de 13.4 %. La répartition spatiale des âges est également très hétérogène (fig. 6-18), avec deux zones distinctes correspondant aux parties amincies et extrudées décrites précédemment (fig. 6-12 et 6-13). La partie amincie de la lépidolite présente une répartition très hétérogène avec un fort rajeunissement des âges, jusqu'à 55.8 % (215.5 ± 3.8 Ma). Ce rajeunissement est corrélé avec la zone déformée plastiquement (zone de cisaillement) signalée dans les figures 6-12 et 6-13. La partie extrudée présente également une répartition très hétérogène avec un gradient d'âge apparent sur environ 40% de la longueur (fig. 6-18a). Les âges les plus jeunes sont au contact de la zone amincie par le cisaillement; les âges plus anciens sont observés à l'extrémité inférieure de la lépidolite où quelques kinks sont présents (fig. 6-14e). La tendance des rapports $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ met en évidence une augmentation des rapports avec le rajeunissement des âges, dans le sens d'une ouverture avec échange couplé (perte en $^{40}\text{Ar}^*$ et gain en ^{36}Ar atmosphérique, comme discuté plus bas; fig. 6-14).

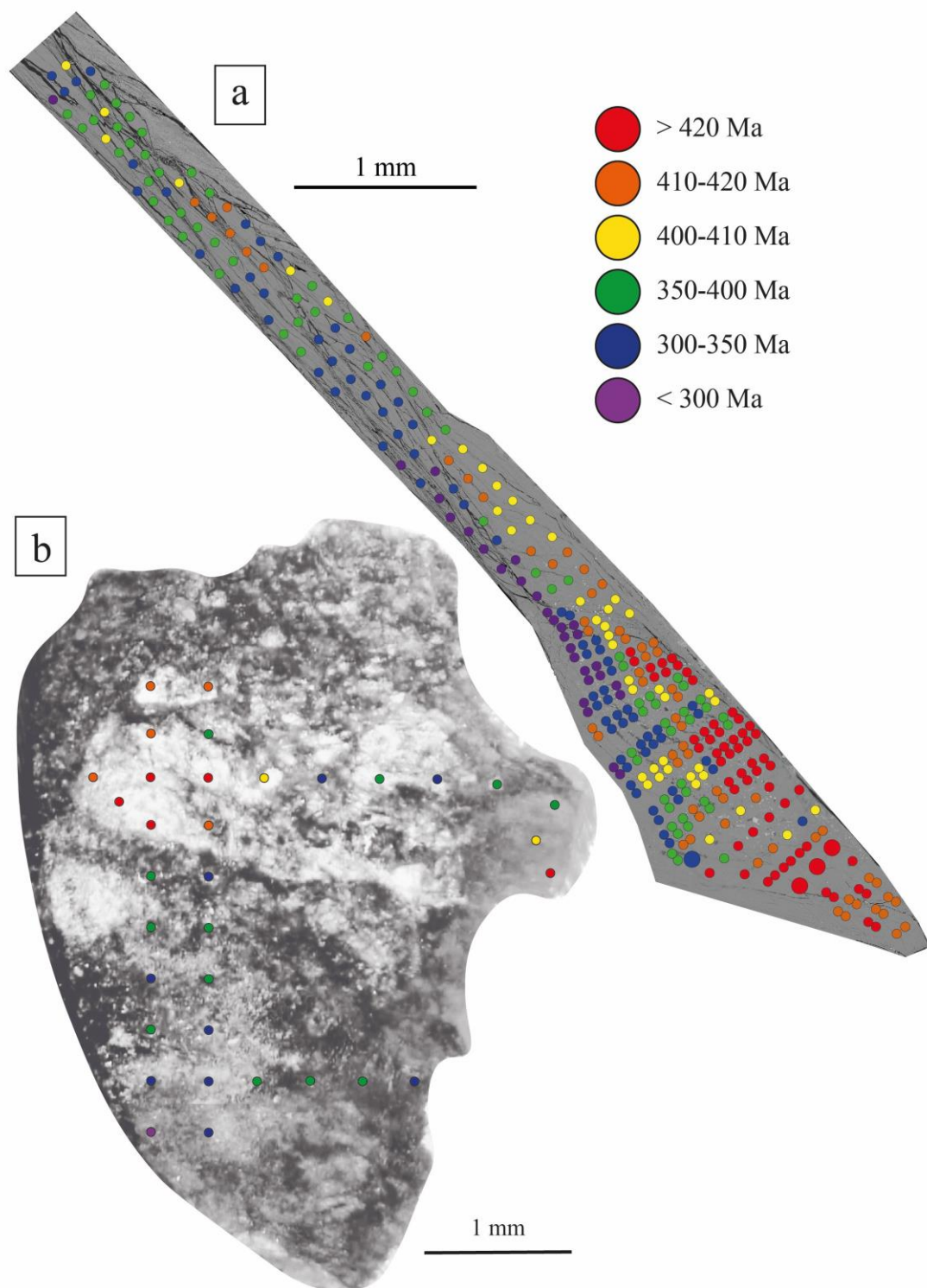


Figure 6-18 : Répartition spatiale des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein de la pastille de lépidolite de l'échantillon déformé (LEP3). (a) Les datations ont été réalisées sur la tranche (normale au plan (001)) de la lépidolite à l'aide d'ablations laser de 100 μm de diamètre ou de deux ablations de 50 μm contigües. (b) Quelques mesures ont été effectuées dans le plan (001) en complément. La distribution des âges est très hétérogène. La partie inférieure de la lépidolite présente la majorité des âges anciens (> 420 Ma).

6.3.4.2.4. Distribution des âges en densité de probabilité

Les distributions de densité de probabilité apparente $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (PDD, Probability Density Distribution), couplées à l'analyse des spectres d'âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, permettent de synthétiser et comparer les variations d'âges entre les expériences (fig. 6-19). Les PDD du matériau de départ et du hot-pressing coaxial (LEP1) montrent une distribution des âges peu étendue (± 50 Ma), avec un pic principal (respectivement entre 480 et 500 Ma et entre 485 et 510 Ma ; fig. 6-19). Les deux pics sont légèrement décalés, illustrant le fait déjà mentionné plus haut que LEP1 enregistre une composante d'âges plus anciens que le matériau de départ, suggérant potentiellement un gain d'argon au cours de l'expérience. Presque aucun âge inférieur à 480 Ma n'est en revanche observé pour ces deux échantillons (fig. 6-15 et 6-19). A contrario, les deux expériences non-coaxiales (LEP2 et LEP3) possèdent des distributions beaucoup plus étendues (de 215 à 518 Ma). LEP2 possède un pic principal qui se superpose avec celui du matériau de départ et des pics secondaires pour des âges compris entre 370 à 460 Ma (fig. 6-19). LEP3 ne possède pas de pic principal mais une gamme d'âges très étendue (± 175 Ma). Seulement une dizaine d'âges, comparables à ceux du matériau de départ (entre 480 et 500 Ma), est mesurée dans la lépidolite de LEP3, indiquant une perte d'argon massive et distribuée au sein de cet échantillon (fig. 6-15 et 6-19). A noter que les âges maximaux de LEP2 et LEP3 ne dépassent pas (ou de très peu) le pied de pic supérieur de LEP1, qui sort du lot.

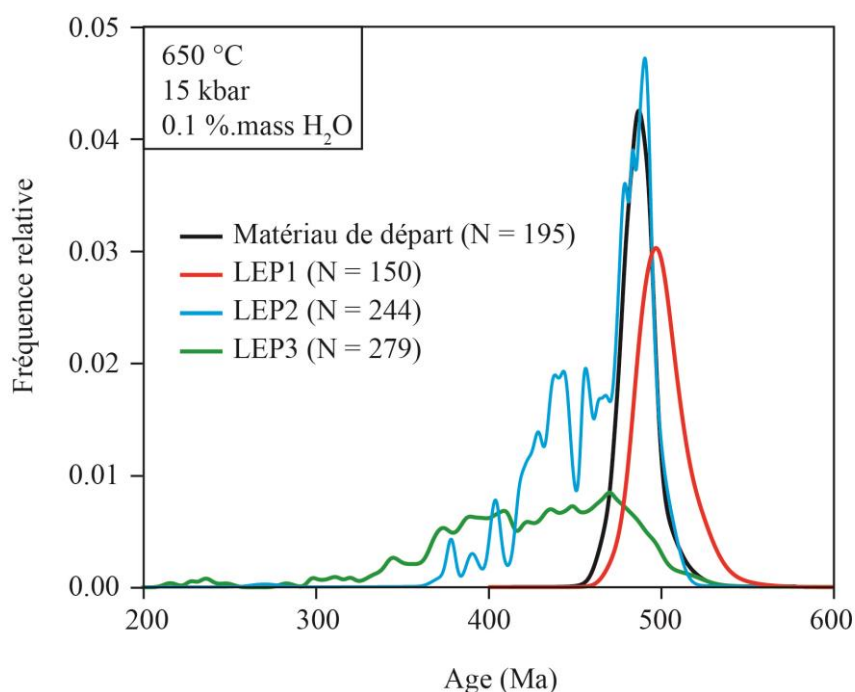


Figure 6-19 : Fréquence relative des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des différents échantillons. Les distributions du matériau de départ et du hot-pressing coaxial (LEP1) présentent un pic principal (respectivement entre 480 et 500 Ma et entre 485 et 510 Ma). Les deux expériences coaxiales (LEP2 et LEP3) possèdent des distributions beaucoup plus étendues (entre 200 et 520 Ma). LEP2 possède un pic principal qui se superpose avec celui du matériau de départ et des pics secondaires pour des âges de 370 à 460 Ma. LEP3 ne possède pas de pic principal mais une gamme d'âge très étendue (de 200 à 520 Ma).

6.4. Discussion

6.4.1. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences

4.1. Ouverture du système et échanges isotopiques durant les expériences

Les rajeunissements observés dans les échantillons expérimentaux impliquent une ouverture du système isotopique avec des échanges cristal / fluide interstitiel révélés par des variations des rapports isotopiques de l' $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Fig. 6-14) et par la diminution apparente des âges dans certaines expériences (Fig. 6-15).

Les expériences non-coaxiales (LEP2 et LEP3) présentent une corrélation entre l'augmentation du rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et le rajeunissement des âges (fig. 6-14). Cela traduit l'ouverture du système isotopique et indique que des échanges isotopiques ont eu lieu entre la lépidolite et son environnement, notamment le fluide interstitiel présent/ajouté dans l'assemblage expérimental. L'origine de cette composante atmosphérique est évidemment l'air présent dans la chemise de platine et partiellement dissout dans la phase fluide interstitielle lors du scellement des chemises de platine. L'auscultation post-expérimentale des chemises de platine des échantillons LEP2 et LEP3 révèle une ou plusieurs fissures potentiellement responsables de l'introduction d'argon atmosphérique en cours d'expérience (fig. 6-6), sans qu'il soit possible d'établir si ces fissures sont apparues pendant la déformation, la trempe ou lors de la descente en pression, toutefois la signature isotopique en $^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (traçant le chlore) reste plate pour les trois expériences (fig. 6-14). Ceci exclut notamment un échange avec l'assemblage de confinement solide (NaCl) qui aurait altéré la composition en ^{38}Ar . Une autre source potentielle réside dans le mélange de poudre (calcite-muscovite) et ses échanges avec la lépidolite au cours de la déformation. Des ablations réalisées dans cette matrice ont produit des signaux en ^{40}Ar trop importants pour être analysés (au-delà du seuil de protection des capteurs). Ceci indique une contamination majeure de la matrice par de l'argon d'origine vraisemblablement atmosphérique, probablement piégé sur ces phases à fort rapport volume/surface. Dans un cas comme dans l'autre (argon introduit ou argon de matrice), cet argon externe peut sévèrement affecter le calcul de l'âge apparent si son rapport isotopique $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ est fractionné vis-à-vis de la valeur atmosphérique en faveur du ^{36}Ar ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ piégé < 298, induisant des âges artificiellement surcorrigés, donc trop jeunes) ou de l' ^{40}Ar ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ > 298 induisant des âges artificiellement trop forts, en présence de ^{36}Ar). L'absence d'âges anormalement élevés (hormis ponctuellement LEP1), exclut à priori cette dernière hypothèse.

Les variations géochimiques en $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ s'inscrivent dans un mécanisme de réouverture du système avec un double échange de ^{36}Ar et $^{40}\text{Ar}^*$. La perte de $^{40}\text{Ar}^*$ et l'absorption de ^{36}Ar implique des processus d'échanges couplés avec des dynamiques distinctes en relation avec des sites (et des cinétiques) également différents. Dans le cas présent, l' ^{36}Ar trace l'échange via un gain alors que l' ^{40}Ar trace la perte. Le ^{36}Ar est nécessairement lié à un mécanisme d'incorporation impliquant des effets et dynamiques de surface, tandis que le $^{40}\text{Ar}^*$ implique obligatoirement des cinétiques et des effets de

volume et de structure cristalline. Les deux obéissent à des effets de seuil et de cinétique impliquant des mécanismes avec des énergies d'activation (absorption, diffusion) contrastées. Ces conditions n'impliquent pas de rapport d'échange homothétique (i.e., de un-à-un) en terme d'isotope et de site affecté, et il ne faut donc pas s'attendre à une proportionnalité directe (linéairement constante) entre les deux, ce qu'on peut constater (fig. 6-14). La présence d' ^{36}Ar dans les échantillons déformés (en excès de la valeur $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ constatée pour le matériau de départ) (fig. 6-14) peut assez simplement s'expliquer par la création de nouveaux sites de surface (et de piégeage) via les mécanismes de déformation activés au cours de la déformation (défauts ponctuels, étendus, segmentation mécanique et création de nouvelles surfaces). Les expériences LEP2 et LEP3 s'inscrivent dans cette logique avec le rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ qui augmente ($\rightarrow$ plus de sites favorables à la fixation de ^{36}Ar) avec la diminution des âges ($\rightarrow$ plus de pertes locales de $^{40}\text{Ar}^*$ induites par la déstructuration du réseau $\pm$ diffusion). La relation est naturellement antithétique.

C'est en revanche le contraire pour LEP1 qui voit son rapport $^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ augmenter avec les âges, semblant indiquer de façon contre-intuitive un site (une origine) commun(e) du ^{36}Ar et $^{40}\text{Ar}^*$ mobilisés pendant les échanges. Il est notable que ce cas-là soit justement le seul où des âges supérieurs à l'âge du matériau de départ sont observés, suggérant un couplage direct entre les deux isotopes et donc éventuellement une origine commune (labile) dans un rapport excédentaire, $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{matrix}} > 298$, donnant des âges artificiellement et localement biaisés. Ainsi, l'apport de ^{36}Ar d'origine externe s'accompagne d'une incorporation en ^{40}Ar excédentaire (par rapport à l'atmosphère) que la correction atmosphérique de routine ne permet pas d'éliminer (en forçant donc artificiellement les âges vers le haut, au-delà de l'âge initial). L'absence de structures de déformation pénétratives (présence de kinks seulement), corrobore d'ailleurs cette hypothèse pour indiquer que les effets de surface dominent ici sur les effets de volume. C'est évidemment le contraire avec LEP2 et LEP3 où les effets de volume (déformation) deviennent prévalents (cf. 1.3.3. Observations structurales). Il est enfin notable que la systématique $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ particulière de LEP1 soit également associée à l'absence de fissure de la chemise dans cette expérience (à priori impliquant des échanges internes, limités à la capsule), contrairement à LEP2 et LEP3 exposés à l'assemblage externe. Il est néanmoins incertain d'affirmer s'il s'agit d'une simple coïncidence ou si, au contraire, l'ouverture du système (capsule + charge expérimentale) a pu jouer un rôle dans la systématique contrastée des échanges entre cette expérience et LEP2 et LEP3.

En conclusion, nos résultats montrent que les variations d' $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}^*$ sont significatives et qu'elles reflètent au premier ordre des variations de provenance (ou d'occupation) des sites cristallins (ou atomiques) créés (ou ré-activés) par la déformation. Le traçage de l'existence/apparition de ces structures via l'isotope ^{36}Ar est illustré par nos données et peut s'avérer potentiellement précieux pour mieux définir les relations entre l'enregistrement isotopique (ouverture/fermeture) et les modifications de structure (surfaces, nucléation de défauts, etc.) accompagnant et accommodant la déformation intracristalline à la limite des régimes plastique/cassant.

6.4.2. Estimation des effets de la diffusion en fonction de la taille effective des grains

La présence de nombreux sous-domaines, définis par les microstructures discontinues induites lors de la déformation (e.g. kink, fractures, etc.), peut conditionner la rétention à l'Argon à travers la diminution de la distance de diffusion par rapport à la taille physique du mica original (monocristallin), en particulier dans deux des expériences (LEP2 et LEP3) (Lovera et al. 1989 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Lee, 1995 ; Mulch et al., 2002 ; Kramar et al., 2001 ; 2003 ; Harrison et Lovera, 2013). Si le modèle de perte par diffusion s'applique, on doit s'attendre à ce que la distribution spatiale des pertes d'argon se fasse en relation avec la texture de déformation finie observée. En particulier, les pertes maximales doivent préférentiellement se localiser dans les zones de cisaillement ou affectées massivement par les kinks induisant des tailles de grain ou de sous-domaines plus petites.

Les calculs théoriques permettent de déterminer le rayon de diffusion maximal conforme avec les pertes observées sur la base des valeurs de diffusivité connues. La confrontation des calculs avec les dimensions des structures réellement observées permet ainsi de tester l'existence et l'effet de sous-domaines (fig. 9, 11 et 13). Les expressions de Crank (1975) permettent de calculer la perte d'argon fractionnelle (f) induite aux conditions expérimentales ($T = 650\text{ °C}$ et $t = 170\text{ h}$) via les équations (4-1) et (3-2) (chapitre 4, section 4.4.3.2.1)

Comme dans les chapitres précédents (Chapitres 4 et 5), les paramètres de diffusion utilisés pour calculer le coefficient de diffusion sont ceux de Hames et Bowring (1994; $D_0 = 0.04\text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52\text{ kcal/mol}$), Harrison et al. (2009 ; $D_0 = 2.3\text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63\text{ kcal/mol}$) et Nteme et al. (2022 ; $D_0 = 6.10^{-4}\text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66\text{ kcal/mol}$).

Dans la gamme des (D, E) applicables aux conditions expérimentales considérées, les abaques calculées impliquent un rayon de diffusion maximal d'environ $24\text{ }\mu\text{m}$ de manière à reproduire les taux de perte observés autour de 10 % (fig. 6-20). Au-delà de cette limite, la perte devient inférieure à 10 %, voire nulle. Texturalement, cette taille de grain (ou sous-domaine) est effectivement identifiée dans les trois échantillons avec une diminution prononcée aux abords des bandes de cisaillement dans les échantillons LEP2 et LEP3, ainsi qu'à proximité des kinks dans les échantillons LEP1 et LEP2 (taille inférieure à $5\text{ }\mu\text{m}$; fig. 6-10, 6-12 et 6-14).

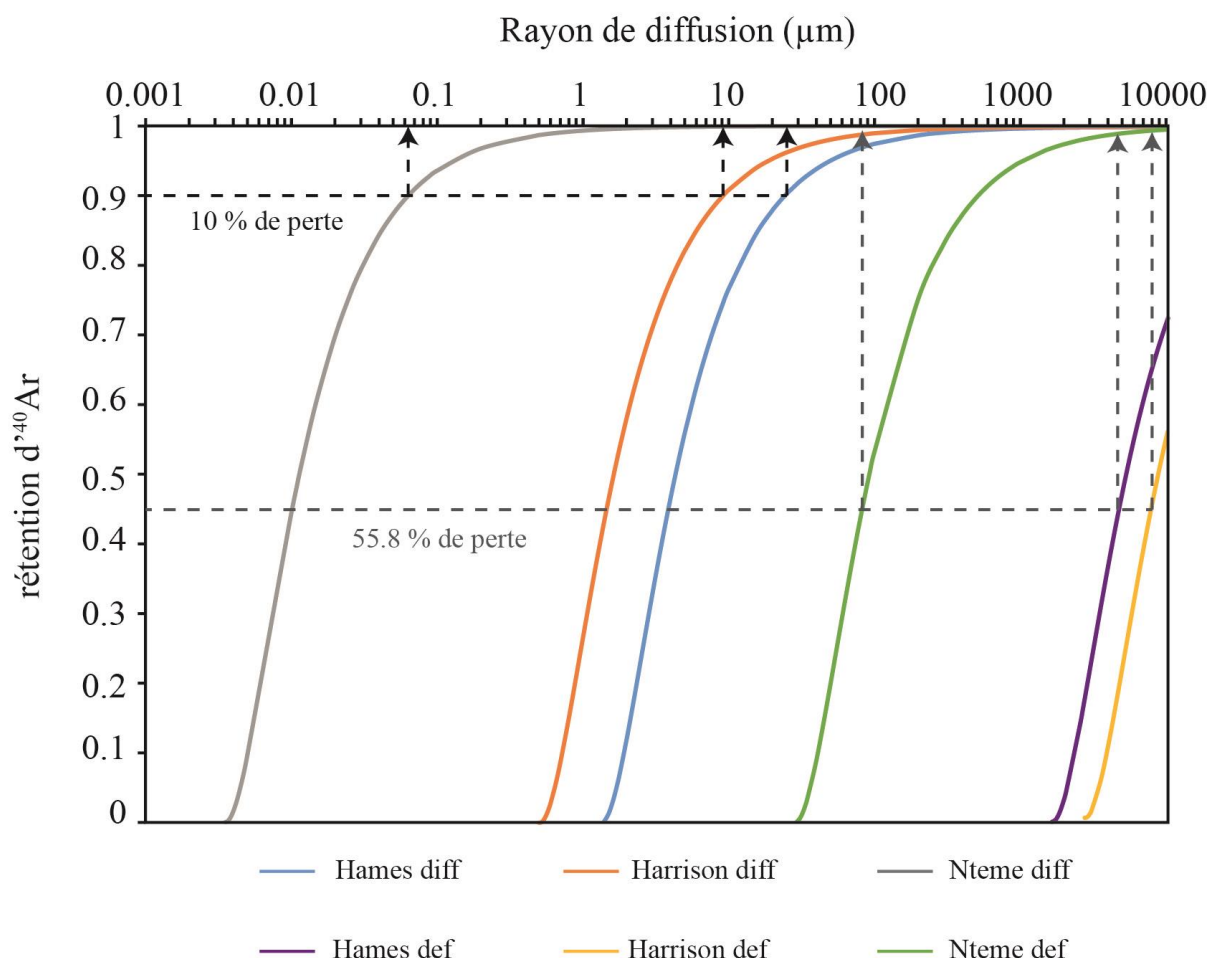


Figure 6-20 : Estimation du rayon de diffusion requis pour expliquer la perte fractionnelle pour un cristal parfait et pour un cristal comportant des défauts intracristallins (selon nos conditions expérimentales : 650 °C, 170h). Les paramètres de diffusion utilisés sont $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 52 \text{ kcal/mol}$ (courbes bleue et violette ; Hames et Bowring, 1994) ; $D_0 = 2.30 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 63 \text{ kcal/mol}$ (courbes jaune et rouge ; Harrison et al., 2009) et $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$ (courbes verte et grise ; Nteme et al., 2022). Les courbes « Hames diff, Harrison diff et Nteme diff », explorent les pertes d'argon théoriques en fonction du rayon de diffusion pour un cristal parfait : pour obtenir une perte de 10 % d'argon, un rayon de diffusion maximal de 9, 24 et 0.06 μm respectivement est nécessaire en fonction du jeu de paramètre adopté. Les courbes « Hames def, Harrison def et Nteme def » décrivent les pertes d'argon en fonction du rayon de diffusion compte tenu de la présence de défaut (énergie d'activation divisée par 2 ; Kramar et al., 2003) : pour obtenir une perte maximale de 56 % d'argon (LEP3), le rayon de diffusion nécessaire serait de $\sim 5 \text{ mm}$, $\sim 8.5 \text{ mm}$ et 80 μm respectivement

Dans le cas de LEP1, les pertes enregistrées dans ces zones à très faible granulométrie (obtenues à partir de la datation *in-situ*) sont bien inférieures (3.5 % de perte maximum), ce qui implique des rayons effectifs plus grands que 5 μm . Les abaques calculées selon les données de Harrison et al. (2009) pour nos conditions expérimentales (650 °C, 170h; fig. 6-20) impliquent un rayon de diffusion de 9 μm pour reproduire les pertes d'argon observées autour de 10 %. Les sous-domaines aux abords des kinks

(de taille inférieure, i.e., $< 5 \mu\text{m}$) devraient donc présenter des pertes plus importantes que celles enregistrées. Cela pourrait au contraire impliquer une diffusivité surestimée par les données de Hames et Bowring (1994) et Harrison et al. (2009). En clair, les données de diffusivité couramment utilisées demandent des tailles de domaine trop grandes pour respecter les pertes relativement faibles observées. Les estimations révisées par Nteme et al. (2022, 2023) vont dans le sens contraire (diffusivité restreinte) et requièrent un rayon inférieur à $0.06 \mu\text{m}$ pour produire des pertes de 10 % et de $0.2 \mu\text{m}$ pour des pertes autour de 3 %. Cette prévision se rapproche davantage de nos données (pertes très localisées allant jusqu'à 3.5 %).

Les pertes enregistrées dans les échantillons LEP2 et LEP3 sont bien plus importantes (jusqu'à 24 % et 56 % respectivement ; table 4). Les abaques calculés selon les données de Harrison et al. (2009) impliquent un rayon de $3.6 \mu\text{m}$ et $1.4 \mu\text{m}$ pour des pertes d'environ 24 % et 56 % (fig. 6-20). Selon les données de Hames et Bowring (1994), les rayons requis sont de $9\text{-}10 \mu\text{m}$ et de $3.8 \mu\text{m}$ respectivement et, selon les données de Nteme et al. (2022), 0.025 et $0.01 \mu\text{m}$ respectivement (fig. 6-20). Les estimations selon les données de Harrison et al. (2009) sont les plus concordantes avec les pertes et tailles de grain de LEP2 et LEP3 alors que les prédictions suivant Hames et Bowring (1994) sont surestimées pour l'échantillon LEP2. En effet, en retournant le calcul, les pertes d'argon attendues sur la base des tailles de sous-domaine observées sont plus élevées (environ 40 %, contre une perte maximale de 24 %) dans LEP2. Pour LEP3, les pertes d'argon attendues sont plutôt concordantes (perte maximale de 56 % localement). Les rayons estimés (0.025 et $0.01 \mu\text{m}$ pour 24 et 55.8 %) selon les données de Nteme et al. (2022) ne concordent que très localement avec les observations texturales faites aux abords des zones intensément déformées. Les sous-domaines visibles dans nos échantillons devraient, selon ce jeu de données, présenter des pertes beaucoup plus faibles (0-3% de perte maximale). Dans ce cas, la distribution de taille de grain identifiée optiquement par imagerie ne peut pas expliquer à elle seule (via la diffusion) la gamme des pertes observées (fig. 6-11 et 6-13 ; tableau 6-4). Cela implique un mécanisme de perte plus complexe.

Ces estimations sont également rendues complexes par le fait que la formation des sous-domaines au cours de l'expérience est nécessairement progressive. Les sous-domaines ont sans doute développé des tailles de diffusion plus petites de plus en plus tardivement au cours de l'expérience, les derniers formés ayant eu un temps de relaxation (par diffusion thermo-activée) de plus en plus court et donc moins effectif (avec des pertes plus faibles que celles prédites sur la base de la durée complète de l'expérience).

La discordance entre les pertes enregistrées dans nos échantillons et les calculs théoriques suggère l'existence de défauts d'échelle nanométrique non observés mais susceptibles d'influencer la mobilité de l'argon à l'échelle de sous-domaines non détectés par les images SEM. De multiples études ont documenté la présence de défauts associés à la déformation et tenté d'en quantifier les effets sur la

perte d'argon sur des échantillons naturels (Mulch et al., 2002 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Kramar et al., 2003 ; Hames et al., 2008 ; Nteme et al., 2023) et sur des échantillons expérimentaux (Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Cosca et al., 2011).

Kramar et al. (2001 et 2003) ont étudié la répartition spatiale des âges au sein de muscovites naturellement déformées dans un régime non-coaxial dans une mylonite. Ces travaux mettent en évidence la présence de défauts microstructuraux qui agissent comme des voies de diffusion privilégiées qui accélèrent la perte (d'un facteur 7 ordres de grandeur plus rapide). En faisant l'hypothèse, comme proposé par Kramar et al., (2003), que l'énergie d'activation dans les défauts microstructuraux est deux fois moindre par rapport à la diffusion volumique dans le réseau sain (pour environ le même facteur de fréquence D_0), ils suggèrent de modéliser la diffusivité effective dans la zone de cristal déformée par :

$$D_{def} = D_0 e^{-\frac{(0.5 * E)}{RT}} \quad (6-1)$$

En parallèle à la diffusion dans un réseau sain, la figure 6-20 présente les résultats des calculs de perte fractionnelle en fonction du rayon de diffusion effectif dans un cristal comportant des défauts (Hames def, Harrison def et Nteme def). Les calculs indiquent qu'une taille de grain de 90 μm suffit à assurer une rétention de plus de 50 % dans les systèmes peu diffusifs (sensu Nteme, 2022), alors que la taille minimale requise est de 5 mm et environ 8.5 mm dans les systèmes plus diffusifs (sensu Hames et Bowring, 1994, et Harrison et al., 2009, respectivement). Concernant ces deux systèmes, le calcul théorique montre qu'en dessous d'un rayon de diffusion de 1.5 et 2.5 mm respectivement, les conditions expérimentales appliquées induisent une remise à zéro complète du système isotopique. Le rayon critique de remise à zéro totale est de 30 μm dans le système peu diffusif (Nteme et al., 2022).

La gamme des pertes enregistrées (3.5, 24.0 et 56 % maximum pour LEP1, LEP2 et LEP3 ; tableau 4) ainsi que les observations texturales (taille minimale de sous-grains inférieure à 5 μm ; fig. 6-9, 6-11 et 6-13) sont donc plus en accord avec les caractéristiques des systèmes peu diffusifs caractérisés par Nteme (2021) et Nteme et al. (2022), qu'avec celles de Hames et Bowring (1994) et Harrison et al. (2009). Les estimations de perte restent néanmoins plus élevées même dans le cas peu diffusif.

Ces calculs indiquent que le modèle diffusif, assisté par des défauts, développé par Kramar (2001, 2003) présente des pertes d'argon plus importantes que celles enregistrées dans nos échantillons, quel que soit le jeu des paramètres (D_0 , E) considéré. L'estimation des paramètres de diffusion, en tenant compte de la quantification des défauts et leur répartition spatiale dans les échantillons, permettrait d'affiner le modèle diffusif.

6.4.3. Vers un modèle de couplage entre comportement rhéologique et redistribution de l'argon

6.4.3.1. Facteurs mécaniques : résistance et distribution de la déformation

Le durcissement révélé par l'augmentation de la contrainte différentielle au cours des expériences indique que la lépidolite accommode difficilement la déformation. Ce type de comportement a été documenté dans la déformation expérimentale de roches micacées (Paterson et Weiss, 1966) ainsi que des agrégats de muscovites (Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012). Ces auteurs proposent plusieurs hypothèses pour expliquer ce durcissement :

- (1) une orientation des muscovites aléatoire initiale (donc globalement peu favorable), limitant le cisaillement et les glissements le long du plan 001 des micas favorablement orientés;
- (2) la présence de joints de grains entre les muscovites dans le matériau de départ agissant comme des obstacles à la migration de dislocations;
- (3) la présence de microstructures particulières comme des kinks dont la coalescence et la croissance nécessitent une augmentation de la contrainte ;
- (4) la déformation se déroule dans le régime de la plasticité basse température, régime qui accumule les dislocations et donc impose un durcissement continu.

L'utilisation d'un monocristal de lépidolite dans nos expériences exclut la première hypothèse car l'échantillon ne présente pas de changement d'orientation. Les échantillons LEP1 et LEP2 montrent la nucléation de kinks très tôt au cours de la déformation puis leur croissance en nombre et en taille (présence de kinks dans LEP1 et LEP2 affectés par une quantité de déformation $\gamma < 0.5$). L'apparition de ces kinks et des bandes de cisaillement dans les échantillons LEP2 et LEP3 engendre la formation de sous-domaines (avec des nouveaux joints intergranulaires). Ainsi, le durcissement observé pourrait s'expliquer par la formation de kinks et de structures de cisaillement au cours des expériences (hypothèses 2 et 3). Ceux-ci pourraient agir comme des obstacles dans les mouvements de glissement selon le plan (001) de la lépidolite et dans les mouvements de dislocations. D'autre part, l'extrusion et l'amincissement d'une partie de la pastille de lépidolite, qui a pu avoir lieu très tôt au cours de l'expérience, entraîne un changement de taille des surfaces en contact (la surface de recouvrement des pistons diminue en cours de cisaillement, réduisant les surfaces en contact); ceci a pour conséquence d'augmenter la résistance de l'échantillon en rendant plus difficile sa déformation dans les derniers stades de l'expérience. La quatrième hypothèse peut également s'appliquer car c'est typiquement ce que l'on observe à la transition fragile-plastique. L'amincissement de la lépidolite entraîne également une augmentation de la résistance, cependant ce paramètre est pris en compte dans les corrections apportées aux données après les expériences (script matlab, cf. section 3.2.3)

6.4.3.2. Comportement mixte cassant-plastique : évolution temporelle des structures de déformation

Les échantillons présentent différentes structures de déformation dont certaines relèvent du régime cassant (fig. 6-9, 6-11a, f, g et 6-13e) et d'autres du régime plastique (fig. 6-11b, c, d, e et 6-13b, c, d). La répartition de ces structures au sein de chaque échantillon pose la question de leur apparition et de leur évolution au sein d'une expérience comme d'une expérience à l'autre. Notamment, il reste à déterminer si les régimes de déformation cassant et plastique se succèdent ou opèrent de manière simultanée. Paterson et Weiss (1966) ont étudié la déformation expérimentale de phyllites et la formation des kinks à l'aide d'une presse Paterson ($T = 25\text{ °C}$, $P = 5\text{ kbar}$, foliation parallèle ou sub-parallèle à σ_1). Ils observent 4 stades de déformation : (1) la nucléation de kinks, parfois conjugués et la présence de grandes zones non-déformées entre ces kinks ; (2) la croissance en taille et en nombre des kinks qui sont de moins en moins espacés, les zones non-déformées disparaissant ; (3) les kinks conjugués s'anastomosent et forment des chevrons complexes dont les plans axiaux sont normaux à σ_1 ; (4) les kinks et chevrons s'aplatissent et s'organisent (évoluent) en cisaillement par transposition dans la foliation.

Les résultats de nos expériences permettent de proposer un modèle d'évolution mécanique analogue, en plusieurs étapes matérialisées par les différents états finis à taux de déformation croissant : un premier stade de déformation est représenté par l'échantillon LEP1 (fig. 6-9), un deuxième stade par LEP2 (fig. 6-11) et le troisième par LEP3 (fig. 6-13). Ces trois stades définissent les étapes suivantes à travers la formation de microstructures caractéristiques (fig. 6-21) :

- (1) la nucléation des premiers kinks, parfois conjugués en fonction de l'orientation de la foliation (stade 1)
- (2) La croissance en taille et en nombre des kinks et la nucléation au centre de l'échantillon d'une zone de cisaillement où les kinks viennent s'enraciner dans les bandes de cisaillement (stade 2)
- (3) La disparition progressive des kinks, qui se transposent dans la foliation, au profit de la croissance de la zone de cisaillement (stade 3)

Les déformations d'agrégats de muscovites réalisées en compression et en cisaillement (P entre 100 et 300 MPa, $T = 400$ à 700 °C) par Mariani et al. (2006) et Misra et Burg (2012), montrent des comportements de déformation plastique idéale, voire un adoucissement de la contrainte (fig. 21, stade 4). Les structures de déformation se composent de zones de cisaillement où les kinks ont complètement disparu (Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012).

Dans notre cas, l'évolution des structures implique une déformation cassante (kink), qui est progressivement remplacée par un régime de déformation plastique (bandes de cisaillement), c-à-d, une déformation opérant à travers la transition fragile/plastique. Dans ces conditions, on peut s'attendre à ce

que l'étape de déformation plastique s'effectue dans le régime de la plasticité basse-température, laquelle est particulièrement connue pour engendrer un durcissement continu en raison de l'accumulation des dislocations produites par la déformation. Cette accumulation résulte de conditions de diffusion intra-cristalline limitées, qui réduisent la capacité des dislocations à monter d'un plan de glissement à l'autre et donc les poussent à s'accumuler dans le cristal (Kassner and Smith, 2014).

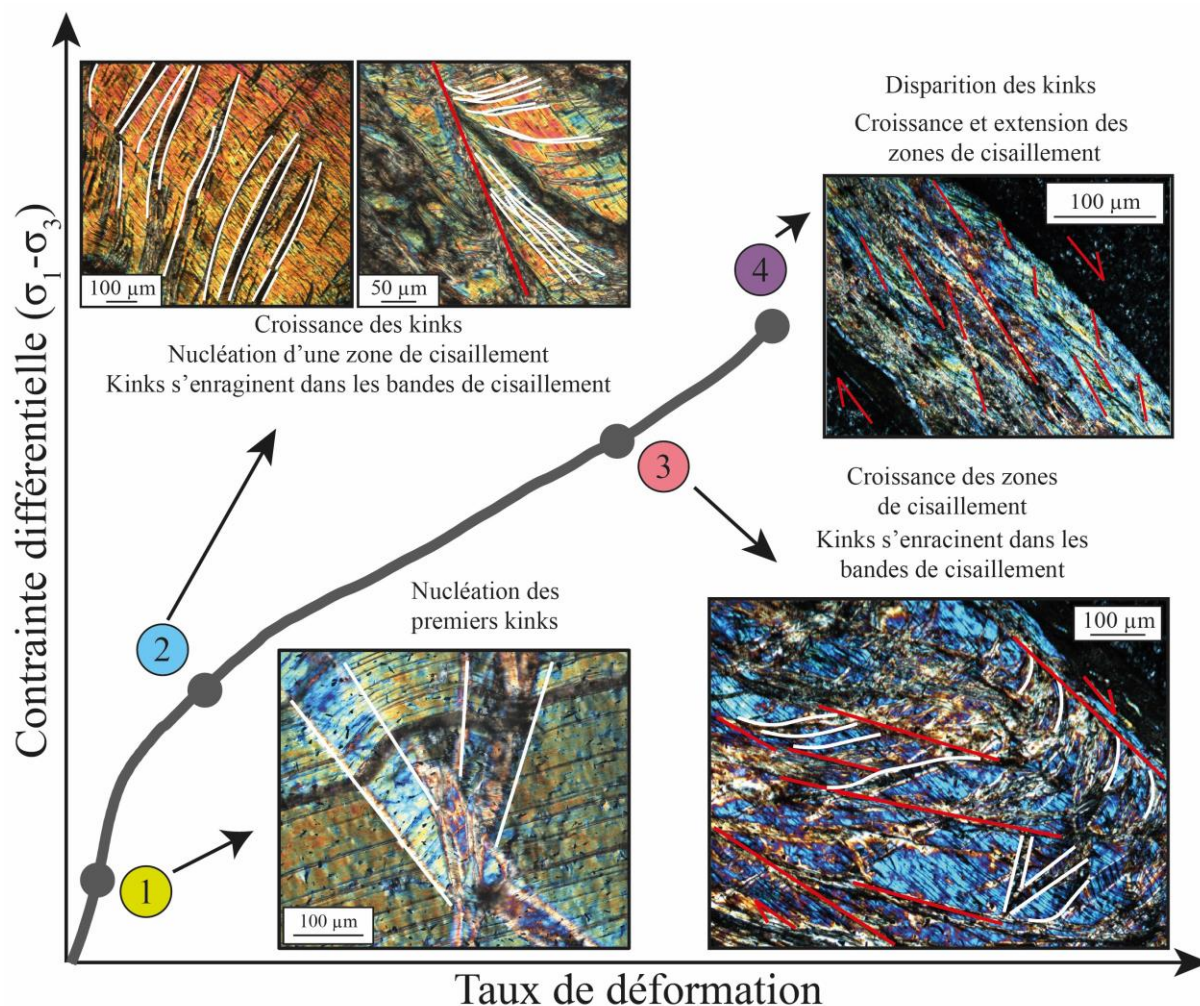


Figure 6-21 : Modèle d'évolution des relations structure-déformation le long d'une courbe mécanique de déformation. (1) le premier stade correspond à la nucléation de kinks ; (2) Le second stade comprend la croissance des kinks et la formation de plans de cisaillement dans lesquelles les kinks viennent s'enraciner, s'apparentant aux structures observées dans l'échantillon LEP2 ; (3) le troisième stade correspond à la croissance des zones de cisaillement au détriment des kinks qui disparaissent. (4) le dernier stade hypothétique correspond au stade ultime (non observé ici), où les kinks ont complètement disparu par transposition dans la foliation (d'après Paterson et Weiss, 1966 ; et Misra et al., 2012).

6.4.4. Modélisation des coefficients de diffusion dans les voies de diffusion rapide

Le protocole multi-approche appliqué dans cette étude (expérience statique ou dynamique) permet d'évaluer les mécanismes de perte en $^{40}\text{Ar}^*$ à l'échelle des grains et des sous-domaines

structuraux qui les composent et de les mettre en relation avec les travaux antérieurs sur la base du modèle d'évolution mécanique déduit de nos observations texturales et microstructurales.

Les études expérimentales de Dunlap et Kronenberg (2001) et Cosca et al. (2011) (chapitre 2) ont étudié la déformation de muscovites (en phase séparée et dans une roche granitique respectivement) et l'effet sur le chronomètre $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les expériences de déformation de courte durée dans le régime cassant sur monocristaux (400 °C, 100-200 MPa, déformation de 1h30) de Dunlap et Kronenberg (2001) montrent que la déformation (cataclase) a un effet nul à négligeable sur l'argon dans ces conditions (0.7-1.0 % de perte). Les expériences sur granite dans des conditions plastiques proches des nôtres (600 °C, 10 kbar, 29 h) de Cosca et al. (2011) montrent un rajeunissement entre le matériau de départ et l'échantillon déformé (jusqu'à -16 %), mais sans corrélation apparente entre la distribution spatiale des âges et l'intensité et/ou les structures de déformation (kinks essentiellement). Néanmoins, aucune de ces deux études ne dispose d'expériences de référence (recuit statique) permettant d'isoler l'effet de la température et il n'est pas exclu que les pertes constatées dans l'étude de Cosca et al. (2011) soient essentiellement dues à la diffusion (Chapitre 2).

Nos données expérimentales comblent cette lacune. Le hot-pressing non-coaxial (LEP2, fig. 6-15 et 6-17) présente de fortes pertes d'argon (jusqu'à 24 %) et cela malgré l'absence de contrainte dynamique durant l'expérience (à part la montée en charge hydrostatique et l'accommodation passive des effets de changements de volume). Ce résultat montre l'impact non négligeable de la déformation, même faible, en comparaison avec l'expérience de recuit statique coaxial peu affecté par les pertes et les structures de déformations (kinks) induites à la même température (LEP1). Les expériences statique (LEP2) et dynamique (LEP3) mettent en évidence une répartition hétérogène des âges en relation avec des gradients de déformation (LEP2 : fig. 6-11 et 6-17 ; LEP3 : fig. 6-13 et 6-18). Les gradients d'âge les plus marqués sont associés aux structures plastiques (LEP3, fig. 6-13 et 6-18). Les structures cassantes (kinks) observées dans les échantillons LEP1, LEP2 et LEP3 sont, quant à elles, associées à des variations plus modestes (âges similaires au matériau de départ). Cette corrélation, entre intensité et régime de déformation plastique avec rajeunissement concomitant, est une première expérimentale. Les calculs de diffusion théoriques (Section 6.4.2) et la forme complexe des gradients d'âge, et donc de concentration d'argon, suggèrent que la mobilité de l'argon n'est pas contrôlée par un mécanisme de diffusion volumique seul. Ces résultats confirment pour la première fois que des structures de déformation plastique (LEP2 : fig 6-11 et 6-17 ; LEP3 : fig. 6-14 et 6-18) ou associées à la transition cassant vs. plastique ont un impact majeur sur l'ouverture du système isotopique K-Ar du mica blanc.

Les images SEM des expériences LEP1, LEP2 et LEP3 montrent la présence de sous-grains ou sous-domaines au sein des lépidolites (fig. 6-10, 6-12 et 6-14). Leur taille varie au voisinage des zones fortement déformées notamment au niveau des micro-cisaillements des échantillons LEP2 et LEP3 (fig. 6-12b, c, d, e et 14b, c, d).

Le couplage de ces microstructures avec les variations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ duplique et confirme les observations empiriques réalisées sur des échantillons naturels, notamment par Goodwin et Renne (1991) et Kramar et al. (2001, 2003). En particulier, Kramar et al. (2001 et 2003) établissent une corrélation directe entre les pertes d'argon mesurées par cartographie $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in-situ et les microstructures induites par la déformation dans des muscovites naturellement déformées (400 °C durant 35 Ma). Les monograins de muscovites déformées présentent des âges rajeunis au niveau des bandes de cisaillement. Les observations TEM montrent la présence de défauts intracristallins (Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Noe et Veblen, 1999 ; Kramar et al., 2003 ; Mariani et al., 2006 ; Aslin et al., 2019) dont la densité augmente à l'approche des microstructures. Les simulations de diffusion, réalisées à partir de leurs observations texturales et des âges mesurés, prédisent une mobilité de l'argon le long de voies de diffusion rapide avec des vitesses de diffusion 6 à 7 ordres de grandeur plus rapides que la diffusion volumique dans le réseau. Dans notre cas, il n'a pas été possible de quantifier l'effet de défauts tels que des dislocations à l'échelle microscopique faute d'observations directes à l'échelle requise. L'imagerie TEM plus systématique et détaillée permettrait d'affiner l'identification et la quantification des dislocations en relation avec les structures identifiées par imagerie optique et SEM (Mares et Kronenberg, 1993 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Mariani et al., 2006 ; Kramar et al., 2003 ; Aslin et al., 2019).

La répartition spatiale de la déformation et des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ couplée aux calculs de diffusion plaide en faveur d'un contrôle de la mobilité de l'argon par l'association de plusieurs mécanismes (diffusion volumique et diffusion le long de voies de diffusion rapide). De la même manière que Kramar et al. (2001 et 2003), nous proposons d'utiliser nos données expérimentales afin d'estimer dans quelle mesure les voies de diffusion rapide pourraient stimuler la diffusion de l'argon dans les micas blancs.

Afin de déterminer le coefficient de diffusion dans les voies de diffusion rapide (D_{dr}), nous considérons un cristal de lépidolite séparé en deux volumes : le premier, vierge de dislocations et régi par la diffusion volumique seule et le deuxième comportant de nombreux défauts et régi par la diffusion via des chemins de diffusion rapide. Nous faisons également l'hypothèse que le minéral n'a pas subi de réduction de taille de grain (e.g. par recristallisation). Les fractions volumiques V_{dr} et V_{vol} obéissent à l'équation $V_{dr} + V_{vol} = 1$. L'équation pour déterminer D_{dr} est la suivante (Kramar et al., 2003) :

$$D_{dr} = \frac{D_t + D_{vol}(V_{dr} - 1)}{V_{dr}} \quad (6-2)$$

où D_t est le coefficient de diffusion total ; D_{vol} est le coefficient de diffusion volumique ; V_{dr} est la fraction volumique des voies de diffusion rapide.

La diffusion volumique D_{vol} et la diffusion totale D_t sont déterminées à l'aide de l'équation suivante :

$$F = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4}{\alpha_n^2} \right) \exp \left(\frac{-\alpha_n^2 D_{vol} t}{a^2} \right) \quad (6-3)$$

où F est la fraction d'argon restant dans le mica blanc à la fin de l'évènement thermique ; α_n est la racine de l'équation de Bessel $J_0(\alpha_n) = 0$; D est le coefficient de diffusion, t est la durée de l'évènement ; a est le rayon de diffusion effectif.

La fraction d'argon perdu F est estimée sur la base de l'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ le plus jeune de la lépidolite LEP1 (perte 3.5 %). La durée de l'évènement correspond à la durée des expériences (170 h). A partir de l'équation 6-3, on obtient le coefficient de diffusion volumique $D_{vol} = 2,597.10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Le coefficient de diffusion total D_t est estimé à partir de la fraction d'argon perdu déduit des pertes enregistrées dans l'échantillon LEP3 (perte maximale de 56 %). Ainsi, pour un rayon de diffusion $a = 3 \text{ mm}$ (rayon des disques de lépidolite), $D_{t3} = 6.308.10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$. Un second rayon de diffusion a été choisi afin d'observer les variations de diffusivité en fonction de la distance de diffusion effective. Ainsi, pour $a = 1$, $D_{t1} = 7.009.10^{-10} \text{ cm}^2/\text{s}$

La fraction volumique V_{dr} est calculée en multipliant la distance interfoliaire par la densité de défauts (Kramar et al., 2003). Dans les micas blancs, l'écartement interfoliaire maximal prédit est de $0,65 \text{ \AA}$ (Banos, 1985) et les densités de défauts varient entre 0 et $80 \mu\text{m}^{-1}$ (Bell et Wilson, 1981 ; Kramar et al., 2003).

La figure 6-22 présente les résultats de cette modélisation. Les coefficients de diffusion dans les chemins de diffusion rapide sont de 5 à 6 ordres de grandeurs plus élevés que le coefficient de diffusion volumique pour des rayons de diffusion de $a = 3 \text{ mm}$ et $a = 1 \text{ mm}$. L'écart de plusieurs ordres de grandeurs entre les coefficients de diffusion volumique et de diffusion rapide calculés est proche de celui obtenu par Kramar et al. (2003) : coefficients de diffusion de 6 à 7 ordres de grandeurs plus élevés et cela bien que les durées en jeu soient très différentes (35 Ma vs 170 h pour nos expériences). La vitesse de déformation, et donc la vitesse de formation des défauts cristallins beaucoup plus lente dans le cadre de déformation naturelle, ainsi que la température plus faible que dans nos expériences ($400 \text{ }^\circ\text{C}$ vs. $650 \text{ }^\circ\text{C}$), expliquent les coefficients de diffusion beaucoup plus faibles obtenus par Kramar et al. (10^{-22} à 10^{-14}). Les rapports de grandeur, entre 6 à 7 pour Kramar et al. (2003), et 5 à 6 ordres de grandeur pour notre étude, pourraient s'expliquer par la quantité de défauts cristallins induits durant la déformation, qu'une analyse TEM dédiée pourrait permettre de caractériser. Ces éléments apportent la confirmation expérimentale directe que les dislocations et défauts intracristallins ont un impact considérable sur les propriétés rétentives de l'Ar de la muscovite à travers la formation de défauts ouvrant des voies de diffusion rapide au sein des cristaux.

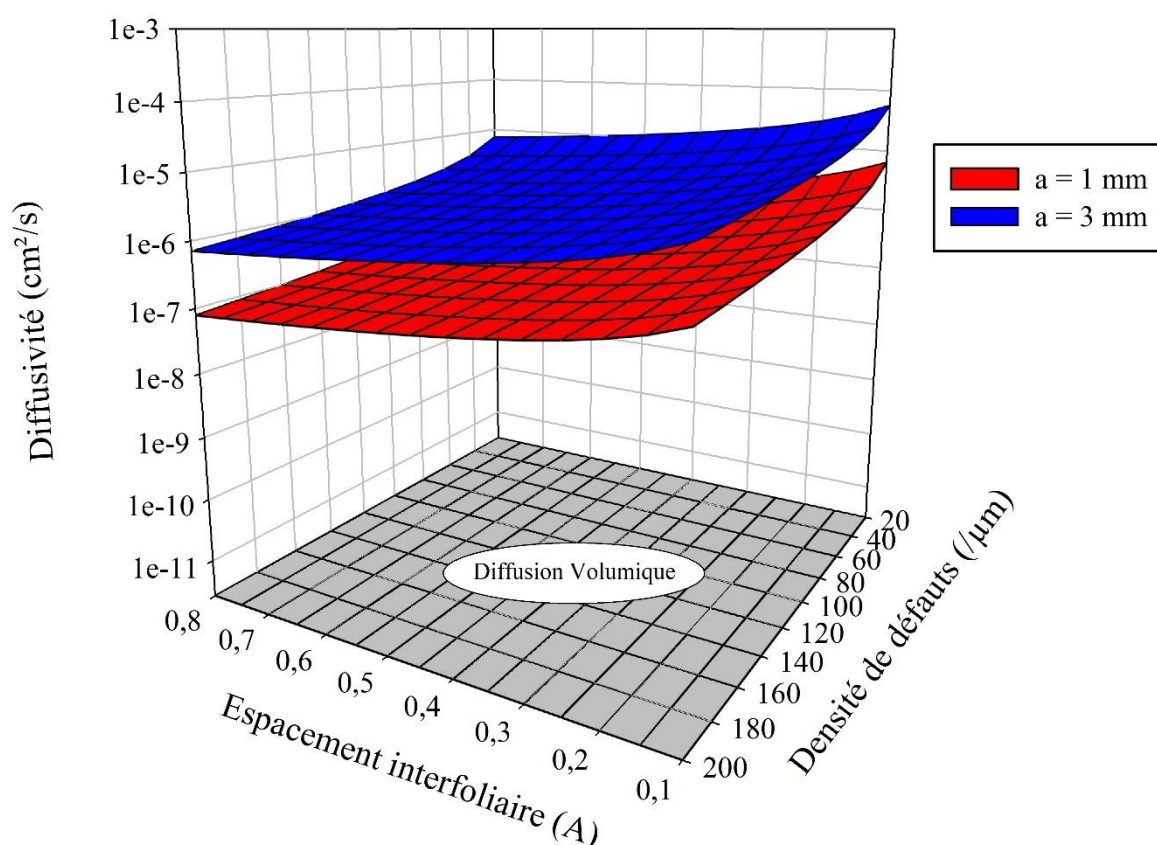


Figure 6-22 : Modélisation des coefficients de diffusion (diffusivité) des chemins de diffusion rapide dans les micas blancs selon nos données expérimentales ($t = 170$ h, pastille de 6 mm de diamètre), pour différents écartements interfoliaires et pour différentes densités de défauts. La courbe rouge modélise les coefficients de diffusion pour un rayon de diffusion effectif $a = 1$ mm, la courbe bleue pour un rayon de $a = 3$ mm. La diffusion le long des voies de diffusion rapide est de 5 à 6 ordres de grandeur supérieurs à la diffusion volumique estimée dans nos expériences (couche grise).

6.5. Conclusion

L'analyse de la mobilité de l'argon, via la datation *in-situ*, couplée à l'analyse de la distribution de la déformation dans un système monophasé représenté par la lépidolite de départ, conduit aux observations et conclusions suivantes :

(1) Il existe une relation étroite entre la déformation plastique et le rajeunissement des âges mesurés. Les structures associées au régime de déformation cassant ne montrent pas de rajeunissements significatifs malgré la présence de sous-domaines formés aux abords des kinks. Seules les zones de cisaillement présentent de forts rajeunissements.

(2) Les calculs indiquent que le modèle diffusif (diffusion volumique seule) présente des pertes plus faibles que celles enregistrées dans nos échantillons et implique un mécanisme de perte plus complexe. Assisté par des défauts (Kramar et al., 2003), le modèle diffusif présente des pertes d'argon

plus importantes que celles enregistrées dans nos échantillons, quel que soit le jeu des paramètres (D_0 , E) considéré. L'estimation des paramètres de diffusion, en tenant compte de la quantification des défauts et leur répartition spatiale dans les échantillons, permettrait d'améliorer ces modèles.

(3) Les mécanismes associés aux pertes d'argon semblent être l'association de la diffusion volumique à des voies de diffusion rapide (Kramar et al., 2011 et 2003). Malgré l'absence d'imagerie d'échelle nanométrique qui permettrait la visualisation des défauts dans nos échantillons, leur présence est amplement reconnue dans les roches déformées (Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Onstott et al. 1991 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Kramar, 2003 ; Passchier and Trouw, 2005 ; Aslin et al., 2019) et hautement suspectée de contribuer à une accélération des vitesses (et taux) de perte en Ar dans les minéraux déformés (Goodwin et Renne, 1991 ; Lee et Aldana, 1992 ; Lee, 1995 ; Sletten et Onstott, 1998 ; Mulch et al., 2002 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Nteme et al., 2023). Leurs interconnexions forment ainsi des chemins de diffusion rapide qui, associés à la diffusion volumique, jouent un rôle très important sur la mobilité de l'argon.

(4) La modélisation des coefficients de diffusion dans les chemins de diffusion rapide montre que, pour des rayons de diffusion effectifs de 1 mm et 3 mm, la diffusion est de 5 à 6 ordres de grandeur plus élevés que la diffusion volumique. Les dislocations et défauts intracristallins ont donc un impact considérable sur la formation des voies de diffusion rapide et donc sur la migration de l'argon au sein des micas blancs. La quantification exacte de ces coefficients nécessiterait l'utilisation de l'imagerie TEM afin de déterminer les densités de défauts et écartements interfoliaires dans nos échantillons expérimentaux, comme cela a déjà été fait pour des micas naturellement et expérimentalement déformés (Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Christoffersen et Kronenberg, 1993 ; Noe et Veblen, 1999 ; Kramar et al., 2003 ; Mariani et al., 2006 ; Aslin et al., 2019).

Chapitre 7 : Synthèse générale et perspectives

Cette dernière partie synthétise les observations et les résultats essentiels des expériences entreprises dans le cadre de ce travail afin de répondre aux problématiques posées en introduction (chapitre 1), à savoir :

- caractériser la distribution de la déformation dans les muscovites et les mécanismes de déformation associés.
- faire le lien avec le comportement et la redistribution de l'argon au sein des muscovites déformées
- identifier et quantifier les mécanismes responsables des pertes d'argon enregistrées
- définir les implications pour la géochronologie et notamment l'interprétation des âges dans le cas des roches naturelles.

7.1. Evolution des structures de déformation

Quel que soit le matériau de départ utilisé (granite, gneiss ou lépidolite), nos échantillons déformés présentent des structures liées aux régimes cassant et plastique, et ce pour un comportement mécanique souvent associé à un durcissement dans le régime plastique pour les monocristaux. La répartition de ces structures au sein des différents échantillons pose la question de l'apparition/nucléation, puis de l'évolution de ces structures au cours des expériences, ainsi que leur superposition spatiale et temporelle en cours de déformation. Au sein des échantillons de granite et de gneiss déformés, cette évolution n'est jamais très claire, même si la localisation et la quantité de structures induites semblent dépendre de l'agencement et de l'orientation des minéraux, ainsi que des structures préexistantes. La recristallisation de grains de quartz et de micas, au sein des bandes de cisaillement, a engendré la formation de zones de mélange dans lesquels les micas s'interconnectent, ce qui favorise la localisation de la déformation (Berthé et al., 1978 ; Kronenberg et al., 1990 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; Holyoke et Tullis, 2006 ; Kilian et al., 2011 ; Gonçalves et al., 2015 ; Mansard et al., 2018 ; Tokle et al., 2023). Ainsi, à l'échelle de nos charges expérimentales, la micro-rhéologie est contrôlée par l'agencement textural des phases résistantes et plastiques à l'échelle du grain.

Cependant, le choix stratégique d'effectuer des expériences monocristallines a permis de clarifier les relations spatiales et temporelles des structures de déformation. Les relations structurales intragranulaires de nos échantillons de lépidolite déformés (chapitre 6), dont la quantité de déformation est plus élevée ($\gamma = 6$ contre 32 % de raccourcissement), lèvent en grande partie ces ambiguïtés, ce qui nous permet de proposer un modèle d'évolution des structures comportant 3 étapes : (1) la nucléation de kinks ; (2) leur croissance en nombre et en taille concomitante avec la nucléation de zones de cisaillement ; (3) la disparition progressive des kinks au profit des zones de cisaillement. Les analyses texturales de déformation expérimentale proposées dans la littérature sont très similaires, que ce soit dans le cas de déformation sur des roches naturelles complexes mais également sur des agrégats de micas : les roches micacées ont montré la formation de kinks, puis le développement de ces kinks jusqu'à

obtenir du cisaillement (Paterson et Weiss, 1966 ; Tullis et Yund, 1980 ; Mariani et al., 2006 ; Misra et Burg, 2012). L'évolution des structures au sein de nos échantillons, à la résolution d'imagerie utilisée, implique donc un régime de déformation mixte cassant-plastique mais qui laisse supposer une transition progressive du régime cassant vers un régime de déformation plastique (e.g. bandes de cisaillement, recristallisation).

De façon significative, et concernant les implications pour le comportement et la remobilisation des isotopes de l'argon, les échantillons déformés de gneiss et de lépidolite ont montré l'apparition de « sous-domaines » à la faveur du développement des kinks et bandes de cisaillement. Dans ce contexte, la déformation plastique des micas peut localement impliquer un certain degré de recristallisation dynamique, et donc produire de nouveaux grains, sans pour autant que ces derniers soient clairement identifiables à l'échelle d'observation mise en jeu (SEM). L'analyse plus poussée par FIB + HRTEM est clairement la frontière à franchir désormais pour identifier les structures physiques responsables à l'échelle cristalline des modifications en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ associées (Nteme et al., 2023). La recristallisation dynamique, comprenant la migration de joints de grains, la rotation de sous-grains et le bourgeonnement, pourrait expliquer la réduction de taille de grain observée dans les chapitres 5 et 6 (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Passchier, 1985 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Passchier et Trouw, 2005), comme les sous-grains de forme sigmoïdale présents dans la lépidolite déformée (cf. chapitre 6) (migration aux joints de grains ; Lister et Snoke, 1984).

7.2. Corrélation spatiale des âges *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et des structures de déformation

Au cours de notre étude, nous avons observé des variations d'âge selon deux échelles : (1) celle de l'échantillon et (2) celle intracristalline. A l'échelle des échantillons, les âges se répartissent différemment en fonction de la taille des muscovites analysées - celles de petite taille enregistrent des âges plus jeunes et *vice versa* -, mais aussi en fonction des zones de localisation de la déformation, les âges obtenus diminuant vers le cœur des bandes de cisaillement. A l'échelle intragranulaire, des gradients d'âge cœur-bordure sont localement mesurés dans les échantillons de granite et gneiss déformés (fig. 7-1 et 7-2, chapitres 4 et 5), mais ces gradients sont rarement observés dans les expériences statiques (fig. 7-1), ainsi que dans les échantillons dont la quantité de raccourcissement est faible (fig. 7-2).

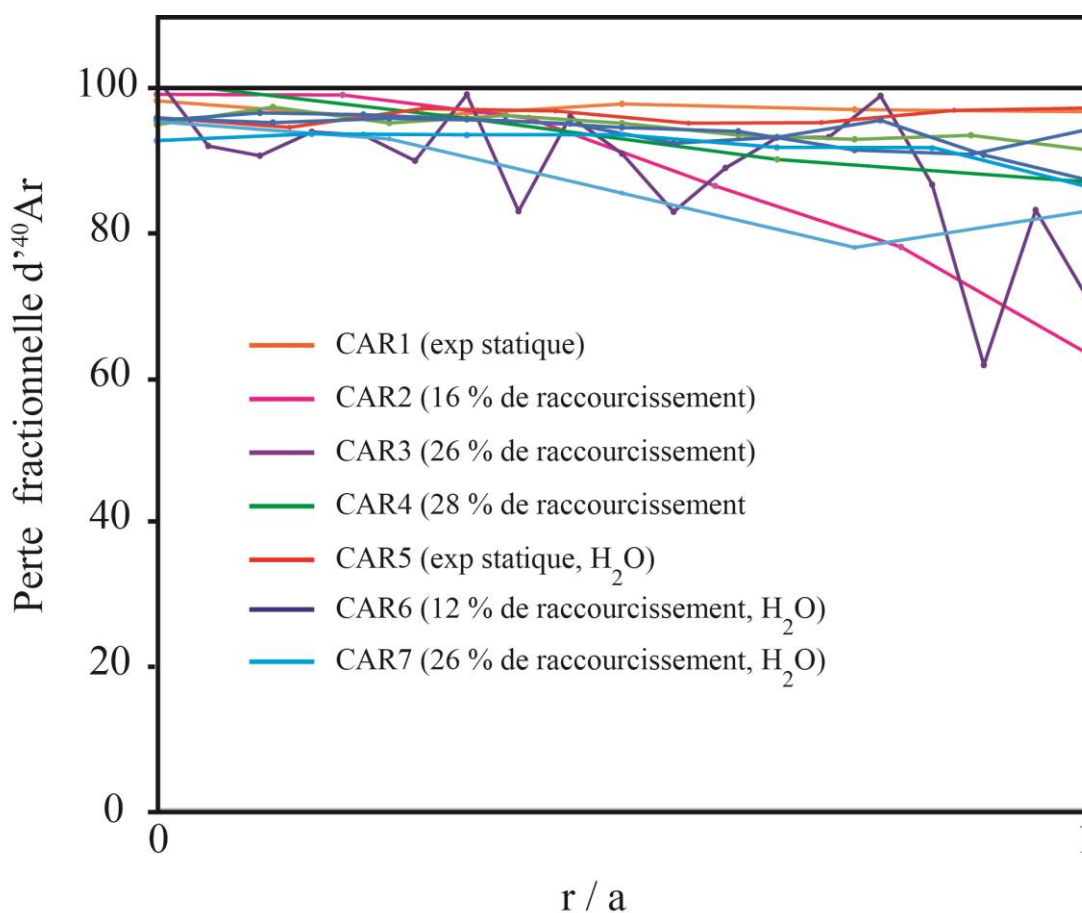


Figure 7-1 : Distribution cœur-bordure des pertes fractionnelles d'argon à travers les micas blancs des échantillons de granite traités expérimentalement (chapitre 4). En abscisse, le 0 correspond au cœur de l'échantillon et 1 à la bordure. Les courbes marron et rouge sont les expériences statiques (perte très faible), les courbes verte, rose et violette sont les expériences de déformation sans eau et les courbes bleues sont les expériences de déformation avec eau.

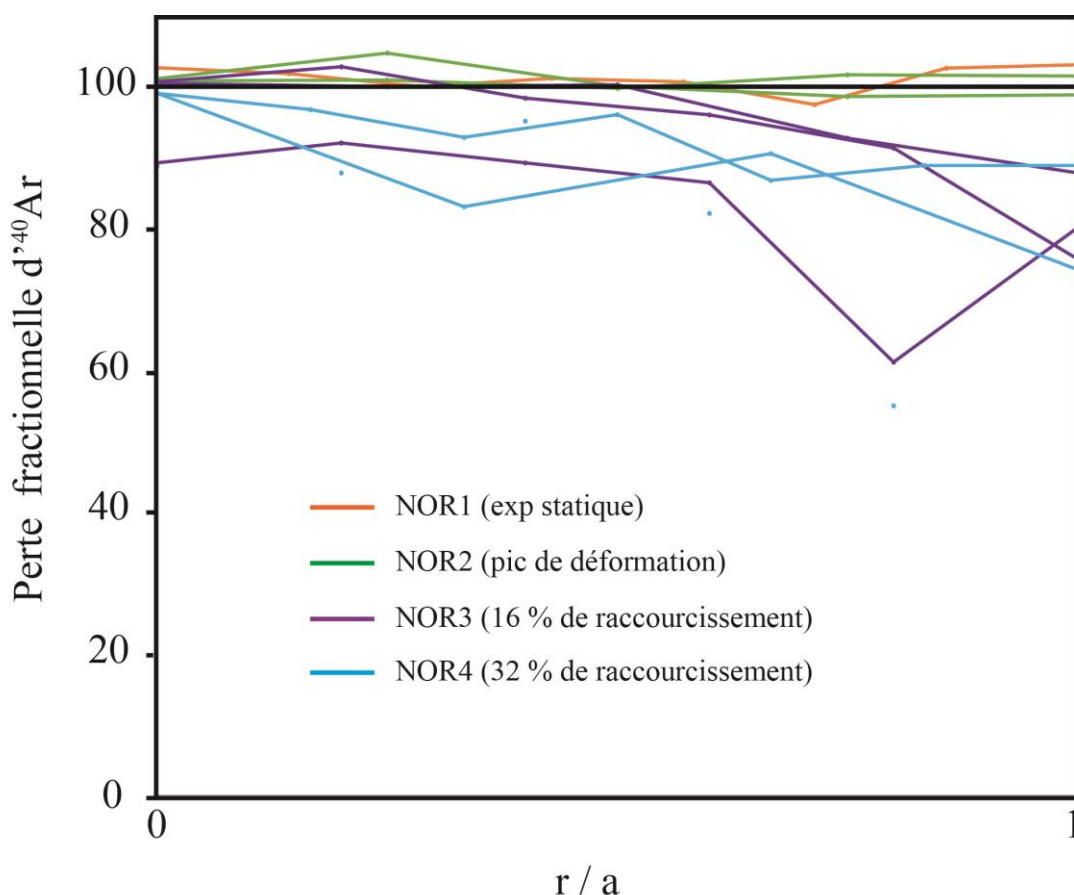


Figure 7-2 : Distribution cœur-bordure des pertes fractionnelles d'argon à travers les micas blancs des échantillons de gneiss traités expérimentalement (chapitre 5). En abscisse, le 0 correspond au cœur de l'échantillon et 1 à la bordure. NOR1 (l'expérience statique) et NOR2 (expérience au pic de déformation) ne présentent pas de muscovites possédant des variations cœur-bordure. Les muscovites des expériences NOR3 et NOR4 (expériences de déformation de 16 et 32% de raccourcissement) présentent des âges plus récents en bordure et plus vieux au cœur.

Ces observations respectent au premier ordre les effets attendus de la déformation progressive avec la réduction de taille de grain et la micro-cataclase intracristalline (e.g., Goodwin and Renne , 1991 ; Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Rolland et al. 2009, 2013). Dans nos expériences, la répartition spatiale des âges au sein des échantillons de lépidolite déformés montre en plus une forte corrélation des âges avec la distance aux structures de déformation intracristalline : les âges diminuent là encore vers le cœur des bandes de cisaillement (fig. 7-3, chapitre 6). Ces corrélations sont systématiquement associées aux déformations plastiques, c-à-d, qui témoignent d'une continuité cristalline à travers les structures, et ce indépendamment de l'échantillon (granite, gneiss ou lépidolite). Les âges associés aux kinks sont en effet toujours très similaires au matériau de départ. Ce lien entre déformation plastique/visqueuse et rajeunissement des âges Ar/Ar n'avait jusque-là jamais été mis en évidence, et encore moins démontré, à partir de données expérimentales.

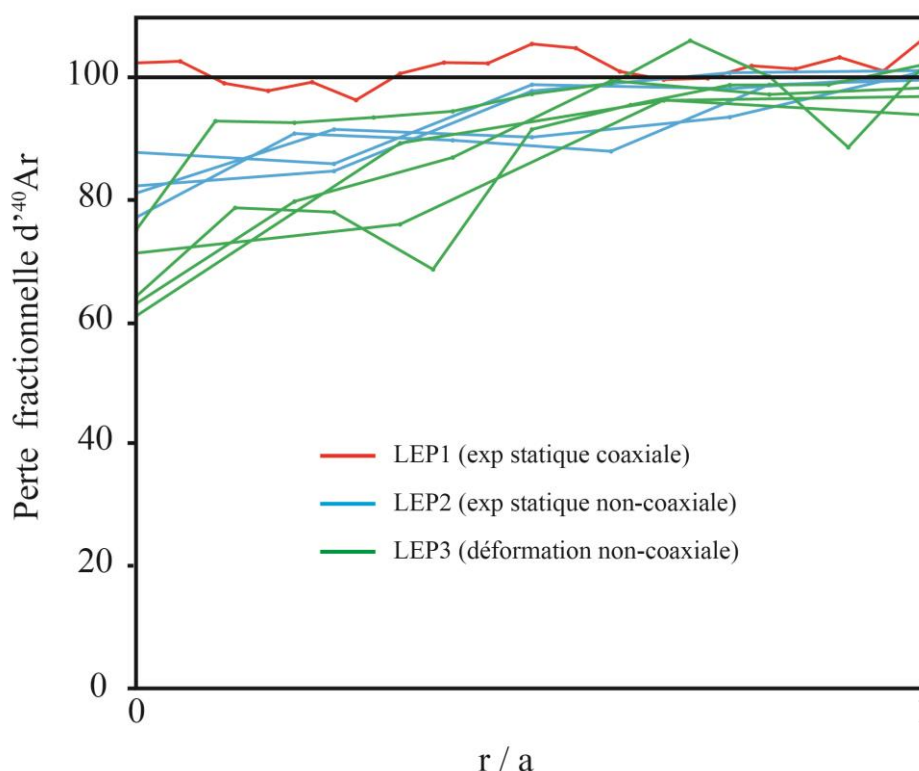


Figure 7-3 : Perte fractionnelle d'argon le long de gradients cœur-bordure des zones de cisaillement des échantillons déformés du chapitre VI (lépidolite), le 0 correspond au cœur de la zone de cisaillement et le 1 correspond aux âges éloignés de la zone intensément déformée (abscisse). Les profils montrent un rajeunissement des âges au cœur des zones de cisaillement et des âges plus anciens lorsque l'on s'éloigne de la structure de déformation.

7.3. Mécanismes liés aux pertes d'argon

Concernant les mécanismes associés aux pertes d'argon, les études structurales portant sur des cas naturels comme expérimentaux et montrant des variations d'âges militent en faveur d'un contrôle multi-échelle et multi-mécanismes (Etheridge et Hobbs, 1974 ; Kerrich, 1980 ; Wilson, 1980 ; Bell et Wilson, 1981 ; Bell et al., 1986 ; Kronenberg et al., 1990 ; Goodwin et Renne, 1991 ; Shea et Kronenberg, 1992 ; West et Lux, 1993 ; Heizler et al., 1997 ; Cheilletz et al., 1999 ; Dunlap et Kronenberg, 2001 ; Kramar et al., 2001, 2003 ; Di Vincenzo et al., 2001 et 2004 ; ; Mulch et al., 2002 ; ten Grotenhuis et al., 2003 ; Mulch et Cosca, 2004 ; Hames et al., 2008 ; Rolland et al., 2009 et 2013 ; Cosca et al. 2011 ; Kellett et al., 2016 ; Beaudoin et al., 2020). Basées sur les données naturelles et expérimentales, les pertes d'argon radiogéniques dans les micas blancs, et donc les âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ qui en découlent, ont été attribuées jusqu'ici à la diffusion volumique et/ou aux voies de diffusion rapide liées aux défauts cristallins induits lors de la déformation (Bell et al., 1986 ; Lovera et al. 1989 ; Lee, 1995 ; Kramar et al., 2001, 2003). Dans notre cas, les répartitions spatiales des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ au sein des muscovites et des lépidolites impliquent l'activation de la diffusion volumique. Celle-ci est attestée par la corrélation entre taille de grain et rajeunissement des âges. La présence de sous-domaines ou sous-grains dans les échantillons de gneiss et lépidolite déformés montre en outre que la taille des grains a varié entre le

début et la fin de l'expérience, entraînant une relation dynamique entre "remise à zéro partielle" et déformation progressive, les deux allant dans le sens d'une remobilisation plus poussée des sites microstructuraux localisant la déformation en fonction du régime prépondérant (cassant vs. viscoplastique). Cette diminution de taille de grain est progressive, notamment par la formation de sous-grains de plus en plus nombreux au fur et à mesure de l'expérience. La détermination des processus impliqués est plus complexe avec l'implication simultanée (ou non) de mécanismes induits par la déformation (fluage dislocation) et de la diffusion volumique. Les zonations cœur-bordure sont un indice de diffusion mais peuvent résulter de recristallisation, de ré-équilibre réactionnel ou encore de déformation. Cependant, l'absence de variations de composition chimique des échantillons avant et après expériences, ainsi que l'incohérence des âges mesurés avec les pertes théoriques calculées, excluent les réactions et échanges chimiques comme mécanisme principal. L'intervention d'un second mécanisme, ici directement lié à la déformation, est donc nécessaire pour expliquer les pertes d'argon observées dans notre étude. De plus, comme indiqué précédemment, les pertes observées ne sont pas corrélées avec les structures fragiles, mais uniquement avec les structures plastiques, ce qui implique un rôle majeur des défauts cristallins, linéaires (dislocations et/ou ripplocations) comme planaires (glissement basal), pour rendre compte de ces pertes. Nos estimations théoriques, qui confirment celles de Kramar et al. (2001 ; 2003) et de Nteme et al. (2022) et montrent une amplification de la diffusion de 5 à 7 ordres de grandeur grâce à la présence de défauts, viennent corroborer ces résultats.

7.4. Comparaison avec les études expérimentales précédentes

Les deux études expérimentales précédentes, réalisées par Dunlap et Kronenberg (2001) et Cosca et al. (2011), ont étudié la déformation de muscovites (en phase séparée et dans une roche grenue respectivement) et l'effet sur le chronomètre $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les structures dans le domaine cassant décrites par Dunlap et Kronenberg (2001) sont associées à de faibles pertes d'argon (<1 %) tandis que Cosca et al. (2011) documentent des pertes d'argon plus importantes (0 à 16 %). Ces différences peuvent s'expliquer (1) par les durées des expériences (respectivement 1h30 et 29h) ; (2) par les conditions de déformations (respectivement 400 °C, 100-200 MPa vs. 600 °C, 10 kbar). Les structures identifiées par Cosca et al. (2011) ne présentent pas de corrélation apparente entre la distribution spatiale des âges et l'intensité et/ou les structures de déformation (kinks essentiellement). Il s'agit de la principale différence avec nos résultats. En effet, les structures de déformations identifiées dans nos échantillons déformés sont corrélées avec des gradients d'âges de différentes intensités :

- Les gradients d'âges les plus marqués sont associés aux structures plastiques (e.g. bandes et zones de cisaillement) et cela pour plusieurs échantillons de granite, gneiss et lépidolite déformés.
- Les structures cassantes (kinks) observées dans les échantillons déformés sont associées à des variations plus modestes (sites compressifs).

Cosca et al. (2011) attribuent les pertes d'argon enregistrées à des mécanismes de diffusion multi-chemins (Lee, 1995). Toutefois, leur étude ne dispose pas d'expérience de référence (recuit statique) permettant d'isoler l'effet de la température et il n'est pas exclu que les pertes constatées dans cette étude soient essentiellement dues à la diffusion volumique (Chapitre 2). Le couplage d'expériences de déformation (+ diffusion) et de diffusion statique (expérience témoin) sur nos assemblages polycristallins et monocristallins nous permettent de répondre à cette problématique. Ainsi, les pertes d'argon obtenues dans les expériences de recuit (pseudo-)statique sont beaucoup plus faibles que celles enregistrées dans les micas blancs des échantillons déformés. Couplées aux calculs de diffusion théoriques, cela nous amène à la conclusion que la diffusion volumique ne permet d'expliquer les importantes pertes d'argon des différents échantillons déformés mais militent en faveur d'un contrôle multi-mécanismes. La présence de défauts induits par la déformation, ainsi que les corrélations entre les répartitions spatiales des structures de déformation et des âges *in-situ*, laissent supposer la formation de sous-grains mais également de voies de diffusion rapides qui catalyseraient la diffusion volumique.

7.5. Implications de nos résultats pour l'étude des cas naturels

7.5.1. Méthode « *step-heating* » vs. « *in-situ* »

Nos résultats mettent en avant la nécessité de multiplier les échelles d'observation et notamment de caractériser les défauts présents dans les roches déformées car les mécanismes entrant en jeu dans la mobilité de l'argon ne peuvent être identifiés qu'à l'échelle nanoscopique. En l'état, la datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ se décline suivant deux approches: *step-heating* et *in-situ*. L'essentiel des travaux abordant la datation de la déformation de roches naturelles l'a fait par « *step-heating* » en analysant indirectement les variations d'argon au sein des minéraux par l'analyse des spectres des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Cependant, cette approche a tendance à homogénéiser les variations intra-grains et donc à les sous-estimer (Hodges et Bowring, 1995). Cette observation pose la question de la quantification des variations intragranulaires d'argon par cette approche et les déductions qui en sont faites à l'échelle cristalline en termes de mécanismes de réjuvenation. Les études *in-situ* sont beaucoup moins nombreuses (Scaillet et al., 1990 et 1992) et apportent, comme l'étude présente, de sérieuses nuances aux modèles élaborés jusqu'à présent en termes de répartition spatiale des âges dans le cas de spectres complexes (spectres en escaliers) (cf. Di Vincenzo et al., 2016 ; Beaudoin et al., 2020 ; Laurent et al., 2021 ; Di Vincenzo et al., 2022). Dans notre cas, le couplage de la déformation expérimentale avec la datation *in-situ* illustre l'avantage de la méthode dans l'étude des corrélations intragranulaires et l'identification des mécanismes de rajeunissement en relation avec l'intensité et les conditions *P-T-ε* de la déformation.

7.5.2. Paramètres de diffusion et température de fermeture

Afin d'élargir nos conclusions concernant le changement de taille de grain, et donc du rayon de diffusion, comme un paramètre majeur contrôlant la capacité de rétention de l'argon dans les micas

blancs, un simple calcul de sensibilité permet de mettre en perspectives les paramètres de diffusion proposés dans la littérature.

Nous proposons de modéliser la diffusivité de l'argon d'après les paramètres de diffusion proposés dans la littérature (Hames et Bowring (1995 ; $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$), Harrison et al. (2009 ; $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$), Kramar et al. (2003 ; $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 58 \text{ kcal/mol}$) et Nteme et al., (2022 ; $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$) et d'après les résultats de Kramar et al. (2003) portant sur une muscovite déformée (fig. 4). La diffusion totale est approchée par un modèle de percolation paramétré par Hart (1957) sous la forme:

$$D_{total} = D_{vol}(1 - f) + D_{def}f \quad (7-1)$$

où D_{total} est la diffusion totale (bulk) ; D_{vol} la diffusion volumique ; D_{def} la diffusion via les défauts ; f la fraction de l'argon diffusé via les défauts.

La diffusion volumique dans la muscovite déformée de Kramar et al. (2003) se situe entre celles proposées par la littérature (fig. 7-4). La diffusion totale se superpose à celle de Hames et Bowring (1995). La diffusion via les défauts est plus élevée à basse température et se superpose à la diffusion totale à haute température (600 °C). Cette modélisation pose la question de la caractérisation du minéral étudié par Hames et Bowring (1995). En effet, la muscovite étudiée par Kramar et al. (2003) possède des défauts identifiés par des analyses TEM. La similitude entre les deux droites pourrait s'expliquer par la présence de défauts dans la muscovite étudiée par Hames et Bowring (1994).

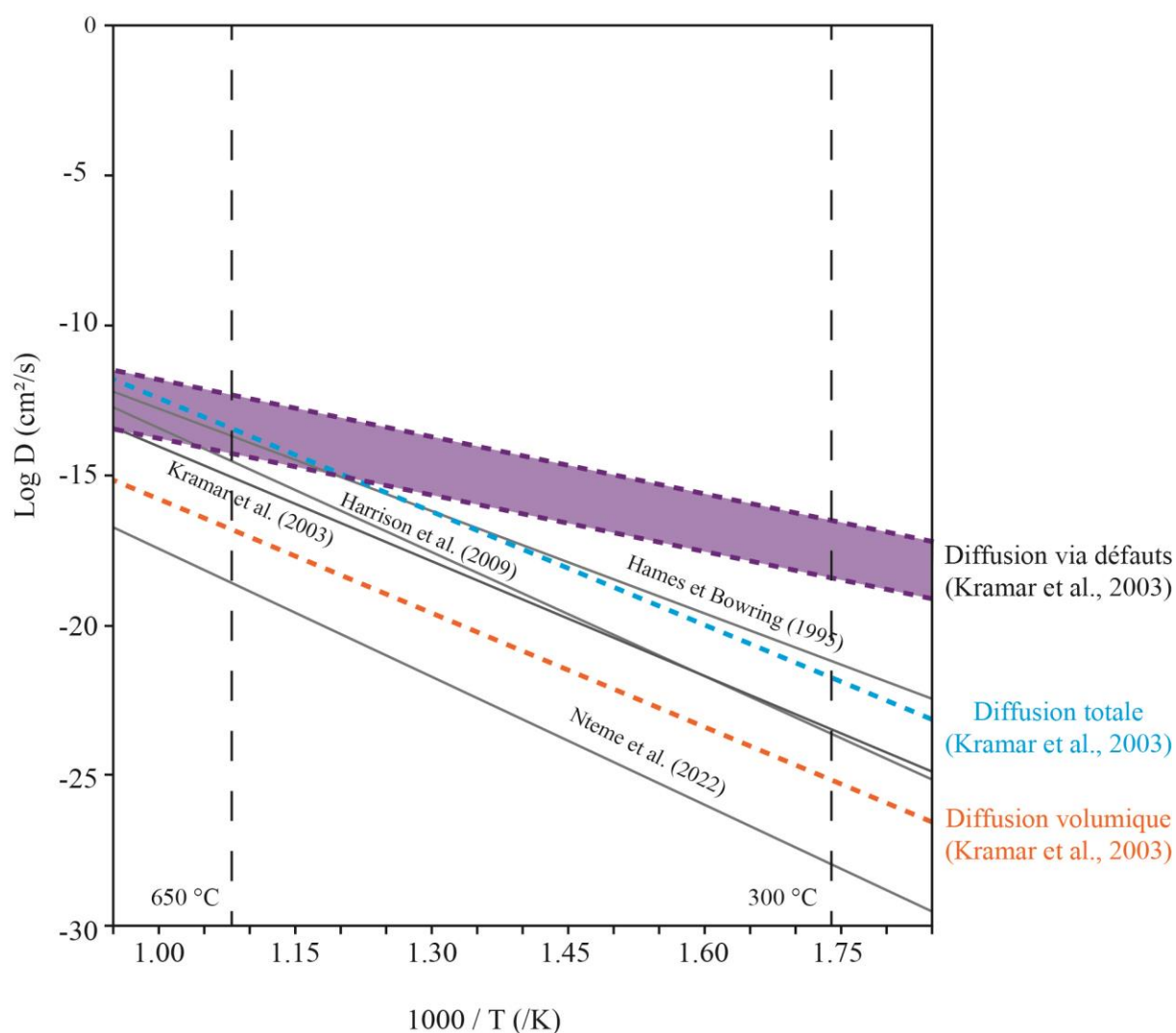


Figure 7-4 : Diffusivité de $l^{40}\text{Ar}$ dans la muscovite. Modélisation des paramètres proposés dans la littérature (Hames et Bowring, 1994 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$; Harrison et al., 2009 : $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$; Kramar et al., 2003 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 58 \text{ kcal/mol}$; et Nteme et al., 2022 : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$) et de ceux issus des résultats de Kramar et al. (2003) portant sur la diffusivité de l'argon au sein d'une muscovite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts).

De façon similaire, nous proposons ainsi de modéliser la diffusivité de l'argon d'après les résultats du chapitre 6 portant sur la déformation de l'épidolite (cf. chapitre 6, section 6.4.4). La diffusion volumique a été calculée d'après les pertes enregistrées par l'expérience statique LEP1, la diffusion totale (en bulk) et la diffusion via les défauts a été calculée d'après les pertes de l'expérience de déformation LEP3. Chaque type de diffusion (volumique, totale, via les défauts) a été calculé selon les paramètres de diffusion de Hames et Bowring (1994), Harrison et al. (2009), Kramar et al. (2003) et Nteme et al., (2022) (fig. 7-5). La vitesse de diffusion volumique proposée selon nos résultats est plus élevée que celle de la littérature. La diffusion via les défauts est plus élevée que celle de la diffusion totale, elle-même plus élevée que la diffusion volumique. Ces trois types de diffusion ne se recoupent pas (fig. 7-5).

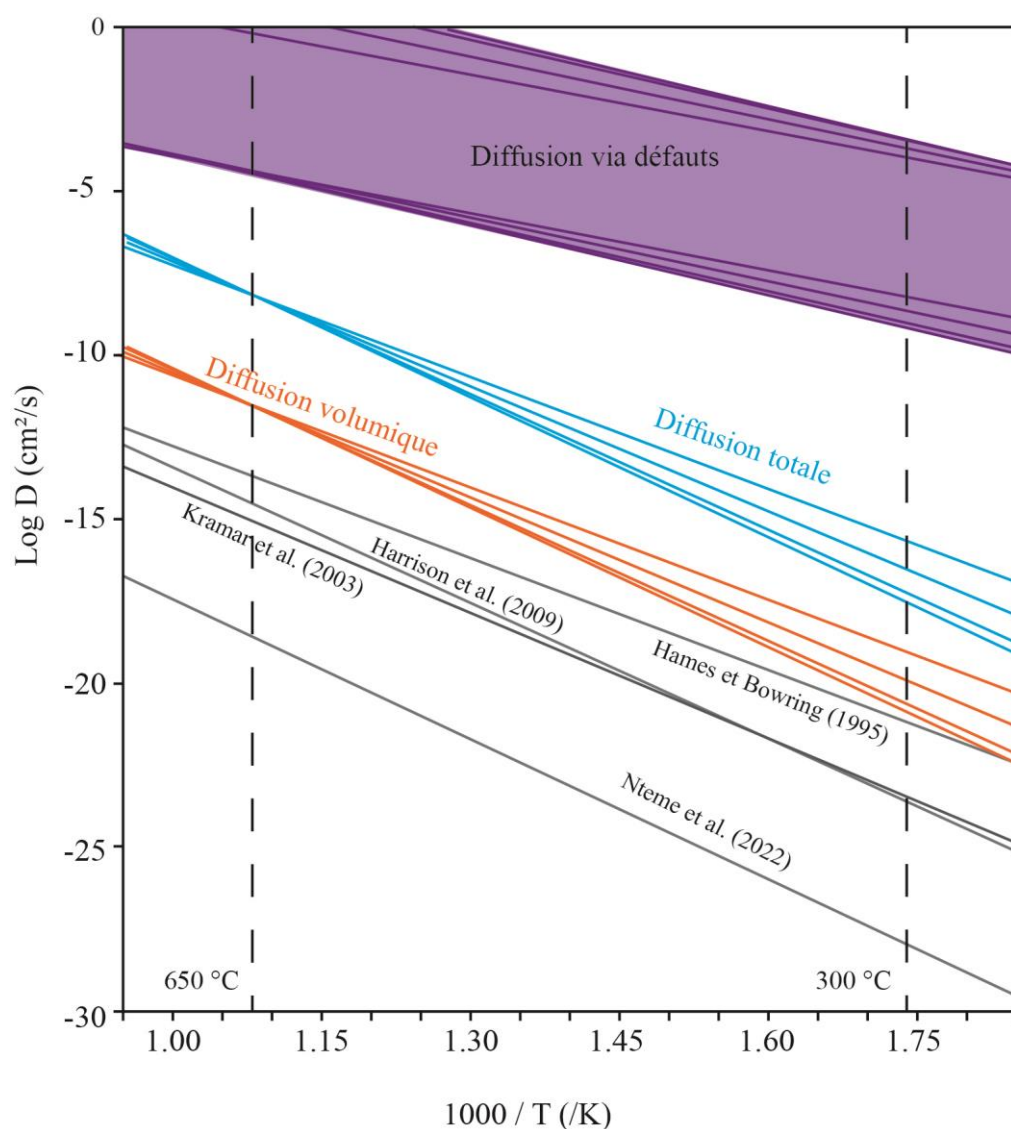


Figure 7-5 : Diffusivité de l' ^{40}Ar dans la muscovite. Modélisation des paramètres proposés dans la littérature (Hames et Bowring, 1994 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 52 \text{ kcal/mol}$; Harrison et al., 2009 : $D_0 = 2.3 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 63 \text{ kcal/mol}$; Kramar et al., 2003 : $D_0 = 0.04 \text{ cm}^2/\text{s}$, $E = 58 \text{ kcal/mol}$; et Nteme et al., 2022 : $D_0 = 6.10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ et $E = 66 \text{ kcal/mol}$) et de ceux issus des résultats du chapitre 6, portant sur la diffusivité de l'argon au sein de lépidolite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts). Les coefficients des trois types de diffusion sont plus élevés de plusieurs ordres de grandeurs que ceux proposés dans la littérature.

La comparaison de la diffusivité selon nos résultats et de Kramar et al. (2003) met en évidence des tendances identiques (diffusion via les défauts > diffusion totale > diffusion volumique ; fig. 7-6). Le décalage de plusieurs ordres de grandeur entre nos résultats et ceux de Kramar et al. (2003) peut s'expliquer par (1) la durée de l'évènement thermique (30 Ma vs. 170h) ; (2) par le rayon de diffusion utilisé ($a = 3 \text{ mm}$, le rayon initial des sections de lépidolite, pas de prise en compte de réduction de taille de grain).

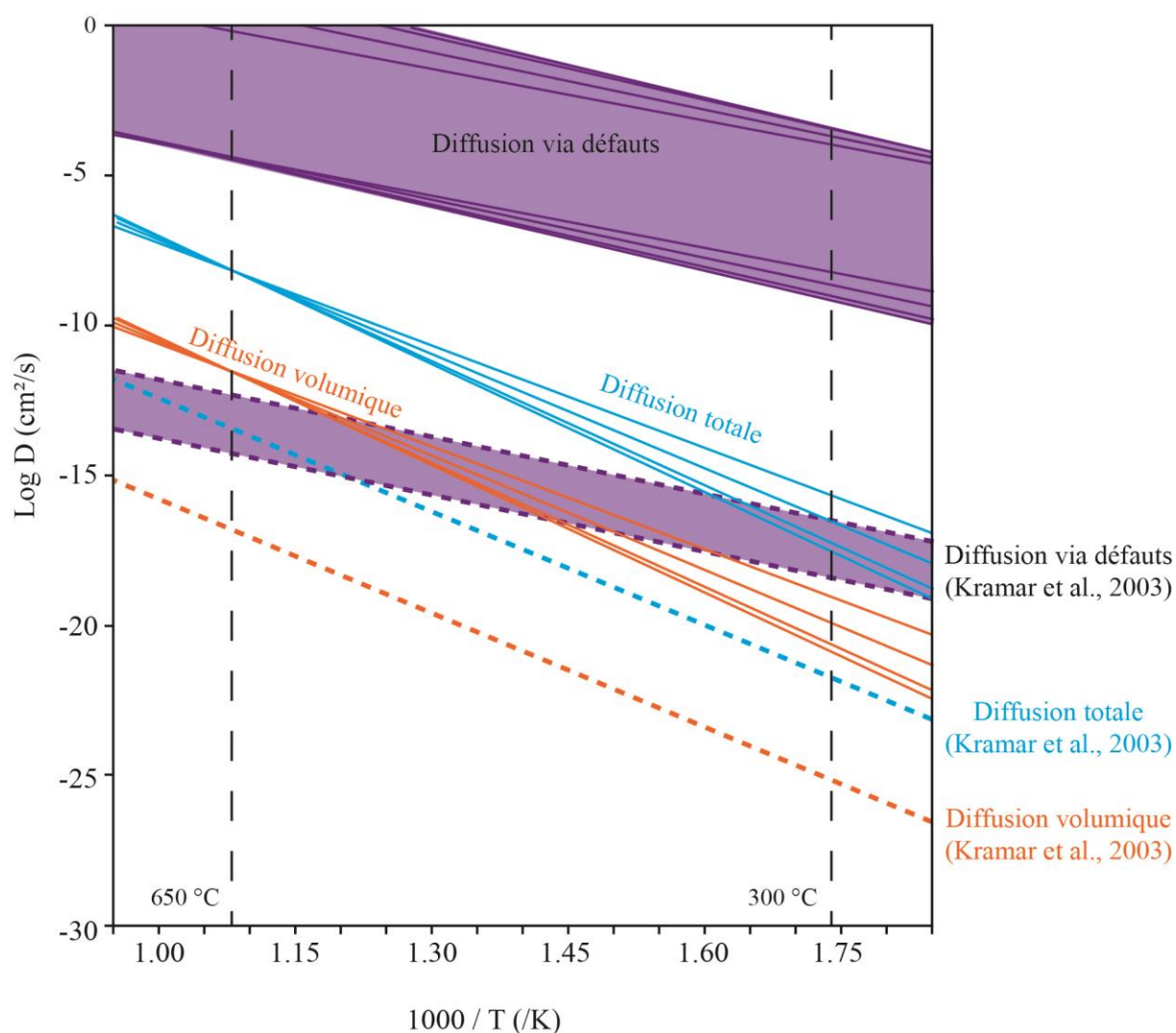


Figure 7-6 : Diffusivité de l' ^{40}Ar dans la muscovite. Modélisation des paramètres selon les résultats de Kramar et al. (2003) portant sur la diffusivité de l'argon au sein d'une muscovite déformée via plusieurs types de diffusion (volumique, totale/bulk et via les défauts) et comparés à nos résultats portant sur de la lépidolite déformée.

En définitive, dans les roches déformées, la taille des (sous-) grains ou (sous-) domaines varie localement (intragrain), mais également d'un minéral à l'autre (cf. chapitre 5 et 6). Ce changement de taille peut en principe être pris en compte dans les calculs de température de fermeture mais la formation de voies de diffusion rapides complique les estimations théoriques à travers la modification d'échelle de diffusion effective qu'elle introduit.

Ainsi, les paramètres de diffusion de l'argon associés seront différents de ceux actuellement proposés dans la littérature (diffusion volumique) et impacteront les estimations de température de fermeture. La détermination de nouveaux paramètres de diffusion (via les défauts) par l'étude de roches déformées (présentant des voies de diffusion rapide) permettrait de mieux contraindre les températures de fermeture et donc l'interprétation des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

7.6. Perspectives

Les résultats apportés par cette étude débouchent sur plusieurs questions, telles que: (1) dans quelles mesures les structures préexistantes affectent-elles la diffusion de l'argon? (2) Les défauts cristallins accumulés (lors de la déformation) jouent-ils un rôle dans la diffusion de l'argon après la déformation? (3) Quel est l'impact des défauts cristallins sur les paramètres de diffusion (D_0 , E) ? ; (4) Quel parallèle peut-on faire vis-à-vis de l'effet de la déformation sur les micas noirs déformés dans les mêmes conditions ? Ce dernier point n'a pas pu être abordé dans le cadre de ce travail faute de temps. Des travaux complémentaires peuvent ainsi être envisagés pour mieux comprendre le comportement de l'argon:

- (1) L'analyse des expériences de déformation menées sur les échantillons de granite et de gneiss ont indiqué l'importance de l'orientation des micas et des structures préexistantes pour la formation et l'évolution des structures. Multiplier les expériences avec différentes orientations des micas (roches naturelles ou monocristal) par rapport à la contrainte principale compléterait les résultats obtenus jusqu'à aujourd'hui sur la distribution de la déformation.
- (2) Réaliser des expériences de déformation avec différents taux de refroidissement. Nos expériences ont toutes subi une trempe de 2 min juste après l'arrêt de la déformation. La variation des durées de refroidissement pourraient nous renseigner sur la migration de l'argon dans une roche déformée. Laisser les expériences aux conditions de température et pression après l'arrêt de la déformation permettrait d'observer si des rééquilibres chimiques et isotopiques peuvent avoir lieu.
- (3) Multiplier les études couplant l'observation de roches déformées expérimentalement et la réalisation de cartographie d'âges *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ afin de calibrer/quantifier plus précisément les paramètres de diffusion (D_0 et E) des réseaux déformés comportant des défauts. A terme, l'approche croisée "datation *in-situ* et déformation expérimentale" devrait être poursuivie en direction d'un modèle thermodynamique capable de décrire l'évolution de la structure du mica sous l'effet de la température (temps de résidence) et des contraintes appliquées (cinématique et micro-rhéologie).
- (4) L'étude des biotites, en suivant le protocole développé dans cette thèse, compléterait l'analyse dynamique des défauts et leur impact sur une structure cristalline analogue mais possédant des caractéristiques réactionnelles (et rhéologiques) complètement différentes.

Chapitre 8 : Références bibliographiques

- Aslin, J., Mariani, E., Dawson, K., Barsoum, M.W., 2019. Ripplifications provide a new mechanism for the deformation of phyllosilicates in the lithosphere. *Nature communications* 10, 686.
- Augier, R., Agard, P., Monié, P., Jolivet, L., Robin, C., Booth-Rea, G., 2005. Exhumation, doming and slab retreat in the Betic Cordillera (SE Spain): in situ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and P–T–d–t paths for the Nevado-Filabride complex. *Journal of Metamorphic Geology* 23, 357–381.
- Baldwin, S.L., Lister, G.S., 1998. Thermochronology of the South Cyclades Shear Zone, Ios, Greece: Effects of ductile shear in the argon partial retention zone. *J. Geophys. Res.* 103, 7315–7336. <https://doi.org/10.1029/97JB03106>
- Banos, J., Amouric, M., de Fouquet, C., Baronnet, A., 1983. Interlayering and interlayer slip in biotite as seen by HRTEM. *American Mineralogist* 68, 754–758.
- Baratoux, Schulmann, Ulrich, Lexa, 2005. Contrasting microstructures and deformation mechanisms in metagabbro mylonites contemporaneously deformed under different temperatures (c. 650 °C and c. 750 °C). Geological Society, London, Special Publications.
- Barnhoorn, A., Bystricky, M., Kunze, K., Burlini, L., Burg, J.-P., 2005. Strain localisation in bimineralic rocks: Experimental deformation of synthetic calcite–anhydrite aggregates. *Earth and Planetary Science Letters* 240, 748–763.
- Baronnet, A., Kang, Z.C., 1989. About the origin of mica polytypes. *Phase Transitions* 16, 477–493.
- Beach, A., 1982. Deformation mechanisms in some cover thrust sheets from the external French Alps 13.
- Beaudoin, A., Augier, R., Jolivet, L., Jourdon, A., Raimbourg, H., Scaillet, S., Cardello, G.L., 2017. Deformation behavior of continental crust during subduction and exhumation: Strain distribution over the Tenda massif (Alpine Corsica, France). *Tectonophysics* 705, 12–32. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.03.023>
- Beaudoin, A., Scaillet, S., Mora, N., Jolivet, L., Augier, R., 2020. In Situ and Step-Heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of White Mica in Low-Temperature Shear Zones (Tenda Massif, Alpine Corsica, France). *Tectonics* 39. <https://doi.org/10.1029/2020TC006246>
- Behrmann, J.H., 1985. Crystal plasticity and superplasticity in quartzite; A natural example. *Tectonophysics* 115, 101–129. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(85\)90102-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(85)90102-7)
- Behrmann, J.H., Mainprice, D., 1987. Deformation mechanisms in a high-temperature quartz-feldspar mylonite: evidence for superplastic flow in the lower continental crust. *Tectonophysics* 140, 297–305. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(87\)90236-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90236-8)
- Bell, I.A., Wilson, C.J.L., 1981. Deformation of biotite and muscovite: Tem microstructure and deformation model. *Tectonophysics* 78, 201–228. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90014-7)
- Bell, I.A., Wilson, C.J.L., McLaren, A.C., Etheridge, M.A., 1986. Kinks in mica: Role of dislocations and (001) cleavage. *Tectonophysics* 127, 49–65. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90078-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90078-8)
- Bell, T.H., 1979. The deformation and recrystallization of biotite in the Woodroffe Thrust mylonite zone. *Tectonophysics* 58, 139–158. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(79\)90326-3](https://doi.org/10.1016/0040-1951(79)90326-3)
- Bell, T.H., Etheridge, M.A., 1973. Microstructure of mylonites and their descriptive terminology. *Lithos* 6, 337–348. [https://doi.org/10.1016/0024-4937\(73\)90052-2](https://doi.org/10.1016/0024-4937(73)90052-2)
- Bellanger, M., Augier, R., Bellahsen, N., Jolivet, L., Monié, P., Baudin, T., Beyssac, O., 2015. Shortening of the European Dauphinois margin (Oisans Massif, Western Alps): New insights from RSCM maximum temperature estimates and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in situ dating. *Journal of Geodynamics* 83, 37–64. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2014.09.004>
- Beltrando, M., Di Vincenzo, G., Ferraris, C., 2013. Preservation of sub-microscopic structural relicts in micas from the Gran Paradiso Massif (Western Alps): Implications for ^{40}Ar – ^{39}Ar geochronology. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 119, 359–380. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.05.043>
- Berger, G.W., York, D., Dunlop, D.J., 1979. Calibration of Grenvillian palaeopoles by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating | *Nature*.
- Berthé, D., Choukroune, P., Jegouzo, P., 1979. Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: the example of the South Armorican Shear Zone. *Journal of Structural Geology* 1, 31–42. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(79\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0191-8141(79)90019-1)
- Bessière, E., Scaillet, S., Augier, R., Jolivet, L., Miguel Azañón, J., Booth-Rea, G., Romagny, A., Duval, F., 2022. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Age Constraints on H P / L T Metamorphism in Extensively Overprinted Units: The Example of the Alpujarride Subduction Complex (Betic Cordillera, Spain). *Tectonics* 41. <https://doi.org/10.1029/2021TC006889>

- Bosse, V., Féraud, G., Ballèvre, M., Peucat, J.-J., Corsini, M., 2005. Rb–Sr and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in blueschists from the Ile de Groix (Armorican Massif, France): Implications for closure mechanisms in isotopic systems. *Chemical Geology* 220, 21–45. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.02.019>
- Bosse, V., Villa, I.M., 2019. Petrochronology and hygrochronology of tectono-metamorphic events. *Gondwana Research* 71, 76–90. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.12.014>
- Bourg, I.C., Sposito, G., 2008. Isotopic fractionation of noble gases by diffusion in liquid water: Molecular dynamics simulations and hydrologic applications. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72, 2237–2247. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.02.012>
- Brace, W.F., Kohlstedt, D.L., 1980. Limits on lithospheric stress imposed by laboratory experiments. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 85, 6248–6252.
- Brereton, N.R., 1970. Corrections for interfering isotopes in the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method. *Earth and Planetary Science Letters* 8, 427–433. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(70\)90146-9](https://doi.org/10.1016/0012-821X(70)90146-9)
- Bröcker, M., Baldwin, S., Arkudas, R., 2013. The geological significance of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb–Sr white mica ages from Syros and Sifnos, Greece: a record of continuous (re)crystallization during exhumation? *Journal of Metamorphic Geology* 31, 629–646. <https://doi.org/10.1111/jmg.12037>
- Bukovská, Z., Jeřábek, P., Morales, L.F.G., 2016. Major softening at brittle-ductile transition due to interplay between chemical and deformation processes: An insight from evolution of shear bands in the South Armorican Shear Zone. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 121, 1158–1182. <https://doi.org/10.1002/2015JB012319>
- Burg, J.P., Iglesias Ponce De Leon, M., 1985. Pressure-solution structures in a granite. *Journal of Structural Geology* 7, 431–436. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(85\)90047-1](https://doi.org/10.1016/0191-8141(85)90047-1)
- Bürgmann, R., Dresen, G., 2008. Rheology of the lower crust and upper mantle: Evidence from rock mechanics, geodesy, and field observations. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 36, 531–567.
- Burkhard, M., Kerrich, R., 1988. Fluid regimes in the deformation of the Helvetic nappes, Switzerland, as inferred from stable isotope data. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 99, 416–429.
- Burov, E.B., Watts, A.B., 2006. The long-term strength of continental lithosphere: "jelly sandwich" or "crème brûlée"? *GSA today* 16, 4.
- Byerlee, 1973. Friction of Rocks, in: *Friction of Rocks* | SpringerLink.
- Caron, 1994. Les minéralisations Pb–Zn associées au Paléozoïque inférieur d'Europe méridionale. Traçage isotopique Pb–Pb des gîtes de l'Iglesiente (SW Sardaigne) et des Cévennes et évolution de socle encaissant par la géochronologie U–Pb, ^{40}Ar – ^{39}Ar et K–Ar,.
- Ceccato, A., Goncalves, P., Menegon, L., 2022. On the petrology and microstructures of small-scale ductile shear zones in granitoid rocks: An overview. *Journal of Structural Geology* 161, 104667. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104667>
- Challandes, N., Marquer, D., Villa, I.M., 2008. P–T–t modelling, fluid circulation, and ^{39}Ar – ^{40}Ar and Rb–Sr mica ages in the Aar Massif shear zones (Swiss Alps). *Swiss Journal of Geosciences* 101, 269–288. <https://doi.org/10.1007/s00015-008-1260-6>
- Cheilletz, A., Ruffet, G., Marignac, C., Kolli, O., Gasquet, D., Féraud, G., Bouillin, J.P., 1999. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of shear zones in the Variscan basement of Greater Kabylia (Algeria). Evidence of an Eo-Alpine event at 128 Ma (Hauterivian–Barremian boundary): geodynamic consequences. *Tectonophysics* 306, 97–116. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00047-5)
- Christoffersen, R., Kronenberg, A.K., 1993. Dislocation interactions in experimentally deformed biotite. *Journal of Structural Geology* 15, 1077–1095. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(93\)90157-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(93)90157-6)
- Coble, R.L., 1963. A Model for Boundary Diffusion Controlled Creep in Polycrystalline Materials. *Journal of Applied Physics* 34, 1679–1682. <https://doi.org/10.1063/1.1702656>
- Cosca, M., Stunitz, H., Bourgeix, A.-L., Lee, J.P., 2011. $^{40}\text{Ar}^*$ loss in experimentally deformed muscovite and biotite with implications for $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of naturally deformed rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75, 7759–7778. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.10.012>
- Cossette, É., Schneider, D.A., Warren, C.J., Grasemann, B., 2015. Lithological, rheological, and fluid infiltration control on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in polydeformed rocks from the West Cycladic detachment system, Greece. *Lithosphere* 7, 189–205.
- Crank, J., 1979. *The Mathematics of Diffusion*. Clarendon Press.
- de Jong, K., Wijbrans, J.R., Féraud, G., 1992. Repeated thermal resetting of phengites in the Mulhacen Complex (Betic Zone, southeastern Spain) shown by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ step heating and single grain laser probe

- dating. *Earth and Planetary Science Letters* 110, 173–191. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(92\)90047-Y](https://doi.org/10.1016/0012-821X(92)90047-Y)
- de Ronde, A.A., Heilbronner, R., Stünitz, H., Tullis, J., 2004. Spatial correlation of deformation and mineral reaction in experimentally deformed plagioclase–olivine aggregates. *Tectonophysics* 389, 93–109. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.07.054>
- Delle Piane, C., Wilson, C.J.L., Burlini, L., 2009. Dilatant plasticity in high-strain experiments on calcite–muscovite aggregates. *Journal of Structural Geology* 31, 1084–1099.
- Di Vincenzo, G., Carosi, R., Palmeri, R., Tiepolo, M., 2007. A comparative U?Th?Pb (zircon?monazite) and ⁴⁰Ar? ³⁹Ar (muscovite?biotite) study of shear zones in northern Victoria Land (Antarctica): implications for geochronology and localized reworking of the Ross Orogen. *Journal of Metamorphic Geology* 25, 605–630. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2007.00717.x>
- Di Vincenzo, G., Ghiribelli, B., Giorgetti, G., Palmeri, R., 2001. Evidence of a close link between petrology and isotope records: constraints from SEM, EMP, TEM and in situ 40Ar–39Ar laser analyses on multiple generations of white micas (Lantermann Range, Antarctica). *Earth and Planetary Science Letters* 192, 389–405. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00454-X](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00454-X)
- Di Vincenzo, G., Godard, G., Molli, G., 2022. Dating Low-Grade Deformation: Role of Lithology and Strain Partitioning on Ar Isotope Records in the Alpi Apuane of Northern Apennines (Italy). *Tectonics* 41, e2022TC007248. <https://doi.org/10.1029/2022TC007248>
- Di Vincenzo, G., Grande, A., Prosser, G., Cavazza, W., DeCelles, P.G., 2016. 40Ar–39Ar laser dating of ductile shear zones from central Corsica (France): Evidence of Alpine (middle to late Eocene) syn-burial shearing in Variscan granitoids. *Lithos* 262, 369–383. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.07.022>
- Di Vincenzo, G., Rocchi, S., Rossetti, F., Storti, F., 2004. 40Ar–39Ar dating of pseudotachylytes: the effect of clast-hosted extraneous argon in Cenozoic fault-generated friction melts from the West Antarctic Rift System. *Earth and Planetary Science Letters* 223, 349–364. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.04.042>
- Di Vincenzo, G., Tonarini, S., Lombardo, B., Castelli, D., Ottolini, L., 2006. Comparison of 40Ar–39Ar and Rb–Sr Data on Phengites from the UHP Brossasco–Isasca Unit (Dora Maira Massif, Italy): Implications for Dating White Mica. *Journal of Petrology* 47, 1439–1465. <https://doi.org/10.1093/petrology/egl018>
- Dimanov, A., Dresen, G., 2005. Rheology of synthetic anorthite–diopside aggregates: Implications for ductile shear zones. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 110.
- Dodson, M.H., 1973. Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 40, 259–274. <https://doi.org/10.1007/BF00373790>
- Dohmen, R., Milke, R., 2010. Diffusion in polycrystalline materials: grain boundaries, mathematical models, and experimental data. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 72, 921–970.
- Dunlap, W., Kronenberg, A., 2001. Argon loss during deformation of micas: constraints from laboratory deformation experiments. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 141, 174–185. <https://doi.org/10.1007/s004100000217>
- Dunlap, W.J., 1997. Neocrystallization or cooling? 4°mr/39mrages of white micas from low-grade mylonites. *Chemical Geology* 143, 181–203. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00113-7)
- Dunlap, W.J., Teyssier, C., McDougall, I., Baldwin, S., 1991. Ages of deformation from K/Ar and 40Ar/39Ar dating of white micas 4.
- Ernst, W.G., Blatt, H., 1964. Experimental study of quartz overgrowths and synthetic quartzites. *The Journal of Geology* 72, 461–470.
- Etheridge, M.A., Hobbs, B.E., 1974. Chemical and deformational controls on recrystallization of mica. *Contr. Mineral. and Petrol.* 43, 111–124. <https://doi.org/10.1007/BF00572714>
- Etheridge, M.A., Hobbs, B.E., Paterson, M.S., 1973. Experiental deformation of single crystals of biotite. *Contr. Mineral. and Petrol.* 38, 21–36. <https://doi.org/10.1007/BF00371724>
- Evans, 1990. Textures, deformation mechanisms, and the role of fluids in the cataclastic deformation of granitic rocks | Geological Society, London, Special Publications. Geological Society, London, Special Publications.
- Everard, J.L., Villa, I.M., 1994. Argon geochronology of the Crown Hill Andesite, Mt Read Volcanics, Tasmania. *Australian Journal of Earth Sciences* 41, 265–272. <https://doi.org/10.1080/08120099408728135>
- Farkašovský, R., Bónová, K., Košuth, M., 2016. Microstructural, modal and geochemical changes as a result of granodiorite mylonitisation—a case study from the Rolovská shear zone (Čierna hora Mts, Western Carpathians, Slovakia).

- Fick, A., 1855. Ueber Diffusion. *Annalen der Physik und Chemie* 170, 59–86. <https://doi.org/10.1002/andp.18551700105>
- Fitz Gerald, J.D., Harrison, T.M., 1993. Argon diffusion domains in K-feldspar I: microstructures in MH-10. *Contr. Mineral. and Petrol.* 113, 367–380. <https://doi.org/10.1007/BF00286928>
- Fitz Gerald, J.D., Stunitz, H., 1993. Deformation of granitoids at low metamorphic grade. I: Reactions and grain size reduction 29.
- FitzGerald, J.D., Etheridge, M.A., Vernon, R.H., 1983. Dynamic recrystallization in a naturally deformed albite. *Textures and Microstructures* 5, 219–237.
- Fliervoet, T.F., White, S.H., Drury, M.R., 1997. Evidence for dominant grain-boundary sliding deformation in greenschist- and amphibolite-grade polymineralic ultramylonites from the Redbank Deformed Zone, Central Australia. *Journal of Structural Geology* 19, 1495–1520. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(97\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(97)00076-X)
- Fornash, K.F., Cosca, M.A., Whitney, D.L., 2016. Tracking the timing of subduction and exhumation using ⁴⁰Ar/³⁹Ar phengite ages in blueschist- and eclogite-facies rocks (Sivrihisar, Turkey). *Contrib Mineral Petrol* 171, 67. <https://doi.org/10.1007/s00410-016-1268-2>
- Freiberg, D., Barsoum, M.W., Tucker, G.J., 2018. Nucleation of ripplocations through atomistic modeling of surface nanoindentation in graphite. *Physical Review Materials* 2, 053602.
- Getsinger, A.J., Hirth, G., Stu, H., Goergen, E.T., 2013. Influence of water on rheology and strain localization in the lower continental crust 18.
- Giese, R.F., 1974. Surface energy calculations for muscovite. *Nature* 248, 580–581.
- Goetze, C., Evans, B., 1979. Stress and temperature in the bending lithosphere as constrained by experimental rock mechanics. *Geophysical Journal International* 59, 463–478.
- Gonçalves, C.C., Gonçalves, L., Hirth, G., 2015. The effects of quartz recrystallization and reaction on weak phase interconnection, strain localization and evolution of microstructure. *Journal of Structural Geology* 71, 24–40.
- Goncalves, P., Oliot, E., Marquer, D., Connolly, J.A.D., 2012. Role of chemical processes on shear zone formation: an example from the Grimsel metagranodiorite (Aar massif, Central Alps). *Journal of Metamorphic Geology* 30, 703–722.
- Goodwin, L.B., Renne, P.R., 1991. Effects of progressive mylonitization on Ar retention in biotites from the Santa Rosa mylonite zone, California, and thermochronologic implications. *Contr. Mineral. and Petrol.* 108, 283–297. <https://doi.org/10.1007/BF00285937>
- Griggs, D.T., Blacic, J.D., 1965. Quartz: Anomalous Weakness of Synthetic Crystals. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.147.3655.292>
- Griggs, D., 1967. Hydrolytic Weakening of Quartz and Other Silicates*. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 14, 19–31. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1967.tb06218.x>
- Griggs, J., Lang, A.C., Gruber, J., Tucker, G.J., Taheri, M.L., Barsoum, M.W., 2017. Spherical nanoindentation, modeling and transmission electron microscopy evidence for ripplocations in Ti₃SiC₂. *Acta Materialia* 131, 141–155.
- Gruber, J., Lang, A.C., Griggs, J., Taheri, M.L., Tucker, G.J., Barsoum, M.W., 2016. Evidence for Bulk Ripplocations in Layered Solids. *Scientific Reports* 6. <https://doi.org/10.1038/srep33451>
- Gueydan, F., Leroy, Y.M., Jolivet, L., 2001. Grain-size-sensitive flow and shear-stress enhancement at the brittle–ductile transition of the continental crust. *International Journal of Earth Sciences* 90, 181–196.
- Gueydan, F., Leroy, Y.M., Jolivet, L., Agard, P., 2003. Analysis of continental midcrustal strain localization induced by microfracturing and reaction-softening. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 108. <https://doi.org/10.1029/2001JB000611>
- Gueydan, F., Morency, C., Brun, J.-P., 2008. Continental rifting as a function of lithosphere mantle strength. *Tectonophysics* 460, 83–93.
- Hadizadeh, J., Tullis, T.E., White, J.C., Konkachbaev, A.I., 2015. Shear localization, velocity weakening behavior, and development of cataclastic foliation in experimental granite gouge. *Journal of Structural Geology, Special Issue: Deformation of the lithosphere -How small structures tell a big story* 71, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2014.10.013>
- Hames, W.E., Bowring, S.A., 1994. An empirical evaluation of the argon diffusion geometry in muscovite. *Earth and Planetary Science Letters* 124, 161–169. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(94\)00079-4](https://doi.org/10.1016/0012-821X(94)00079-4)

- Hames, W.E., Cheney, J.T., Tracy, R.J., 2008. Single-crystal $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age variation in muscovite of the Gassetts Schist and associated gneiss, Vermont Appalachians. *American Mineralogist* 93, 384–395. <https://doi.org/10.2138/am.2008.2641>
- Hames, W.E., Hodges, K.V., 1993. Laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Evaluation of Slow Cooling and Episodic Loss of ^{40}Ar from a Sample of Polymetamorphic Muscovite 3.
- Han, L., Zhou, Y., He, C., 2013. Water-enhanced plastic deformation in felsic rocks. *Sci. China Earth Sci.* 56, 203–216. <https://doi.org/10.1007/s11430-012-4367-6>
- Handy, M.R., 1990. The solid-state flow of polymineralic rocks. *J. Geophys. Res.* 95, 8647. <https://doi.org/10.1029/JB095iB06p08647>
- Handy, M.R., 1989. Deformation regimes and the rheological evolution of fault zones in the lithosphere: the effects of pressure, temperature, grainsize and time. *Tectonophysics* 163, 119–152. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(89\)90122-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(89)90122-4)
- Handy, M.R., Brun, J.-P., 2004. Seismicity, structure and strength of the continental lithosphere. *Earth and Planetary Science Letters* 223, 427–441. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.04.021>
- Harrison, L.G., 1960. Influence of dislocations on diffusion kinetics in solids with particular reference to the alkali halides. *Trans. Faraday Soc.* 57, 1191. <https://doi.org/10.1039/tf9615701191>
- Harrison, T.M., Célérier, J., Aikman, A.B., Hermann, J., Heizler, M.T., 2009. Diffusion of ^{40}Ar in muscovite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73, 1039–1051. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.09.038>
- Harrison, T.M., Duncan, I., McDougall, I., 1985. Diffusion of ^{40}Ar in biotite: Temperature, pressure and compositional effects. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 49, 2461–2468. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(85\)90246-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(85)90246-7)
- Harrison, T.M., Lovera, O.M., 2013. The multi-diffusion domain model: past, present and future. *Geological Society, London, Special Publications* 378, 91–106. <https://doi.org/10.1144/SP378.9>
- Heizler, M.T., Ralser, S., Karlstrom, K.E., 1997. Late Proterozoic (Grenville?) deformation in central New Mexico determined from single-crystal muscovite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra. *Precambrian Research* 84, 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(96\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(96)00053-8)
- Herring, C., 1950. Diffusional Viscosity of a Polycrystalline Solid. *Journal of Applied Physics* 21, 437–445. <https://doi.org/10.1063/1.1699681>
- Hess, J.C., Lippolt, H.J., Wirth, R., 1987. Interpretation of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ biotites: Evidence from hydrothermal degassing experiments and TEM studies. *Chemical Geology: Isotope Geoscience section* 66, 137–149. [https://doi.org/10.1016/0168-9622\(87\)90036-4](https://doi.org/10.1016/0168-9622(87)90036-4)
- Higgins, M.W., 1971. Cataclastic rocks. US Government Printing Office.
- Hirth, G., Tullis, J., 1994. The brittle-plastic transition in experimentally deformed quartz aggregates. *J. Geophys. Res.* 99, 11731–11747. <https://doi.org/10.1029/93JB02873>
- Hodges, K.V., Bowring, S.A., 1995. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology of isotopically zoned micas: Insights from the southwestern USA proterozoic orogen. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59, 3205–3220. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00209-I](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00209-I)
- Hodges, K.V., Hames, W.E., Bowring, S.A., 1994. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age gradients in micas from a high-temperature-low-pressure metamorphic terrain: Evidence for very slow cooling and implications for the interpretation of age spectra 4.
- Holyoke, C.W., Kronenberg, A.K., 2010. Accurate differential stress measurement using the molten salt cell and solid salt assemblies in the Griggs apparatus with applications to strength, piezometers and rheology. *Tectonophysics* 494, 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2010.08.001>
- Holyoke, C. W., Tullis, J., 2006. The interaction between reaction and deformation: an experimental study using a biotite + plagioclase + quartz gneiss: REACTION AND DEFORMATION. *Journal of Metamorphic Geology* 24, 743–762. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2006.00666.x>
- Holyoke, Caleb W., Tullis, J., 2006. Mechanisms of weak phase interconnection and the effects of phase strength contrast on fabric development. *Journal of Structural Geology* 28, 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2006.01.008>
- Holyoke, C.W., Tullis, J., 2006. Formation and maintenance of shear zones. *Geol* 34, 105. <https://doi.org/10.1130/G22116.1>
- Hooke, R., 1678. *De potentia restitutiva*, London.
- Huang, W.L., Wyllie, P.J., 1981. Phase relationships of S-type granite with H_2O to 35 kbar: Muscovite granite from Harney Peak, South Dakota. *J. Geophys. Res.* 86, 10515–10529. <https://doi.org/10.1029/JB086iB11p10515>

- Huang, W.L., Wyllie, P.J., 1974. Melting relations of muscovite with quartz and sanidine in the $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ system to 30 kilobars and an outline of paragonite melting relations. *American Journal of Science* 274, 378–395. <https://doi.org/10.2475/ajs.274.4.378>
- Huber, M., Ramsay, J., Simpson, C., 1980. Deformation in the Maggia and Antigorio nappes Lepontine Alps.
- Jackson, J.A., 2002. Strength of the continental lithosphere: time to abandon the jelly sandwich? *GSA Today* 1–9 (September).
- Karato, S., Jung, H., Katayama, I., Skemer, P., 2008. Geodynamic Significance of Seismic Anisotropy of the Upper Mantle: New Insights from Laboratory Studies. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 36, 59–95. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.36.031207.124120>
- Kassner, M.E., Smith, K.K., 2015. Low-Temperature Creep Plasticity, in: *Fundamentals of Creep in Metals and Alloys*. Elsevier, pp. 287–299. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099427-7.00013-X>
- Kekulawala, K.R.S.S., Paterson, M.S., Boland, J.N., 1981. An experimental study of the role of water in quartz deformation. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series* 24, 49–60. <https://doi.org/10.1029/GM024p0049>
- Kellett, D.A., Warren, C., Larson, K.P., Zwingmann, H., van Staal, C.R., Rogers, N., 2016. Influence of deformation and fluids on Ar retention in white mica: Dating the Dover Fault, Newfoundland Appalachians. *Lithos* 254–255, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.03.003>
- Kelley, S.P., Arnaud, N.O., Turner, S.P., 1994. High spatial resolution investigations using an ultra-violet laser probe extraction technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 3519–3525. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(94\)90103-1](https://doi.org/10.1016/0016-7037(94)90103-1)
- Kenkmann, T., Dresen, G., 2002. Dislocation microstructure and phase distribution in a lower crustal shear zone – an example from the Ivrea-Zone, Italy. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 91, 445–458. <https://doi.org/10.1007/s00531-001-0236-9>
- Kerrich, R., Allison, I., Barnett, R.L., Moss, S., Starkey, J., 1980. Microstructural and chemical transformations accompanying deformation of granite in a shear zone at Miéville, Switzerland; with implications for stress corrosion cracking and superplastic flow. *Contr. Mineral. and Petrol.* 73, 221–242. <https://doi.org/10.1007/BF00381442>
- Keulen, N., Heilbronner, R., Stünitz, H., Boullier, A.-M., Ito, H., 2007. Grain size distributions of fault rocks: A comparison between experimentally and naturally deformed granitoids. *Journal of Structural Geology* 29, 1282–1300. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2007.04.003>
- Kilian, R., Heilbronner, R., Stünitz, H., 2011. Quartz grain size reduction in a granitoid rock and the transition from dislocation to diffusion creep. *Journal of Structural Geology* 33, 1265–1284. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2011.05.004>
- Kirby, A.J., 1980. Effective Molarities for Intramolecular Reactions, in: *Advances in Physical Organic Chemistry*. Elsevier, pp. 183–278. [https://doi.org/10.1016/S0065-3160\(08\)60129-X](https://doi.org/10.1016/S0065-3160(08)60129-X)
- Kirby, S.H., Kronenberg, A.K., 1987. Rheology of the lithosphere: Selected topics. *Rev. Geophys.* 25, 1219. <https://doi.org/10.1029/RG025i006p01219>
- Kirschner, D.L., Cosca, M.A., Masson, H., Hunziker, J.C., 1996. Staircase $^{40}Ar/^{39}Ar$ spectra of fine-grained white mica: Timing and duration of deformation and empirical constraints on argon diffusion. *Geology* 24, 747. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1996\)024<0747:SAASOF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<0747:SAASOF>2.3.CO;2)
- Kohlstedt, D.L., Evans, B., Mackwell, S.J., 1995. Strength of the lithosphere: Constraints imposed by laboratory experiments. *J. Geophys. Res.* 100, 17587–17602. <https://doi.org/10.1029/95JB01460>
- Kramar, N., Cosca, M.A., Buffat, P.-A., Baumgartner, L.P., 2003. Stacking fault-enhanced argon diffusion in naturally deformed muscovite. *SP* 220, 249–260. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2003.220.01.15>
- Kramar, N., Cosca, M.A., Hunziker, J.C., 2001. Heterogeneous $^{40}Ar^*$ distributions in naturally deformed muscovite: in situ UV-laser ablation evidence for microstructurally controlled intragrain diffusion. *Earth and Planetary Science Letters* 192, 377–388. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00456-3](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00456-3)
- Kronenberg, A.K., Kirby, S.H., Pinkston, J., 1990. Basal slip and mechanical anisotropy of biotite. *J. Geophys. Res.* 95, 19257. <https://doi.org/10.1029/JB095iB12p19257>
- Kronenberg, A.K., Tullis, J., 1984. Flow strengths of quartz aggregates: Grain size and pressure effects due to hydrolytic weakening. *J. Geophys. Res.* 89, 4281–4297. <https://doi.org/10.1029/JB089iB06p04281>
- Kruse, R., Stünitz, H., 1999. Deformation mechanisms and phase distribution in mafic high-temperature mylonites from the Jotun Nappe, southern Norway. *Tectonophysics* 303, 223–249. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00255-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00255-8)

- Kulberg, J., 2021. Effect of pre-existing heterogeneities on strain localization in a foliated granitic gneiss. Thesis.
- Kushima, A., Qian, X., Zhao, P., Zhang, S., Li, J., 2015. Rippllocations in van der Waals layers. *Nano letters* 15, 1302–1308.
- Laurent, V., Huet, B., Labrousse, L., Jolivet, L., Monié, P., Augier, R., 2017. Extraneous argon in high-pressure metamorphic rocks: Distribution, origin and transport in the Cycladic Blueschist Unit (Greece). *Lithos* 272–273, 315–335. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.12.013>
- Laurent, V., Jolivet, L., Roche, V., Augier, R., Scaillet, S., Cardello, G.L., 2016. Strain localization in a fossilized subduction channel: Insights from the Cycladic Blueschist Unit (Syros, Greece). *Tectonophysics* 672–673, 150–169. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.01.036>
- Laurent, V., Scaillet, S., Jolivet, L., Augier, R., Roche, V., 2021. 40Ar behaviour and exhumation dynamics in a subduction channel from multi-scale 40Ar/39Ar systematics in phengite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 311, 141–173. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.06.001>
- Lee, J.K.W., 1995. Multipath diffusion in geochronology. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 60–82. <https://doi.org/10.1007/BF00311008>
- Lee, J.K.W., 1993. The argon release mechanisms of hornblende in vacuo. *Chemical Geology* 106, 133–170. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(93\)90170-N](https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90170-N)
- Lee, J.K.W., Aldama, A.A., 1992. MULTIPATH DIFFUSION: A GENERAL NUMERICAL MODEL 25.
- Leydier, T., Goncalves, P., Lanari, P., Oliot, E., 2019. On the petrology of brittle precursors of shear zones—An expression of concomitant brittle deformation and fluid–rock interactions in the ‘ductile’ continental crust? *Journal of metamorphic geology* 37, 1129–1149.
- Linckens, J., Herwegh, M., Müntener, O., 2015. Small quantity but large effect — How minor phases control strain localization in upper mantle shear zones. *Tectonophysics* 643, 26–43. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.12.008>
- Lister, G.S., Baldwin, S.L., 1996. Modelling the effect of arbitrary P-T-t histories on argon diffusion in minerals using the MacArgon program for the Apple Macintosh. *Tectonophysics* 253, 83–109. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(95\)00059-3](https://doi.org/10.1016/0040-1951(95)00059-3)
- Lister, G.S., Snoke, A.W., 1984. S-C Mylonites. *Journal of Structural Geology* 6, 617–638. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(84\)90001-4](https://doi.org/10.1016/0191-8141(84)90001-4)
- Lovera, O.M., Richter, F.M., Harrison, T.M., 1989. The 40Ar/39Ar thermochronometry for slowly cooled samples having a distribution of diffusion domain sizes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 94, 17917–17935. <https://doi.org/10.1029/JB094iB12p17917>
- Maggi, A., Jackson, J.A., McKenzie, D., Priestley, K., 2000. Earthquake focal depths, effective elastic thickness, and the strength of the continental lithosphere. *Geol* 28, 495. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<495:EFDEET>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<495:EFDEET>2.0.CO;2)
- Mancktelow, N.S., Pennacchioni, G., 2005. The control of precursor brittle fracture and fluid–rock interaction on the development of single and paired ductile shear zones. *Journal of Structural Geology* 27, 645–661. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2004.12.001>
- Mancktelow, N.S., Pennacchioni, G., 2004. The influence of grain boundary fluids on the microstructure of quartz-feldspar mylonites. *Journal of Structural Geology* 26, 47–69. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(03\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(03)00081-6)
- Mansard, N., Raimbourg, H., Augier, R., Précigout, J., Le Breton, N., 2018. Large-scale strain localization induced by phase nucleation in mid-crustal granitoids of the south Armorican massif. *Tectonophysics* 745, 46–65. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.07.022>
- Mansard, N., Stünitz, H., Raimbourg, H., Précigout, J., 2020. The role of deformation-reaction interactions to localize strain in polyminerale rocks: Insights from experimentally deformed plagioclase-pyroxene assemblages. *Journal of Structural Geology* 134, 104008. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2020.104008>
- Mares, V.M., Kronenberg, A.K., 1993. Experimental deformation of muscovite. *Journal of Structural Geology* 15, 1061–1075. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(93\)90156-5](https://doi.org/10.1016/0191-8141(93)90156-5)
- Mariani, E., Brodie, K.H., Rutter, E.H., 2006. Experimental deformation of muscovite shear zones at high temperatures under hydrothermal conditions and the strength of phyllosilicate-bearing faults in nature. *Journal of Structural Geology* 28, 1569–1587. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2006.06.009>
- Marti, S., Stünitz, H., Heilbronner, R., Plümper, O., Kilian, R., 2018. Syn-kinematic hydration reactions, grain size reduction, and dissolution–precipitation creep in experimentally deformed plagioclase–pyroxene mixtures. *Solid Earth* 9, 985–1009. <https://doi.org/10.5194/se-9-985-2018>

- Massonne, H.-J., Schreyer, W., 1989. Stability field of the high-pressure assemblage talc + phengite and two new phengite barometers. *ejm* 1, 391–410. <https://doi.org/10.1127/ejm/1/3/0391>
- Massonne, H.-J., Schreyer, W., 1987. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. *Contr. Mineral. and Petrol.* 96, 212–224. <https://doi.org/10.1007/BF00375235>
- McClay, I.R., 1977. I. Pressure solution and Coble creep 15.
- McDonald, C.S., Warren, C.J., Mark, D.F., Halton, A.M., Kelley, S.P., Sherlock, S.C., 2016. Argon redistribution during a metamorphic cycle: Consequences for determining cooling rates. *Chemical Geology* 443, 182–197. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.09.028>
- McDougall, Harrison, 1999. *Geochronology and Thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Method*, 2nd edn, Oxford University Press, Oxford.
- Meike, 1989. In situ deformation of micas: A high-voltage electron-microscope study 17.
- Meyer, S.E., Kaus, B.J.P., Passchier, C., 2017. Development of branching brittle and ductile shear zones: A numerical study: DEVELOPMENT OF BRANCHING SHEAR ZONES. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 18, 2054–2075. <https://doi.org/10.1002/2016GC006793>
- Miranda, E.A., Hirth, G., John, B.E., 2016. Microstructural evidence for the transition from dislocation creep to dislocation-accommodated grain boundary sliding in naturally deformed plagioclase. *Journal of Structural Geology* 92, 30–45. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.09.002>
- Misra, S., Burg, J.-P., 2012. Mechanics of kink-bands during torsion deformation of muscovite aggregate. *Tectonophysics* 548–549, 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.014>
- Mott, N. F., Nabarro, F.R.N., 1948. Report on strength of solids. Physical Society, London 1–19.
- Mott, Nevill Francis, Nabarro, F.R.N., 1948. Dislocation theory and transient creep.
- Mulch, A., Cosca, M., Andresen, A., Fiebig, J., 2005. Time scales of deformation and exhumation in extensional detachment systems determined by high-spatial resolution in situ UV-laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. *Earth and Planetary Science Letters* 233, 375–390. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.01.042>
- Mulch, A., Cosca, M., Handy, M., 2002. In-situ UV-laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of a micaceous mylonite : an example of defect-enhanced argon loss. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142, 738–752. <https://doi.org/10.1007/s00410-001-0325-6>
- Mulch, A., Cosca, M.A., 2004. Recrystallization or cooling ages: *in situ* UV-laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of muscovite in mylonitic rocks. *Journal of the Geological Society* 161, 573–582. <https://doi.org/10.1144/0016-764903-110>
- Müller, W., 2003. Strengthening the link between geochronology, textures and petrology. *Earth and Planetary Science Letters* 206, 237–251. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(02\)01007-5](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(02)01007-5)
- Nègre, L., Stünitz, H., Raimbourg, H., Lee, A., Précigout, J., Pongrac, P., Jeřábek, P., 2021. Effect of pressure on the deformation of quartz aggregates in the presence of H₂O. *Journal of Structural Geology* 148, 104351. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2021.104351>
- Newman, J., Mitra, G., 1993. Lateral variations in mylonite zone thickness as influenced by fluid-rock interactions, Linville falls fault, North Carolina. *Journal of Structural Geology* 15, 849–863. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(93\)90180-I](https://doi.org/10.1016/0191-8141(93)90180-I)
- Niemeijer, A.R., 2018. Velocity-dependent slip weakening by the combined operation of pressure solution and foliation development. *Sci Rep* 8, 4724. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22889-3>
- Niemeijer, A.R., Spiers, C.J., 2005. Influence of phyllosilicates on fault strength in the brittle-ductile transition: insights from rock analogue experiments. *Geological Society, London, Special Publications* 245, 303–327. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2005.245.01.15>
- Noe, D.C., Veblen, D.R., 1999. HRTEM analysis of dislocation cores and stacking faults in naturally deformed biotite crystals. *American Mineralogist* 84, 1925–1931. <https://doi.org/10.2138/am-1999-11-1220>
- Nteme, J., Scaillet, S., Brault, P., Tassan-Got, L., 2022. Atomistic simulations of ^{40}Ar diffusion in muscovite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 331, 123–142. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.05.004>
- Nteme, J., Scaillet, S., Gardés, E., Duval, F., Nabelek, P., Mottolese, A., 2023. Defect-controlled ^{40}Ar diffusion-domain structure of white micas from high-resolution $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ crystal-mapping in slowly-cooled muscovite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 342, 84–107. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2022.12.004>

- Oliot, E., Goncalves, P., Schulmann, K., Marquer, D., Lexa, O., 2014. Mid-crustal shear zone formation in granitic rocks: Constraints from quantitative textural and crystallographic preferred orientations analyses. *Tectonophysics* 612–613, 63–80. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.11.032>
- Onstott, T.C., Phillips, D., Pringle-Goodell, L., 1991. Laser microprobe measurement of chlorine and argon zonation in biotite. *Chemical Geology* 90, 145–168. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(91\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0009-2541(91)90040-X)
- Oriolo, S., Wemmer, K., Oyhantçabal, P., Fossen, H., Schulz, B., Siegesmund, S., 2018. Geochronology of shear zones – A review. *Earth-Science Reviews* 185, 665–683. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.07.007>
- Park, H.S., Gall, K., Zimmerman, J.A., 2006. Deformation of FCC nanowires by twinning and slip. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 54, 1862–1881. <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2006.03.006>
- Passchier, C.W., 1984. The generation of ductile and brittle shear bands in a low-angle mylonite zone. *Journal of Structural Geology* 6, 273–281. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(84\)90051-8](https://doi.org/10.1016/0191-8141(84)90051-8)
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005. *Microtectonics*. Springer Science & Business Media.
- Paterson, M.S., Weiss, L.E., 1966. Experimental Deformation and Folding in Phyllite. *Geol Soc America Bull* 77, 343. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1966\)77\[343:EDAFIP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1966)77[343:EDAFIP]2.0.CO;2)
- Pec, M., Al Nasser, S., 2021. Formation of Nanocrystalline and Amorphous Materials Causes Parallel Brittle-Viscous Flow of Crustal Rocks: Experiments on Quartz-Feldspar Aggregates. *J Geophys Res Solid Earth* 126. <https://doi.org/10.1029/2020JB021262>
- Pec, M., Stünitz, H., Heilbronner, R., 2012. Semi-brittle deformation of granitoid gouges in shear experiments at elevated pressures and temperatures. *Journal of Structural Geology* 38, 200–221. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2011.09.001>
- Pec, M., Stünitz, H., Heilbronner, R., Drury, M., 2016. Semi-brittle flow of granitoid fault rocks in experiments: SEMI-BRITTLE FLOW. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 121, 1677–1705. <https://doi.org/10.1002/2015JB012513>
- Pennacchioni, G., Mancktelow, N.S., 2007. Nucleation and initial growth of a shear zone network within compositionally and structurally heterogeneous granitoids under amphibolite facies conditions. *Journal of Structural Geology* 29, 1757–1780. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2007.06.002>
- Phillips, D., 1991. Argon isotope and halogen chemistry of phlogopite from South African kimberlites: a combined step-heating, laser probe, electron microprobe and TEM study. *Chemical Geology: Isotope Geoscience section* 87, 71–98. [https://doi.org/10.1016/0168-9622\(91\)90043-V](https://doi.org/10.1016/0168-9622(91)90043-V)
- Platt, J.P., 2015. Rheology of two-phase systems: A microphysical and observational approach. *Journal of Structural Geology* 77, 213–227. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2015.05.003>
- Poirier, J.P., 1980. Shear localization and shear instability in materials in the ductile field. *Journal of Structural Geology* 2, 135–142. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90043-7](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90043-7)
- Post, A., Tullis, J., 1998. The rate of water penetration in experimentally deformed quartzite: implications for hydrolytic weakening. *Tectonophysics* 295, 117–137. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00145-0)
- Précigout, J., Ledoux, E., Arbaret, L., Spriet, C., 2022. Porosity induced by dislocation dynamics in quartz-rich shear bands of granitic rocks. *Sci Rep* 12, 6141. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10053-x>
- Précigout, J., Stünitz, H., 2016. Evidence of phase nucleation during olivine diffusion creep: A new perspective for mantle strain localisation. *Earth and Planetary Science Letters* 455, 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.09.029>
- Précigout, J., Stünitz, H., Piquier, Y., Champallier, R., Schubnel, A., 2018. High-pressure, High-temperature Deformation Experiment Using the New Generation Griggs-type Apparatus. *Journal of Visualized Experiments*. <https://doi.org/10.3791/56841>
- Putlitz, B., Cosca, M.A., Schumacher, J.C., 2005. Prograde mica ⁴⁰Ar/³⁹Ar growth ages recorded in high pressure rocks (Syros, Cyclades, Greece). *Chemical Geology* 214, 79–98. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.08.056>
- Ramsay, J.G., Graham, R.H., 1970. Strain variation in shear belts. *Can. J. Earth Sci.* 7, 786–813. <https://doi.org/10.1139/e70-078>
- Reber, J.E., Lavier, L.L., Hayman, N.W., 2015. Experimental demonstration of a semi-brittle origin for crustal strain transients. *Nature Geoscience* 8, 712–715. <https://doi.org/10.1038/ngeo2496>
- Reddy, S.M., Kelley, S.P., Wheeler, J., 1996. A ⁴⁰Ar/³⁹Ar laser probe study of micas from the Sesia Zone, Italian Alps: implications for metamorphic and deformation histories. *Journal of Metamorphic Geology* 14, 493–508. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1314.1996.00338.x>

- Reddy, S.M., Potts, G.J., 1999. Constraining absolute deformation ages: the relationship between deformation mechanisms and isotope systematics. *Journal of Structural Geology* 21, 1255–1265. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00032-2)
- Reddy, S.M., Potts, G.J., Kelley, S.P., Arnaud, N.O., 1999. The effects of deformation-induced microstructures on intragrain $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in potassium feldspar. *Geology* 27, 363. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1999\)027<0363:TEODIM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1999)027<0363:TEODIM>2.3.CO;2)
- Renne, P.R., Swisher, C.C., Deino, A.L., Karner, D.B., Owens, T.L., DePaolo, D.J., 1998. Intercalibration of standards, absolute ages and uncertainties in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. *Chemical Geology* 145, 117–152. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(97\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00159-9)
- Richter, B., Stünitz, H., Heilbronner, R., 2018. The brittle-to-viscous transition in polycrystalline quartz: An experimental study. *Journal of Structural Geology* 114, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2018.06.005>
- Robbins, C., 1972. Radiogenic argon diffusion in muscovite under hydrothermal conditions. M. Sc. Thesis, Brown Univ., Providence, R. I. 88.
- Rogowitz, A., Huet, B., Schneider, D., Grasemann, B., 2015. Influence of high strain rate deformation on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mica ages from marble mylonites (Syros, Greece). *Lithosphere* 7, 535–540. <https://doi.org/10.1130/L455.1>
- Rolland, Y., Alexeiev, D.V., Kröner, A., Corsini, M., Loury, C., Monié, P., 2013. Late Palaeozoic to Mesozoic kinematic history of the Talas–Ferghana strike-slip fault (Kyrgyz West Tianshan) as revealed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of syn-kinematic white mica. *Journal of Asian Earth Sciences* 67–68, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.02.012>
- Rolland, Y., Cox, S.F., Corsini, M., 2009. Constraining deformation stages in brittle–ductile shear zones from combined field mapping and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating: The structural evolution of the Grimsel Pass area (Aar Massif, Swiss Alps). *Journal of Structural Geology* 31, 1377–1394. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2009.08.003>
- Rolland, Y., Rossi, M., 2016. Two-stage fluid flow and element transfers in shear zones during collision burial-exhumation cycle: Insights from the Mont Blanc Crystalline Massif (Western Alps). *Journal of Geodynamics* 101, 88–108. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2016.03.016>
- Rolland, Y., Rossi, M., Cox, S.F., Corsini, M., Mancktelow, N., Pennacchioni, G., Fornari, M., Boullier, A.M., 2008. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of synkinematic white mica: insights from fluid-rock reaction in low-grade shear zones (Mont Blanc Massif) and constraints on timing of deformation in the NW external Alps. SP 299, 293–315. <https://doi.org/10.1144/SP299.18>
- Rossi, M., Rolland, Y., Vidal, O., Cox, S.F., 2005. Geochemical variations and element transfer during shear-zone development and related episyenites at middle crust depths: insights from the Mont Blanc granite (French — Italian Alps). SP 245, 373–396. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2005.245.01.18>
- Rutter, E.H., Maddock, R.H., Hall, S.H., White, S.H., 1986. Comparative microstructures of natural and experimentally produced clay-bearing fault gouges. *PAGEOPH* 124, 3–30. <https://doi.org/10.1007/BF00875717>
- Sanchez, G., Rolland, Y., Schneider, J., Corsini, M., Oliot, E., Goncalves, P., Verati, C., Lardeaux, J.-M., Marquer, D., 2011. Dating low-temperature deformation by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ on white mica, insights from the Argentera-Mercantour Massif (SW Alps). *Lithos* 125, 521–536. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.03.009>
- Sardarov, S.S., 1961. BOND ENERGY AND CONSERVATION OF RADIOGENIC ARGON IN MICA. *Geokhimiya* (U.S.S.R.) For English translation 1956-63 see *Geochemistry* (USSR) Vol: No. 1.
- Scailliet, S., 2000. Numerical error analysis in $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. *Chemical Geology* 162, 269–298. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00149-7)
- Scailliet, S., 1998. K-Ar ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) Geochronology of Ultrahigh Pressure Rocks, in: Hacker, B.R., Liou, J.G. (Eds.), *When Continents Collide: Geodynamics and Geochemistry of Ultrahigh-Pressure Rocks, Petrology and Structural Geology*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 161–201. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9050-1_7
- Scailliet, S., 1996. Excess ^{40}Ar transport scale and mechanism in high-pressure phengites: A case study from an eclogitized metabasite of the Dora-Maira nappe, western Alps. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, 1075–1090. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00440-8](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00440-8)
- Scailliet, S., Cheilletz, A., Cuney, M., Farrar, E., Archibald, D.A., 1996. Cooling pattern and mineralization history of the Saint Sylvestre and western Marche leucogranite pluton, French Massif Central: I.

- $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ isotopic constraints. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, 4653–4671. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(96\)00291-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(96)00291-8)
- Scailliet, S., Feraud, G., Balleuvre, M., Amouric, M., 1992. and [(Mg,Fe)Si-Al₂] compositional control on argon behaviour in high-pressure white micas: A continuous laser-probe study from the Dora-Maira nappe of the internal western Alps, Italy. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 56, 2851–2872. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(92\)90364-O](https://doi.org/10.1016/0016-7037(92)90364-O)
- Scailliet, S., Féraud, G., Lagabriele, Y., Ballèvre, M., Ruffet, G., 1990. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser-probe dating by step heating and spot fusion of phengites from the Dora Maira nappe of the western Alps, Italy. *Geology* 18, 741. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<0741:AALPDB>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<0741:AALPDB>2.3.CO;2)
- Scharf, A., Handy, M.R., Schmid, S.M., Favaro, S., Sudo, M., Schuster, R., Hammerschmidt, K., 2016. Grain-size effects on the closure temperature of white mica in a crustal-scale extensional shear zone — Implications of in-situ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser-ablation of white mica for dating shearing and cooling (Tauern Window, Eastern Alps). *Tectonophysics* 674, 210–226. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.02.014>
- Schneider, S., Hammerschmidt, K., Rosenberg, C.L., 2013. Dating the longevity of ductile shear zones: Insight from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ in situ analyses. *Earth and Planetary Science Letters* 369–370, 43–58. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.03.002>
- Scholz, C.H., 1988. The brittle-plastic transition and the depth of seismic faulting. *Geol Rundsch* 77, 319–328. <https://doi.org/10.1007/BF01848693>
- Schrank, C.E., Handy, M.R., Füsseis, F., 2008. Multiscale of shear zones and the evolution of the brittle-to-viscous transition in continental crust. *J. Geophys. Res.* 113, B01407. <https://doi.org/10.1029/2006JB004833>
- Scibiorski, E., Jourdan, F., Mezger, K., Tohver, E., Vollstaedt, H., 2021. Cryptic excess argon in metamorphic biotite: Anomalously old $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau dates tested with Rb/Sr thermochronology and Ar diffusion modelling. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 315, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.09.017>
- Shea, W.T., Kronenberg, A.K., 1992. Rheology and deformation mechanisms of an isotropic mica schist 37.
- Sherlock, S., Kelley, S., 2002. Excess argon evolution in HP–LT rocks: a UVLAMP study of phengite and K-free minerals, NW Turkey. *Chemical Geology* 182, 619–636. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(01\)00345-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(01)00345-X)
- Sibson, R.H., 1977. Fault rocks and fault mechanisms. *JGS* 133, 191–213. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.133.3.0191>
- Simon-Labrie, T., Rolland, Y., Dumont, T., Heymes, T., Authemayou, C., Corsini, M., Fornari, M., 2009. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Penninic Front tectonic displacement (W Alps) during the Lower Oligocene (31–34 Ma). *Terra Nova* 21, 127–136. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2009.00865.x>
- Sletten, V.W., Onstott, T.C., 1998. The Effect of the Instability of Muscovite During In Vacuo Heating on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Step-Heating Spectra. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62, 123–141. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00323-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00323-2)
- Smye, A.J., Warren, C.J., Bickle, M.J., 2013. The signature of devolatilisation: Extraneous ^{40}Ar systematics in high-pressure metamorphic rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 113, 94–112. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.03.018>
- Steiger, R.H., Jäger, E., 1977. Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters* 36, 359–362. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(77\)90060-7](https://doi.org/10.1016/0012-821X(77)90060-7)
- Stünitz, H., FitzGerald, J.D., 1993. Deformation of granitoids at low metamorphic grade. II: Granular flow in albite-rich mylonites. *Tectonophysics* 221, 299–324. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90164-F](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90164-F)
- Stünitz, H., Tullis, J., 2001. Weakening and strain localization produced by syn-deformational reaction of plagioclase. *Int J Earth Sci* 90, 136–148. <https://doi.org/10.1007/s005310000148>
- Summers, R., Byerlee, J., 1977. A note on the effect of fault gouge composition on the stability of frictional sliding. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* 14, 155–160. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(77\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0148-9062(77)90007-9)
- Takeda, Y.-T., Griera, A., 2006. Rheological and kinematical responses to flow of two-phase rocks. *Tectonophysics* 427, 95–113. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.03.050>
- Tarantola, A., Diamond, L.W., Stünitz, H., Thust, A., Pec, M., 2012. Modification of fluid inclusions in quartz by deviatoric stress. III: Influence of principal stresses on inclusion density and orientation. *Contrib Mineral Petrol* 164, 537–550. <https://doi.org/10.1007/s00410-012-0749-1>

- Ten Grotenhuis, S.M., Trouw, R.A.J., Passchier, C.W., 2003. Evolution of mica fish in mylonitic rocks. *Tectonophysics* 372, 1–21. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00231-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00231-2)
- Tingle, T.N., Green, H.W., Young, T.E., Koczynski, T.A., 1993. Improvements to Griggs-type apparatus for mechanical testing at high pressures and temperatures. *PAGEOPH* 141, 523–543. <https://doi.org/10.1007/BF00998344>
- Tokle, L., Hirth, G., Stünitz, H., 2023. The effect of muscovite on the microstructural evolution and rheology of quartzite in general shear. *Journal of Structural Geology* 169, 104835. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2023.104835>
- Tsurumi, J., Hosonuma, H., Kanagawa, K., 2003. Strain localization due to a positive feedback of deformation and myrmekite-forming reaction in granite and aplite mylonites along the Hatagawa Shear Zone of NE Japan. *Journal of Structural Geology* 25, 557–574. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00048-2](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00048-2)
- Tullis, J., 2002. Deformation of Granitic Rocks: Experimental Studies and Natural Examples.
- Tullis, J., Wenk, H.-R., 1994. Effect of muscovite on the strength and lattice preferred orientations of experimentally deformed quartz aggregates. *Materials Science and Engineering: A* 175, 209–220. [https://doi.org/10.1016/0921-5093\(94\)91060-X](https://doi.org/10.1016/0921-5093(94)91060-X)
- Tullis, J., Yund, R.A., 1985. Dynamic recrystallization of feldspar: A mechanism for ductile shear zone formation. *Geol* 13, 238. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1985\)13<238:DROFAM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1985)13<238:DROFAM>2.0.CO;2)
- Tullis, J., Yund, R.A., 1980. Hydrolytic weakening of experimentally deformed Westerly granite and Hale albite rock. *Journal of Structural Geology* 2, 439–451. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90005-X](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90005-X)
- Tullis, J., Yund, R.A., 1977. Experimental deformation of dry westerly granite. *J. Geophys. Res.* 82, 5705–5718. <https://doi.org/10.1029/JB082i036p05705>
- Tullis, T.E., Tullis, J., 1986. Experimental rock deformation techniques, in: Hobbs, B.E., Heard, H.C. (Eds.), *Geophysical Monograph Series*. American Geophysical Union, Washington, D. C., pp. 297–324. <https://doi.org/10.1029/GM036p0297>
- Turrillot, P., Augier, R., Faure, M., 2009. The top-to-the-southeast Sarzeau shear zone and its place in the late-orogenic extensional tectonics of southern Armorica. *Bulletin de la Société Géologique de France* 180, 247–261. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.180.3.247>
- Turrillot, P., Augier, R., Monié, P., Faure, M., 2011. Late orogenic exhumation of the Variscan high-grade units (South Armorican Domain, western France), combined structural and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ constraints: STRUCTURAL-AR/AR EXHUMATION CONSTRAINTS. *Tectonics* 30, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2010TC002788>
- Tyroller, L., Brennwald, M.S., Mächler, L., Livingstone, D.M., Kipfer, R., 2014. Fractionation of Ne and Ar isotopes by molecular diffusion in water. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 136, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.03.040>
- Uunk, B., Brouwer, F., Ter Voorde, M., Wijbrans, J., 2018. Understanding phengite argon closure using single grain fusion age distributions in the Cycladic Blueschist Unit on Syros, Greece. *Earth and Planetary Science Letters* 484, 192–203. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.12.031>
- Warren, C.J., Hanke, F., Kelley, S.P., 2012a. When can muscovite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating constrain the timing of metamorphic exhumation? *Chemical Geology* 291, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2011.09.017>
- Warren, C.J., Kelley, S.P., Sherlock, S.C., McDonald, C.S., 2012b. Metamorphic rocks seek meaningful cooling rate: Interpreting $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in an exhumed ultra-high pressure terrane. *Lithos* 155, 30–48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.08.011>
- Warren, C.J., Sherlock, S.C., Kelley, S.P., 2011. Interpreting high-pressure phengite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laserprobe ages: an example from Saih Hatat, NE Oman. *Contrib Mineral Petrol* 161, 991–1009. <https://doi.org/10.1007/s00410-010-0576-1>
- West, D.P., Lux, D.R., 1993. Dating mylonitic deformation by the ^{40}Ar - ^{39}Ar method: An example from the Norumbega Fault Zone, Maine. *Earth and Planetary Science Letters* 120, 221–237. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(93\)90241-Z](https://doi.org/10.1016/0012-821X(93)90241-Z)
- White, S.H., Burrows, S.E., Carreras, J., Shaw, N.D., Humphreys, F.J., 1980. On mylonites in ductile shear zones. *Journal of Structural Geology, Shear zones in rocks* 2, 175–187. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90048-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90048-6)
- Wiederkehr, M., Sudo, M., Bousquet, R., Berger, A., Schmid, S.M., 2009. Alpine orogenic evolution from subduction to collisional thermal overprint: The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age constraints from the Valaisan Ocean,

- central Alps: DATING IN POLYMETAMORPHIC METASEDIMENTS. *Tectonics* 28, n/a-n/a.
<https://doi.org/10.1029/2009TC002496>
- Wijbrans, J.R., McDougall, I., 1986. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of white micas from an Alpine high-pressure metamorphic belt on Naxos (Greece): the resetting of the argon isotopic system. *Contr. Mineral. and Petrol.* 93, 187–194. <https://doi.org/10.1007/BF00371320>
- Wilson, C.J.L., 1980. Shear zones in a pegmatite: A study of albite-mica-quartz deformation. *Journal of Structural Geology* 2, 203–209. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90051-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90051-6)
- Wilson, C.J.L., Bell, I.A., 1979. Deformation of biotite and muscovite: Optical microstructure. *Tectonophysics* 58, 179–200. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(79\)90328-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(79)90328-7)
- Wilson, J.T., 1966. Did the Atlantic Close and then Re-Open? *Nature* 211, 676–681.
<https://doi.org/10.1038/211676a0>
- Zhang, Y., 2010. Diffusion in Minerals and Melts: Theoretical Background 56.

Chapitre 9 : Annexes

9.1. Chapitre 4 :

9.1.1. Analyses chimiques

9.1.1.1. Matériau de départ

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.63	0.82	34.55	46.31	10.43	0.00	0.00	1.94	0.14	0.00	0.42	95.25
#2	0.56	0.74	34.58	46.96	10.45	0.00	0.11	1.82	0.11	0.00	0.49	95.83
#3	0.79	0.77	34.92	46.13	10.18	0.00	0.00	1.54	0.34	0.02	0.45	95.12
#4	0.73	0.72	35.07	45.89	10.11	0.00	0.06	1.72	0.26	0.01	0.37	94.95
#5	0.88	0.73	34.92	47.07	10.26	0.00	0.00	1.68	0.33	0.00	0.50	96.36
#6	0.73	0.69	35.41	46.73	10.29	0.00	0.04	1.55	0.31	0.00	0.50	96.26
#7	0.59	0.73	34.76	46.04	10.52	0.00	0.06	1.59	0.21	0.01	0.55	95.04
#8	0.62	0.71	35.05	45.80	9.95	0.02	0.00	1.57	0.30	0.00	0.50	94.52
#9	0.59	0.79	35.32	45.99	10.38	0.01	0.18	1.86	0.21	0.00	0.54	95.88
#10	0.70	0.74	35.03	45.93	9.97	0.00	0.01	1.59	0.27	0.00	0.50	94.74
#11	0.51	0.83	34.96	46.08	10.25	0.00	0.04	1.70	0.08	0.01	0.43	94.89
#12	0.75	0.77	34.55	45.46	9.89	0.00	0.05	1.68	0.11	0.00	0.46	93.73
#13	0.57	0.77	34.81	46.25	9.88	0.00	0.00	1.51	0.14	0.00	0.42	94.35
#14	0.73	0.80	34.90	46.61	9.90	0.00	0.09	1.59	0.23	0.00	0.40	95.24
#15	0.63	0.79	34.25	46.16	10.15	0.00	0.03	1.67	0.25	0.02	0.38	94.33
#16	0.36	0.97	33.64	45.96	10.26	0.00	0.00	2.07	0.20	0.00	0.26	93.72
#17	0.57	0.75	33.25	44.42	9.74	0.01	0.03	1.53	0.18	0.00	0.41	90.89
#18	0.72	0.72	35.01	46.32	9.89	0.00	0.00	1.62	0.21	0.00	0.41	94.91
#19	0.82	0.71	35.05	45.44	10.03	0.00	0.04	1.42	0.18	0.00	0.37	94.07
#20	0.64	0.72	34.79	45.68	9.99	0.00	0.07	1.35	0.29	0.01	0.44	93.96
#21	0.77	0.69	35.33	46.81	9.80	0.00	0.11	1.51	0.36	0.00	0.33	95.71
#22	0.53	0.81	34.39	46.10	10.58	0.00	0.00	1.51	0.05	0.00	0.40	94.38
#23	0.56	0.78	34.54	45.45	10.29	0.02	0.04	1.68	0.19	0.00	0.26	93.81
#24	0.66	0.92	34.34	45.27	10.16	0.00	0.10	1.88	0.28	0.00	0.18	93.79
#25	0.90	0.77	34.70	46.27	10.03	0.00	0.04	1.46	0.16	0.02	0.50	94.86
#26	0.62	0.85	33.81	45.22	10.33	0.06	0.00	1.88	0.36	0.04	0.24	93.41
#27	0.90	0.69	34.53	46.19	10.08	0.01	0.17	1.60	0.26	0.01	0.44	94.89
#28	0.77	0.67	34.87	46.11	10.10	0.00	0.16	1.55	0.32	0.00	0.45	95.01
#29	0.52	0.79	33.30	45.68	10.23	0.06	0.03	1.61	0.09	0.00	0.40	92.71
#30	0.83	0.72	33.64	45.10	9.85	0.00	0.08	1.45	0.29	0.00	0.53	92.49
#31	0.82	0.74	34.11	44.41	10.09	0.00	0.03	1.26	0.37	0.01	0.44	92.29
#32	0.83	0.69	34.62	45.29	10.09	0.01	0.00	1.42	0.33	0.01	0.43	93.73
#33	0.83	0.72	34.52	46.14	10.12	0.00	0.00	1.49	0.11	0.00	0.38	94.32
#34	0.73	0.83	34.11	45.98	10.46	0.04	0.05	2.04	0.08	0.00	0.41	94.73
#35	0.68	0.82	34.00	46.42	10.08	0.08	0.05	1.88	0.21	0.00	0.23	94.46
#36	0.72	0.90	34.52	46.28	10.26	0.00	0.12	1.92	0.14	0.00	0.24	95.10
#37	0.76	1.01	34.64	46.38	10.23	0.00	0.03	2.06	0.18	0.02	0.26	95.55
#38	0.65	0.96	34.39	46.25	10.52	0.00	0.14	2.24	0.36	0.00	0.25	95.76
#39	0.84	0.70	35.31	45.86	10.00	0.00	0.00	1.73	0.32	0.00	0.40	95.16
#40	0.89	0.73	34.70	46.25	10.40	0.00	0.13	1.72	0.36	0.00	0.37	95.57
#41	0.79	0.73	34.39	46.12	10.21	0.00	0.00	1.60	0.14	0.00	0.52	94.50
#42	0.79	0.73	35.47	46.27	10.31	0.00	0.00	1.61	0.38	0.00	0.46	96.03
#43	0.73	0.81	34.88	46.09	10.51	0.00	0.12	1.64	0.23	0.02	0.69	95.72
#44	0.79	0.68	35.05	46.16	10.15	0.00	0.11	1.45	0.29	0.01	0.66	95.35
#45	0.81	0.64	35.03	46.31	10.09	0.00	0.02	1.47	0.25	0.01	0.66	95.29
#46	0.70	0.71	35.13	45.40	10.26	0.00	0.07	1.74	0.16	0.00	0.70	94.89
#47	0.61	0.77	34.89	46.30	10.42	0.00	0.06	1.54	0.23	0.00	0.69	95.50
#48	0.75	0.72	35.23	45.83	10.14	0.00	0.04	1.43	0.23	0.00	0.51	94.88
#49	0.85	0.75	34.73	46.22	10.02	0.04	0.03	1.60	0.18	0.02	0.42	94.87
#50	0.85	0.87	34.96	45.88	10.10	0.00	0.09	1.89	0.23	0.00	0.44	95.30
#51	0.71	0.83	34.27	46.53	9.95	0.00	0.00	1.74	0.16	0.00	0.41	94.59

#52	0.66	0.68	35.20	45.92	10.08	0.00	0.03	1.41	0.21	0.01	0.65	94.85
#53	0.71	0.75	35.04	46.34	10.42	0.00	0.14	1.50	0.25	0.00	0.59	95.73

9.1.1.2. CAR1

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.46	0.97	34.19	45.73	10.52	0.00	0.05	2.01	0.11	0.00	0.24	94.28
#2	0.56	0.81	33.59	45.39	10.36	0.01	0.03	1.80	0.00	0.00	0.42	92.96
#3	0.69	0.73	34.72	45.88	10.56	0.00	0.02	1.62	0.40	0.00	0.40	95.03
#4	0.60	0.83	35.05	46.04	10.35	0.00	0.10	1.82	0.03	0.00	0.36	95.17
#5	0.37	0.84	34.02	45.22	10.98	0.00	0.08	1.79	0.14	0.01	0.57	94.02
#6	0.76	0.74	34.89	45.86	10.44	0.00	0.14	1.61	0.21	0.00	0.40	95.05
#7	0.66	0.81	34.99	46.26	10.59	0.00	0.13	1.66	0.17	0.00	0.41	95.68
#8	0.39	1.00	33.70	45.84	10.77	0.00	0.00	2.35	0.20	0.00	0.43	94.68
#9	0.40	0.82	33.03	44.20	9.87	0.00	0.10	2.07	0.20	0.01	0.29	90.99
#10	0.60	0.92	34.20	46.08	10.85	0.00	0.07	1.82	0.07	0.00	0.37	94.98
#11	0.59	0.91	34.42	46.48	10.45	0.00	0.03	1.83	0.22	0.00	0.49	95.42
#12	0.86	0.78	35.21	46.10	10.38	0.00	0.00	1.40	0.13	0.02	0.47	95.36
#13	0.84	0.73	35.22	46.60	10.49	0.00	0.00	1.51	0.27	0.00	0.38	96.02
#14	0.74	0.68	34.94	46.45	10.52	0.00	0.12	1.35	0.23	0.01	0.45	95.47
#15	0.84	0.69	34.58	46.26	10.34	0.00	0.00	1.24	0.25	0.01	0.51	94.72
#16	0.81	0.65	35.15	46.28	10.50	0.02	0.00	1.25	0.23	0.01	0.48	95.39
#17	0.75	0.75	35.27	45.98	10.21	0.01	0.12	1.52	0.29	0.00	0.35	95.27
#18	0.68	0.95	34.09	46.31	10.75	0.00	0.05	1.61	0.04	0.00	0.40	94.87
#19	0.57	0.86	34.52	45.78	10.73	0.00	0.07	1.87	0.17	0.00	0.40	94.99
#20	0.71	0.73	34.97	46.35	10.35	0.00	0.00	1.32	0.24	0.00	0.43	95.09
#21	0.61	0.75	35.10	46.49	10.59	0.00	0.14	1.73	0.16	0.00	0.41	95.99
#22	0.48	0.69	35.59	46.60	10.71	0.00	0.12	1.33	0.05	0.00	0.41	95.99
#23	0.87	0.72	34.76	45.84	10.19	0.00	0.00	1.43	0.03	0.00	0.39	94.23
#24	0.70	0.74	35.41	46.04	10.72	0.00	0.02	1.44	0.10	0.01	0.39	95.57
#25	0.69	0.67	35.09	46.31	10.57	0.00	0.00	1.46	0.08	0.00	0.43	95.30
#26	0.72	0.78	34.88	46.48	10.61	0.00	0.09	1.66	0.24	0.01	0.40	95.87
#27	0.67	0.78	34.88	45.91	10.68	0.00	0.03	1.78	0.13	0.00	0.41	95.27
#28	0.55	0.87	34.41	46.08	10.79	0.00	0.14	1.95	0.00	0.00	0.23	95.01
#29	0.45	0.97	34.39	46.53	10.87	0.00	0.06	2.06	0.15	0.00	0.34	95.83
#30	0.46	0.90	34.34	46.18	10.52	0.00	0.11	2.09	0.17	0.01	0.21	95.00
#31	0.51	0.94	34.44	46.35	10.58	0.00	0.07	2.03	0.29	0.00	0.21	95.41
#32	0.44	0.94	34.41	46.08	10.76	0.01	0.04	2.06	0.08	0.00	0.17	94.98
#33	0.70	1.09	33.16	46.45	9.63	0.00	0.00	1.94	0.17	0.01	0.25	93.40
#34	0.42	1.02	34.11	46.78	10.76	0.00	0.03	2.33	0.10	0.00	0.33	95.89
#35	0.60	0.95	34.56	46.65	10.65	0.00	0.00	2.25	0.34	0.01	0.18	96.19
#36	0.62	1.05	33.52	46.21	10.67	0.00	0.16	2.36	0.25	0.00	0.16	95.00
#37	0.66	1.06	34.31	47.29	10.33	0.00	0.04	2.38	0.19	0.00	0.13	96.39
#38	0.67	0.99	33.93	45.28	10.51	0.00	0.11	2.12	0.05	0.01	0.17	93.86
#39	0.61	1.07	34.05	45.76	10.42	0.00	0.11	2.14	0.06	0.00	0.16	94.39
#40	0.52	1.06	34.09	46.62	10.49	0.00	0.14	2.09	0.09	0.00	0.01	95.12
#41	0.50	1.01	34.17	47.00	10.65	0.00	0.14	2.32	0.10	0.01	0.04	95.94
#42	0.47	1.08	33.34	46.17	10.60	0.02	0.11	2.10	0.12	0.05	0.17	94.23
#43	0.54	1.13	33.33	46.20	10.46	0.00	0.10	2.82	0.05	0.00	0.21	94.86
#44	0.43	1.15	33.56	46.32	10.73	0.00	0.04	2.68	0.15	0.01	0.15	95.24
#45	0.49	1.20	33.09	46.02	10.76	0.00	0.01	2.88	0.10	0.00	0.19	94.74
#46	0.37	1.14	32.79	45.57	10.52	0.00	0.15	2.52	0.06	0.03	0.11	93.26
#47	0.31	1.41	32.18	45.74	10.67	0.01	0.12	3.15	0.13	0.00	0.12	93.83
#48	0.47	1.16	32.18	45.18	10.36	0.00	0.15	2.61	0.07	0.04	0.08	92.31
#49	0.43	1.00	33.89	45.90	10.72	0.00	0.10	1.96	0.16	0.02	0.17	94.35
#50	0.42	0.93	34.15	46.00	10.72	0.00	0.16	1.88	0.06	0.01	0.16	94.48
#51	0.47	1.03	34.06	46.12	10.57	0.00	0.15	2.60	0.20	0.00	0.29	95.49

9.1.1.3. CAR4

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.51	0.83	34.71	46.82	10.20	0.00	0.12	1.79	0.30	0.00	0.42	95.71
#2	0.78	0.70	34.83	46.00	10.46	0.00	0.10	1.53	0.42	0.00	0.46	95.28
#3	0.56	0.75	34.78	45.61	10.48	0.00	0.07	1.44	0.33	0.00	0.47	94.49
#4	0.68	0.72	34.78	46.08	10.30	0.00	0.14	1.57	0.33	0.00	0.46	95.05
#5	0.79	0.79	34.51	45.37	10.36	0.00	0.02	1.56	0.45	0.02	0.52	94.39
#6	0.73	0.69	34.81	46.21	10.23	0.00	0.00	1.89	0.41	0.01	0.45	95.44
#7	0.69	0.66	35.02	45.88	10.55	0.00	0.05	1.97	0.35	0.00	0.44	95.61
#8	0.64	0.80	34.78	45.61	10.65	0.00	0.14	2.02	0.25	0.00	0.43	95.33
#9	0.66	0.78	34.74	46.05	10.57	0.00	0.10	1.69	0.40	0.00	0.39	95.39
#10	0.66	0.87	34.27	46.43	10.52	0.00	0.12	1.64	0.44	0.02	0.42	95.39
#11	0.67	0.88	35.03	46.32	10.56	0.00	0.00	1.83	0.44	0.00	0.47	96.21
#12	0.46	0.77	33.56	44.29	10.45	0.00	0.01	1.69	0.35	0.00	0.34	91.91
#13	0.60	0.78	34.35	46.08	10.05	0.00	0.00	1.96	0.61	0.00	0.55	94.98
#14	0.55	0.85	33.97	45.82	10.56	0.00	0.04	1.88	0.28	0.00	0.56	94.50
#15	0.47	0.77	34.46	45.42	10.71	0.00	0.06	2.06	0.31	0.01	0.43	94.70
#16	0.53	0.74	35.00	46.27	10.03	0.00	0.16	1.40	0.32	0.02	0.46	94.94
#17	0.63	0.75	34.98	45.90	10.57	0.00	0.02	1.58	0.38	0.00	0.47	95.28
#18	0.72	0.79	34.73	46.03	10.64	0.00	0.07	1.58	0.31	0.01	0.19	95.07
#19	0.79	0.86	35.25	46.51	10.33	0.01	0.07	1.79	0.33	0.01	0.30	96.24
#20	0.69	0.70	35.14	45.58	10.24	0.00	0.11	1.69	0.37	0.01	0.34	94.86
#21	0.80	0.69	34.98	45.75	10.28	0.00	0.00	1.68	0.43	0.00	0.36	94.98
#22	0.72	0.69	34.97	45.78	10.56	0.00	0.07	1.46	0.38	0.01	0.39	95.03
#23	0.78	0.75	34.57	45.52	10.46	0.00	0.03	1.54	0.52	0.01	0.38	94.56
#24	0.65	0.74	34.69	45.35	10.60	0.00	0.07	1.67	0.58	0.00	0.48	94.83
#25	0.50	0.82	33.81	44.99	10.64	0.00	0.00	1.75	0.34	0.00	0.63	93.48
#26	0.70	0.75	34.84	45.65	10.22	0.00	0.13	1.43	0.40	0.02	0.54	94.68
#27	0.79	0.68	34.75	45.34	10.34	0.00	0.03	1.53	0.47	0.02	0.56	94.51
#28	0.66	0.68	34.71	45.10	10.56	0.00	0.00	1.52	0.39	0.01	0.49	94.13
#29	0.64	0.63	35.05	45.59	10.46	0.00	0.05	1.53	0.47	0.00	0.50	94.92
#30	0.62	0.69	35.05	45.68	9.88	0.00	0.11	1.42	0.49	0.01	0.57	94.52
#31	0.56	0.69	35.21	45.72	10.04	0.00	0.17	1.48	0.59	0.00	0.69	95.15
#32	0.50	0.66	35.67	46.20	9.86	0.00	0.07	1.43	0.38	0.00	0.58	95.35
#33	0.59	0.70	35.51	45.92	9.88	0.00	0.13	1.66	0.43	0.00	0.55	95.37
#34	0.76	0.69	35.14	46.00	9.98	0.00	0.03	1.58	0.55	0.00	0.54	95.27
#35	0.55	0.69	34.74	45.79	10.49	0.00	0.13	1.59	0.33	0.01	0.55	94.89
#36	0.51	0.71	34.90	46.34	9.86	0.00	0.06	1.55	0.28	0.00	0.58	94.81
#37	0.56	0.64	35.32	46.24	9.57	0.00	0.00	1.49	0.39	0.01	0.64	94.85
#38	0.73	0.69	34.80	45.44	10.42	0.00	0.08	1.47	0.26	0.00	0.51	94.40
#39	0.74	0.74	34.83	46.33	10.48	0.00	0.05	1.28	0.35	0.00	0.55	95.35
#40	0.55	0.91	34.61	46.09	10.72	0.00	0.14	1.82	0.39	0.00	0.33	95.57
#41	0.43	0.91	34.56	46.28	10.05	0.00	0.22	2.19	0.39	0.01	0.21	95.26
#42	0.57	0.71	35.21	46.17	10.01	0.00	0.10	1.52	0.54	0.02	0.55	95.39
#43	0.69	0.67	35.52	46.21	9.46	0.00	0.00	1.31	0.45	0.01	0.68	95.00
#44	0.72	0.68	34.56	45.44	10.30	0.03	0.00	1.31	0.45	0.01	0.57	94.06
#45	0.90	0.69	34.79	45.30	10.39	0.00	0.00	1.37	0.42	0.01	0.55	94.41
#46	0.86	0.67	35.06	45.45	10.31	0.00	0.02	1.39	0.49	0.00	0.55	94.80
#47	0.83	0.70	35.02	44.94	10.43	0.00	0.05	1.43	0.35	0.00	0.58	94.33
#48	0.70	0.66	34.36	45.32	10.12	0.00	0.03	1.49	0.23	0.00	0.53	93.45
#49	0.70	0.64	34.68	46.14	10.00	0.01	0.07	1.51	0.73	0.00	0.63	95.11
#50	0.79	0.71	34.62	45.32	10.29	0.00	0.00	1.45	0.33	0.01	0.58	94.11
#51	0.53	0.75	33.98	44.71	10.36	0.01	0.00	1.79	0.36	0.03	0.53	93.06
#52	0.54	0.86	33.85	45.30	10.64	0.00	0.00	1.83	0.42	0.01	0.38	93.84
#53	0.66	0.74	34.82	45.48	10.69	0.00	0.00	1.44	0.30	0.01	0.48	94.60
#54	0.76	0.71	35.03	45.13	10.28	0.00	0.11	1.58	0.41	0.00	0.53	94.54
#55	0.62	0.76	34.54	45.33	10.65	0.00	0.00	1.36	0.42	0.01	0.46	94.17

#56	0.61	0.70	34.87	45.77	10.63	0.00	0.11	1.70	0.37	0.00	0.52	95.29
#57	0.74	0.69	34.76	45.58	10.52	0.01	0.14	1.57	0.26	0.00	0.44	94.69
#58	0.58	0.68	35.90	45.90	9.89	0.00	0.00	1.37	0.36	0.02	0.43	95.13
#59	0.87	0.74	34.22	45.04	10.14	0.16	0.02	1.50	0.48	0.01	0.46	93.65
#60	0.77	0.70	34.03	45.25	9.97	0.01	0.00	1.59	0.43	0.01	0.38	93.14
#61	0.76	0.75	35.14	45.37	10.47	0.00	0.10	1.41	0.48	0.00	0.39	94.88
#62	0.70	0.72	33.17	46.74	10.21	0.00	0.05	1.95	0.10	0.00	0.36	94.02
#63	0.76	0.71	34.62	45.77	10.37	0.00	0.00	1.29	0.42	0.01	0.38	94.32
#64	0.64	0.81	34.73	45.87	10.69	0.00	0.11	1.67	0.37	0.00	0.12	95.00
#65	0.75	0.78	35.03	45.91	10.37	0.00	0.04	1.80	0.30	0.01	0.42	95.43
#66	0.51	0.80	34.09	45.45	10.37	0.00	0.11	2.00	0.48	0.01	0.08	93.90
#67	0.60	0.77	34.55	45.21	10.53	0.00	0.06	1.79	0.37	0.01	0.33	94.23
#68	0.73	0.81	34.78	46.27	10.41	0.00	0.01	1.86	0.36	0.00	0.44	95.66
#69	0.65	0.83	34.58	44.89	10.70	0.00	0.00	1.70	0.29	0.02	0.24	93.90
#70	0.63	0.81	34.65	45.60	10.64	0.00	0.00	1.40	0.35	0.01	0.29	94.39
#71	0.70	0.85	33.33	44.78	10.16	0.00	0.00	1.88	0.42	0.00	0.40	92.53
#72	0.54	0.97	34.44	46.43	10.62	0.00	0.01	2.02	0.30	0.00	0.35	95.68
#73	0.70	0.92	34.56	45.42	10.41	0.00	0.03	1.82	0.48	0.00	0.33	94.66
#74	0.72	0.89	33.75	45.98	10.22	0.00	0.13	1.86	0.45	0.00	0.33	94.35
#75	0.50	0.87	34.02	45.95	10.79	0.00	0.00	1.86	0.31	0.01	0.13	94.45
#76	0.68	0.67	34.18	45.88	9.98	0.00	0.15	1.60	0.21	0.00	0.45	93.80
#77	0.78	0.69	33.49	45.46	9.73	0.02	0.00	1.61	0.44	0.00	0.44	92.66
#78	0.60	0.78	34.52	45.44	10.75	0.00	0.09	1.53	0.39	0.01	0.36	94.47

9.1.2. Données isotopiques

9.1.2.1. Matériau de départ

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K				³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*		⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1σ)				(± 1σ)			(± 1σ)				(± 1σ)			(± 1σ)			
Muscovite_1		J = .1229E-02 ± .1328E-04																	
# 1	5,94E-06	3,64E-03	±	3,83E-03	6,11E-02	±	2,94E-01	5,33E-04	±	5,02E-03	99,3	147,2	±	4,3	300,0	±	8,0		
# 2	6,77E-06	7,35E-03	±	3,47E-03	-1,57E-02	±	2,08E-01	2,02E-03	±	4,83E-03	98,6	147,4	±	2,9	300,2	±	5,5		
# 3	6,44E-06	6,70E-02	±	4,19E-03	2,77E-01	±	2,43E-01	-6,49E-03	±	4,57E-03	88,2	148,3	±	3,2	302,0	±	6,0		
# 4	7,13E-06	1,78E-03	±	3,19E-03	1,10E-01	±	2,15E-01	-4,16E-03	±	4,38E-03	99,7	150,3	±	2,6	305,7	±	4,8		
# 5	7,24E-06	3,31E-03	±	3,24E-03	1,41E-01	±	2,25E-01	-4,23E-03	±	4,23E-03	99,3	139,7	±	2,1	285,7	±	4,0		
# 6	7,56E-06	3,41E-03	±	2,96E-03	-4,85E-02	±	2,03E-01	-2,11E-03	±	3,66E-03	99,3	148,2	±	2,4	301,8	±	4,4		
# 7	7,50E-06	5,62E-03	±	3,20E-03	-1,47E-01	±	1,89E-01	-6,92E-04	±	4,64E-03	98,9	148,6	±	2,8	302,4	±	5,3		
# 8	1,09E-05	2,09E-03	±	2,20E-03	1,26E-01	±	1,26E-01	7,99E-05	±	3,07E-03	99,6	148,0	±	2,1	301,5	±	3,9		
# 9	8,65E-06	-1,06E-03	±	2,86E-03	-2,99E-02	±	1,92E-01	1,73E-03	±	3,80E-03	100,2	143,9	±	2,6	293,7	±	4,8		
# 10	7,53E-06	1,27E-02	±	3,03E-03	-2,32E-01	±	1,99E-01	3,23E-03	±	4,08E-03	97,6	148,8	±	2,6	302,9	±	4,9		
# 11	7,54E-06	2,08E-03	±	3,02E-03	-7,43E-03	±	1,85E-01	4,57E-03	±	4,01E-03	99,6	149,6	±	2,4	304,4	±	4,4		
# 12	7,59E-06	7,44E-03	±	2,93E-03	-1,60E-01	±	1,77E-01	-6,96E-04	±	3,73E-03	98,5	146,2	±	2,5	298,0	±	4,7		
# 13	7,76E-06	-1,78E-03	±	3,10E-03	-2,62E-01	±	1,75E-01	9,04E-05	±	3,96E-03	100,3	153,2	±	2,3	311,2	±	4,3		
# 14	6,90E-06	3,23E-02	±	3,56E-03	4,85E-02	±	2,35E-01	4,87E-03	±	5,13E-03	94,2	153,9	±	3,6	312,5	±	6,6		
# 15	6,60E-06	6,96E-04	±	3,79E-03	-1,13E-02	±	2,62E-01	-7,45E-04	±	4,49E-03	99,9	151,7	±	4,0	308,4	±	7,4		
Total	1,12E-04	8,95E-03	±	8,17E-04	-1,17E-02	±	5,28E-02	-6,80E-05	±	1,08E-03	98,3	148,3	±	0,7	301,9	±	3,3		
Muscovite_2		J = .1229E-02 ± .1328E-04																	
# 1	8,00E-06	8,66E-02	±	3,09E-03	-8,48E-02	±	2,89E-01	-1,18E-03	±	4,72E-03	84,6	140,8	±	2,0	287,9	±	3,8		
# 2	7,77E-06	1,17E-01	±	4,12E-03	-1,72E-01	±	2,84E-01	-8,05E-03	±	4,21E-03	80,4	141,2	±	2,7	288,6	±	5,2		
# 3	1,34E-05	8,71E-02	±	3,08E-03	-5,72E-02	±	1,72E-01	-9,42E-04	±	2,75E-03	84,5	140,1	±	1,8	286,6	±	3,4		
# 4	1,01E-05	2,04E-02	±	2,05E-03	-4,09E-02	±	2,30E-01	8,85E-03	±	3,61E-03	96,1	149,5	±	1,8	304,1	±	3,4		
# 5	1,71E-06	3,65E-03	±	1,21E-02	-1,07E-01	±	1,33E+00	-1,39E-02	±	1,85E-02	99,3	142,5	±	8,2	291,0	±	15,4		
# 6	7,68E-06	-1,75E-03	±	2,75E-03	-1,24E-01	±	2,91E-01	9,44E-04	±	4,13E-03	100,3	150,5	±	2,9	306,1	±	5,5		
# 7	7,56E-06	2,91E-03	±	2,60E-03	-3,37E-03	±	2,92E-01	-3,26E-03	±	4,63E-03	99,4	148,0	±	2,6	301,4	±	5,0		
# 8	6,96E-06	-1,29E-03	±	3,03E-03	-4,80E-02	±	3,25E-01	4,20E-03	±	4,84E-03	100,2	152,2	±	2,4	309,2	±	4,4		
# 9	8,16E-06	-7,21E-04	±	2,52E-03	-8,27E-02	±	2,75E-01	-1,22E-03	±	3,81E-03	100,1	153,8	±	2,1	312,3	±	3,9		
# 10	7,87E-06	9,10E-03	±	2,57E-03	2,18E-02	±	2,82E-01	-4,27E-03	±	4,37E-03	98,2	145,4	±	2,4	296,4	±	4,5		

# 11	8,11E-06	7,12E-03	±	2,61E-03	4,11E-01	±	2,15E-01	4,18E-03	±	2,60E-03	98,7	153,6	±	1,4	312,0	±	2,6
# 12	7,67E-06	4,93E-02	±	3,33E-03	2,96E-01	±	2,66E-01	1,04E-03	±	1,86E-03	91,1	148,1	±	2,6	301,7	±	4,8
# 13	8,12E-06	2,51E-02	±	2,75E-03	-1,33E-01	±	2,18E-01	2,97E-03	±	2,02E-03	95,3	151,4	±	2,4	307,8	±	4,5
# 14	1,01E-05	6,72E-03	±	2,01E-03	-1,74E-01	±	1,74E-01	3,01E-03	±	1,50E-03	98,7	149,3	±	1,7	303,9	±	3,1
# 15	9,36E-06	1,33E-02	±	2,58E-03	1,20E-01	±	2,05E-01	3,37E-03	±	2,14E-03	97,4	149,5	±	1,7	304,2	±	3,3
Total	1,23E-04	3,17E-02	±	7,54E-04	-1,06E-02	±	6,73E-02	6,30E-04	±	9,39E-04	94,1	147,7	±	0,6	300,9	±	3,2
Muscovite_3		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	7,24E-06	-3,00E-03	±	3,15E-03	6,30E-02	±	2,52E-01	-1,55E-03	±	4,49E-03	100,6	146,9	±	2,2	299,3	±	4,2
# 2	6,74E-06	2,61E-03	±	3,39E-03	1,95E-02	±	2,81E-01	-2,02E-03	±	5,04E-03	99,5	147,2	±	3,1	300,0	±	5,8
# 3	9,34E-06	6,22E-03	±	2,53E-03	1,26E-01	±	2,03E-01	-2,00E-03	±	3,29E-03	98,8	150,1	±	2,0	305,3	±	3,7
# 4	6,19E-06	4,38E-03	±	4,09E-03	2,23E-01	±	2,97E-01	2,90E-03	±	5,49E-03	99,1	148,5	±	2,7	302,3	±	5,0
# 5	6,81E-06	4,08E-03	±	3,37E-03	1,33E-01	±	2,66E-01	-7,46E-04	±	4,77E-03	99,2	146,2	±	2,4	297,9	±	4,6
# 6	1,15E-05	5,26E-03	±	2,02E-03	-2,56E-02	±	1,58E-01	-1,93E-04	±	2,83E-03	99,0	146,1	±	1,9	297,8	±	3,6
# 7	8,57E-06	2,15E-03	±	2,68E-03	8,90E-02	±	2,35E-01	-4,15E-03	±	3,74E-03	99,6	143,8	±	1,9	293,4	±	3,6
# 8	1,21E-05	8,68E-03	±	2,07E-03	-6,59E-02	±	1,64E-01	-9,00E-04	±	2,69E-03	98,3	147,9	±	1,7	301,3	±	3,3
# 9	8,11E-06	-9,52E-04	±	2,78E-03	7,34E-02	±	2,59E-01	-1,30E-03	±	3,82E-03	100,2	150,3	±	2,2	305,8	±	4,2
# 10	9,34E-06	3,82E-04	±	2,36E-03	-7,52E-02	±	2,14E-01	-1,61E-03	±	3,51E-03	99,9	155,2	±	2,5	314,8	±	4,6
# 11	7,03E-06	3,86E-03	±	3,54E-03	-4,21E-02	±	2,95E-01	-6,82E-03	±	4,54E-03	99,3	155,0	±	2,8	314,5	±	5,2
# 12	8,05E-06	4,20E-03	±	2,97E-03	-2,31E-03	±	2,57E-01	-1,72E-03	±	4,05E-03	99,2	151,4	±	1,9	307,8	±	3,6
# 13	1,21E-05	6,94E-03	±	1,95E-03	4,22E-02	±	1,63E-01	-2,22E-03	±	2,76E-03	98,7	152,5	±	1,8	309,8	±	3,3
# 14	7,89E-06	3,89E-03	±	2,95E-03	-1,56E-01	±	2,72E-01	-3,09E-03	±	4,18E-03	99,2	150,8	±	2,8	306,6	±	5,3
# 15	1,14E-05	2,41E-03	±	2,24E-03	-1,37E-01	±	1,79E-01	-2,98E-03	±	2,79E-03	99,5	149,6	±	1,5	304,4	±	2,9
# 16	6,90E-06	4,87E-03	±	3,33E-03	-4,73E-01	±	3,03E-01	-2,21E-03	±	4,42E-03	99,0	147,5	±	3,1	300,5	±	5,8
# 17	6,98E-06	8,37E-03	±	3,36E-03	-1,40E-01	±	3,19E-01	7,53E-03	±	4,45E-03	98,4	155,4	±	3,1	315,2	±	5,7
Total	1,46E-04	3,99E-03	±	6,65E-04	-2,20E-02	±	5,62E-02	-1,47E-03	±	9,11E-04	99,2	149,7	±	0,5	304,5	±	3,2
Muscovite_4		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	8,54E-06	1,98E-02	±	2,25E-03	-1,21E-03	±	2,05E-01	-4,01E-03	±	2,65E-03	96,2	148,2	±	2,5	301,9	±	4,7
# 2	6,78E-06	3,56E-03	±	2,77E-03	-8,75E-02	±	2,71E-01	3,45E-04	±	3,89E-03	99,3	145,0	±	3,6	295,7	±	6,7
# 3	6,16E-06	1,29E-03	±	3,08E-03	6,80E-02	±	3,21E-01	1,67E-03	±	3,95E-03	99,8	156,7	±	3,3	317,7	±	6,1
# 4	7,87E-06	4,50E-03	±	2,46E-03	1,53E-02	±	2,37E-01	9,23E-04	±	2,74E-03	99,1	145,5	±	2,1	296,8	±	3,9
# 5	7,24E-06	3,52E-03	±	2,57E-03	1,79E-03	±	2,62E-01	1,77E-03	±	4,04E-03	99,3	150,8	±	2,9	306,7	±	5,5
# 6	7,36E-06	-1,66E-03	±	2,80E-03	1,72E-01	±	2,60E-01	-1,12E-03	±	3,23E-03	100,3	154,2	±	3,5	312,9	±	6,5
# 7	8,66E-06	6,84E-04	±	2,27E-03	-2,82E-01	±	2,10E-01	-2,40E-04	±	2,74E-03	99,9	149,3	±	2,7	303,9	±	5,1
# 8	7,62E-06	5,35E-03	±	2,87E-03	-3,05E-01	±	2,47E-01	-4,52E-04	±	3,34E-03	98,9	147,6	±	2,4	300,6	±	4,5
# 9	7,82E-06	9,16E-03	±	2,84E-03	-7,54E-02	±	2,45E-01	-4,07E-03	±	3,60E-03	98,2	149,5	±	2,5	304,1	±	4,7
# 10	8,56E-06	4,05E-03	±	2,50E-03	-3,34E-02	±	2,16E-01	1,77E-03	±	2,91E-03	99,2	151,3	±	2,5	307,5	±	4,7
# 11	8,47E-06	-4,88E-03	±	2,27E-03	4,15E-01	±	2,15E-01	-6,65E-03	±	2,66E-03	101,0	147,7	±	2,5	300,8	±	4,8

# 12	8,03E-06	-1,13E-02	±	2,42E-03	4,25E-01	±	2,35E-01	-1,47E-02	±	2,94E-03	102,3	148,9	±	2,1	303,1	±	4,0
Total	9,31E-05	2,91E-03	±	7,43E-04	2,69E-02	±	6,95E-02	-2,22E-03	±	9,22E-04	99,4	149,4	±	0,8	304,1	±	3,4
Muscovite_5		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	8,26E-06	8,10E-03	±	4,51E-03	-4,07E-02	±	2,38E-01	4,47E-03	±	3,07E-03	98,4	145,9	±	2,9	297,4	±	5,4
# 2	5,52E-06	2,72E-01	±	8,15E-03	-4,90E-01	±	3,68E-01	2,09E-03	±	6,04E-03	63,9	142,3	±	3,1	290,7	±	5,9
# 3	5,57E-06	3,95E-03	±	6,19E-03	1,09E-01	±	3,67E-01	-3,95E-03	±	4,63E-03	99,2	150,3	±	3,0	305,8	±	5,5
# 4	7,75E-06	7,49E-03	±	4,52E-03	-1,65E-01	±	2,51E-01	4,96E-04	±	3,44E-03	98,6	151,8	±	2,3	308,5	±	4,2
# 5	5,76E-06	-2,59E-03	±	5,99E-03	1,88E-01	±	3,67E-01	-9,25E-04	±	4,30E-03	100,5	146,3	±	3,6	298,2	±	6,9
# 6	7,36E-06	3,00E-03	±	4,76E-03	8,93E-02	±	2,82E-01	-1,66E-03	±	3,67E-03	99,4	147,3	±	2,4	300,1	±	4,6
# 7	8,57E-06	8,63E-03	±	4,09E-03	2,49E-02	±	2,24E-01	2,16E-03	±	3,54E-03	98,3	145,1	±	2,5	296,0	±	4,8
# 8	7,37E-06	1,87E-02	±	4,82E-03	2,13E-01	±	2,83E-01	-9,26E-04	±	3,88E-03	96,4	147,1	±	2,6	299,7	±	4,8
# 9	5,84E-06	5,56E-03	±	5,93E-03	-3,76E-02	±	3,60E-01	2,61E-03	±	4,18E-03	98,9	153,3	±	2,8	311,4	±	5,2
# 10	7,09E-06	-2,08E-03	±	4,87E-03	-1,59E-01	±	2,89E-01	3,05E-03	±	4,31E-03	100,4	153,9	±	2,6	312,5	±	4,8
# 11	9,84E-06	-2,38E-03	±	3,57E-03	-1,61E-01	±	2,11E-01	5,21E-03	±	2,52E-03	100,5	150,2	±	2,3	305,5	±	4,4
# 12	1,02E-05	6,48E-04	±	3,41E-03	1,00E-02	±	2,18E-01	3,02E-03	±	2,62E-03	99,9	146,6	±	2,1	298,8	±	3,9
Total	8,92E-05	2,10E-02	±	1,38E-03	-3,39E-02	±	7,98E-02	1,61E-03	±	1,07E-03	96,0	148,3	±	0,8	302,0	±	3,3
Muscovite_6		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	4,80E-06	5,31E-02	±	7,39E-03	-3,61E-01	±	3,78E-01	-4,60E-03	±	4,97E-03	90,6	150,7	±	4,1	306,4	±	7,7
# 2	4,28E-06	6,12E-02	±	8,47E-03	-5,63E-01	±	3,44E-01	-1,92E-04	±	5,44E-03	89,0	146,8	±	4,1	299,2	±	7,7
# 3	6,72E-06	7,01E-02	±	5,77E-03	-7,96E-02	±	2,47E-01	-3,95E-03	±	2,88E-03	87,9	150,0	±	3,1	305,1	±	5,8
# 4	5,25E-06	3,78E-02	±	6,89E-03	-4,08E-01	±	2,87E-01	1,73E-03	±	3,69E-03	93,1	151,3	±	3,3	307,5	±	6,1
# 6	6,42E-06	1,52E-03	±	5,55E-03	3,44E-01	±	2,41E-01	1,49E-03	±	2,80E-03	99,7	151,8	±	3,2	308,6	±	6,0
# 7	7,64E-06	1,22E-02	±	4,52E-03	-3,39E-01	±	1,92E-01	4,85E-03	±	4,26E-03	97,7	155,6	±	2,3	315,6	±	4,3
# 8	4,45E-06	2,66E-01	±	1,01E-02	-3,32E-01	±	3,41E-01	3,17E-03	±	4,91E-03	64,8	144,7	±	3,9	295,2	±	7,4
# 9	3,37E-06	3,77E-02	±	1,08E-02	-9,50E-01	±	4,79E-01	-9,38E-03	±	6,90E-03	93,1	150,5	±	5,8	306,0	±	10,9
# 10	4,36E-06	1,50E-02	±	8,16E-03	1,86E-01	±	3,48E-01	-9,67E-03	±	4,67E-03	97,3	156,2	±	4,6	316,8	±	8,6
Total	4,73E-05	5,63E-02	±	2,32E-03	-2,34E-01	±	9,97E-02	-1,13E-03	±	1,45E-03	90,1	151,2	±	1,2	307,4	±	3,8
Muscovite_7		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	6,50E-06	6,37E-03	±	4,18E-03	4,23E-02	±	1,72E-01	1,88E-03	±	3,95E-03	98,7	143,4	±	2,7	292,8	±	5,2
# 2	9,27E-06	4,88E-03	±	3,03E-03	7,48E-02	±	1,37E-01	2,45E-03	±	2,78E-03	99,0	146,5	±	2,6	298,6	±	5,0
# 3	8,78E-06	2,78E-03	±	3,13E-03	-2,43E-01	±	1,40E-01	-1,14E-03	±	3,19E-03	99,5	147,8	±	2,5	301,1	±	4,8
# 4	9,10E-06	-1,84E-03	±	2,94E-03	-1,35E-01	±	1,41E-01	1,63E-03	±	3,02E-03	100,4	154,8	±	2,9	314,2	±	5,3
# 5	1,06E-05	5,96E-02	±	2,91E-03	-7,10E-02	±	1,42E-01	-6,29E-03	±	2,72E-03	89,4	148,9	±	2,0	303,2	±	3,8
# 6	9,90E-06	3,52E-04	±	2,81E-03	-1,13E-03	±	1,24E-01	-5,84E-03	±	2,37E-03	99,9	150,5	±	2,0	306,2	±	3,7
# 7	6,23E-06	-4,90E-03	±	4,48E-03	-1,57E-01	±	2,14E-01	2,29E-05	±	4,30E-03	100,9	157,4	±	3,0	319,0	±	5,6
# 8	8,85E-06	-7,77E-04	±	3,07E-03	-2,03E-01	±	1,39E-01	-1,94E-03	±	3,03E-03	100,2	149,4	±	2,1	304,0	±	3,9
# 9	6,93E-06	-2,44E-03	±	4,12E-03	1,77E-01	±	1,71E-01	-6,88E-04	±	3,78E-03	100,5	151,2	±	3,0	307,3	±	5,5

# 10	7,47E-06	1,98E-03	±	3,52E-03	5,75E-03	±	1,56E-01	-3,07E-03	±	3,59E-03	99,6	151,9	±	2,6	308,6	±	4,9
# 11	8,56E-06	7,57E-04	±	3,19E-03	-2,23E-01	±	1,29E-01	-2,79E-03	±	3,13E-03	99,9	145,6	±	2,4	296,9	±	4,5
# 12	9,40E-06	1,37E-02	±	2,94E-03	-1,37E-01	±	1,37E-01	-4,55E-03	±	2,69E-03	97,4	153,1	±	2,4	311,0	±	4,4
# 13	9,98E-06	5,93E-04	±	2,66E-03	-1,94E-02	±	1,39E-01	-3,98E-03	±	2,57E-03	99,9	146,3	±	2,0	298,2	±	3,8
# 14	5,21E-06	-2,15E-03	±	5,11E-03	-2,43E-01	±	2,44E-01	-4,36E-03	±	5,28E-03	100,3	183,6	±	4,4	367,0	±	7,9
# 15	6,03E-06	5,68E-03	±	4,37E-03	-4,39E-02	±	2,21E-01	-4,09E-03	±	4,54E-03	98,9	153,6	±	4,1	311,9	±	7,6
# 16	6,53E-06	2,85E-02	±	4,34E-03	-3,27E-01	±	1,97E-01	-5,83E-03	±	4,39E-03	94,7	148,8	±	3,2	303,0	±	5,9
# 17	9,28E-06	7,56E-03	±	2,80E-03	1,34E-01	±	1,26E-01	-3,36E-03	±	2,91E-03	98,5	149,2	±	2,4	303,7	±	4,5
Total	1,39E-04	8,00E-03	±	8,16E-04	-7,55E-02	±	3,75E-02	-2,54E-03	±	7,95E-04	98,5	151,0	±	0,6	307,1	±	3,3
Muscovite_8		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	4,11E-06	-1,32E-02	±	4,36E-03	-8,09E-01	±	7,75E-01	6,74E-03	±	1,00E-02	102,6	153,3	±	3,8	311,2	±	7,1
# 2	6,59E-06	7,14E-03	±	3,10E-03	-7,94E-01	±	5,11E-01	-2,03E-04	±	6,55E-03	98,6	152,8	±	3,3	310,5	±	6,1
# 3	8,97E-06	5,49E-06	±	2,12E-03	-6,14E-02	±	3,55E-01	4,18E-03	±	4,67E-03	100,0	151,2	±	1,8	307,4	±	3,4
# 4	7,20E-06	-2,53E-03	±	2,44E-03	-4,02E-01	±	4,45E-01	-2,24E-04	±	5,75E-03	100,5	148,1	±	2,2	301,5	±	4,1
# 5	5,42E-06	4,90E-03	±	3,34E-03	-1,17E+00	±	5,50E-01	-2,18E-03	±	7,86E-03	99,1	154,0	±	3,1	312,7	±	5,9
# 6	1,40E-05	3,23E-03	±	1,27E-03	-4,05E-01	±	2,20E-01	-5,38E-03	±	3,10E-03	99,4	151,4	±	2,1	307,8	±	3,9
# 7	7,39E-06	2,17E-03	±	2,55E-03	6,00E-01	±	4,91E-01	-1,88E-03	±	5,57E-03	99,6	157,1	±	2,6	318,4	±	4,9
Total	5,37E-05	1,16E-03	±	9,13E-04	-3,65E-01	±	1,60E-01	-7,23E-04	±	2,08E-03	99,8	152,3	±	1,0	309,5	±	3,6
Muscovite_9		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	3,38E-06	1,11E-02	±	5,34E-03	-1,14E+00	±	1,19E+00	-1,20E-03	±	5,57E-03	97,9	153,1	±	5,6	311,0	±	10,5
# 2	3,33E-06	4,09E-02	±	6,12E-03	-1,00E-01	±	1,37E+00	8,60E-03	±	7,67E-03	92,9	157,0	±	4,2	318,2	±	7,8
# 3	4,11E-06	2,96E-03	±	4,57E-03	-1,54E+00	±	9,86E-01	-1,65E-03	±	4,38E-03	99,4	150,7	±	3,1	306,5	±	5,8
# 4	5,85E-06	5,26E-03	±	3,49E-03	-6,47E-01	±	7,15E-01	6,52E-03	±	3,02E-03	99,0	149,2	±	1,9	303,6	±	3,6
# 5	4,27E-06	2,54E-02	±	4,11E-03	-5,85E-01	±	9,21E-01	-2,98E-03	±	4,57E-03	95,0	142,6	±	3,2	291,2	±	6,0
# 6	3,54E-06	4,09E-03	±	4,77E-03	-9,05E-01	±	1,11E+00	8,48E-03	±	6,09E-03	99,2	151,7	±	2,7	308,3	±	5,0
# 7	5,10E-06	2,11E-03	±	3,42E-03	4,97E-01	±	9,48E-01	1,04E-03	±	3,57E-03	99,6	149,3	±	3,0	303,9	±	5,6
# 8	4,34E-06	2,90E-04	±	3,94E-03	6,25E-01	±	8,94E-01	-2,46E-03	±	4,33E-03	99,9	152,7	±	2,9	310,1	±	5,4
# 9	4,86E-06	-3,58E-03	±	3,88E-03	-2,07E-01	±	8,48E-01	8,48E-03	±	5,18E-03	100,7	154,1	±	2,8	312,9	±	5,2
# 10	4,69E-06	3,54E-02	±	4,06E-03	-2,34E-01	±	8,59E-01	-7,71E-03	±	3,54E-03	93,6	153,1	±	3,6	311,0	±	6,8
# 11	4,43E-06	-4,99E-04	±	3,98E-03	-7,30E-01	±	9,05E-01	2,53E-03	±	4,00E-03	100,1	157,7	±	3,3	319,5	±	6,2
# 12	5,16E-06	1,72E-03	±	3,63E-03	-3,02E-01	±	8,18E-01	-5,98E-04	±	3,65E-03	99,7	156,4	±	2,9	317,1	±	5,4
# 13	3,57E-06	-1,49E-03	±	5,21E-03	1,58E-01	±	1,14E+00	-5,57E-03	±	4,91E-03	100,3	158,2	±	4,0	320,4	±	7,5
# 14	6,27E-06	1,11E-03	±	2,71E-03	-6,37E-02	±	7,40E-01	-6,90E-03	±	3,50E-03	99,8	148,5	±	2,0	302,4	±	3,8
# 15	4,28E-06	-7,71E-03	±	4,81E-03	-2,72E-01	±	1,02E+00	1,37E-04	±	5,21E-03	101,5	152,3	±	2,8	309,4	±	5,3
Total	6,72E-05	7,07E-03	±	1,06E-03	-3,37E-01	±	2,42E-01	2,75E-04	±	1,16E-03	98,6	152,2	±	0,8	309,2	±	3,4
Muscovite_10		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	2,68E-06	2,55E-02	±	1,02E-02	-1,73E+00	±	6,67E-01	1,55E-02	±	6,11E-03	95,1	146,6	±	6,2	298,8	±	11,7

# 2	2,62E-06	-2,97E-03	±	1,04E-02	-1,22E+00	±	9,13E-01	-2,05E-03	±	5,00E-03	100,6	153,7	±	6,7	312,1	±	12,5
# 3	2,78E-06	4,01E-03	±	9,70E-03	6,66E-01	±	5,83E-01	3,19E-03	±	5,91E-03	99,2	149,9	±	5,2	305,0	±	9,7
# 4	2,08E-06	-1,22E-02	±	1,37E-02	1,76E+00	±	1,11E+00	3,63E-03	±	7,11E-03	102,4	156,4	±	7,8	317,1	±	14,5
# 5	2,72E-06	8,19E-03	±	9,60E-03	3,30E+00	±	5,97E-01	-3,48E-03	±	5,32E-03	98,5	156,4	±	5,7	317,1	±	10,7
# 6	3,29E-06	9,38E-03	±	8,31E-03	1,61E+00	±	6,61E-01	5,97E-03	±	4,54E-03	98,1	145,4	±	4,8	296,4	±	9,0
# 7	3,05E-06	4,61E-03	±	8,84E-03	1,88E+00	±	1,05E+00	-2,67E-03	±	4,31E-03	99,1	153,4	±	5,2	311,5	±	9,7
# 8	1,67E-06	7,10E-03	±	1,66E-02	-1,56E+00	±	1,19E+00	-1,12E-02	±	7,93E-03	98,7	162,1	±	9,8	327,7	±	18,1
Total	2,09E-05	6,01E-03	±	3,69E-03	7,22E-01	±	2,96E-01	1,72E-03	±	1,98E-03	98,9	152,2	±	2,2	309,3	±	5,1
Muscovite_11		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	2,34E-06	1,13E-02	±	8,37E-03	2,32E+00	±	2,11E+00	1,16E-02	±	1,30E-02	98,0	158,7	±	7,2	321,3	±	13,3
# 2	3,85E-06	-4,73E-03	±	5,01E-03	-8,66E-01	±	1,21E+00	-8,46E-03	±	7,42E-03	100,9	157,1	±	5,4	318,4	±	10,1
# 3	3,38E-06	-7,20E-03	±	5,42E-03	-1,59E+00	±	1,33E+00	-7,95E-03	±	8,89E-03	101,4	157,1	±	4,7	318,5	±	8,7
# 4	4,25E-06	3,67E-03	±	4,47E-03	-5,96E-01	±	1,05E+00	-2,65E-03	±	6,64E-03	99,3	152,3	±	4,0	309,4	±	7,5
# 5	5,60E-06	-8,84E-04	±	3,55E-03	-3,41E-01	±	8,45E-01	-4,59E-03	±	5,66E-03	100,2	146,9	±	3,1	299,3	±	5,8
# 6	3,63E-06	-5,01E-03	±	5,73E-03	-1,05E+00	±	1,37E+00	-6,15E-03	±	8,42E-03	101,0	152,1	±	4,9	309,1	±	9,1
# 7	4,91E-06	-3,23E-03	±	3,96E-03	-1,32E+00	±	9,80E-01	7,76E-04	±	6,12E-03	100,6	155,6	±	4,9	315,6	±	9,0
# 8	4,25E-06	3,47E-02	±	5,22E-03	-2,15E-02	±	1,07E+00	-5,32E-03	±	7,03E-03	93,6	150,1	±	3,9	305,4	±	7,2
# 9	3,11E-06	4,29E-02	±	7,09E-03	-7,55E-01	±	1,48E+00	-2,02E-03	±	1,00E-02	92,3	152,1	±	5,4	309,1	±	10,1
Total	3,53E-05	6,83E-03	±	1,70E-03	-5,79E-01	±	3,99E-01	-3,30E-03	±	2,56E-03	98,7	153,0	±	1,5	310,8	±	4,2
Muscovite_12		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	2,72E-06	3,15E-03	±	9,92E-03	-3,40E-02	±	1,20E+00	2,68E-03	±	9,56E-03	99,3	139,0	±	5,1	284,5	±	9,6
# 2	2,68E-06	8,11E-03	±	9,90E-03	-2,86E+00	±	1,26E+00	1,27E-02	±	8,33E-03	98,4	149,6	±	5,4	304,5	±	10,1
# 3	2,62E-06	3,63E-01	±	1,66E-02	-9,76E-01	±	1,51E+00	2,28E-02	±	1,32E-02	59,3	156,2	±	6,0	316,7	±	11,2
# 4	1,85E-06	-3,14E-03	±	1,46E-02	-1,11E+00	±	1,87E+00	2,07E-02	±	1,27E-02	100,6	169,0	±	8,7	340,3	±	16,0
# 5	2,37E-06	-2,53E-03	±	1,15E-02	1,29E+00	±	1,53E+00	-8,41E-04	±	1,02E-02	100,5	158,1	±	6,6	320,3	±	12,3
# 6	3,16E-06	-3,29E-03	±	8,87E-03	7,68E-01	±	1,17E+00	1,48E-03	±	7,15E-03	100,6	150,6	±	6,0	306,3	±	11,3
# 7	3,17E-06	1,70E-03	±	8,59E-03	-1,18E+00	±	1,13E+00	-3,60E-03	±	7,46E-03	99,7	154,0	±	4,8	312,7	±	9,0
# 8	3,59E-06	-1,42E-03	±	7,48E-03	-6,87E-01	±	9,31E-01	7,58E-04	±	6,19E-03	100,3	155,3	±	4,2	315,0	±	7,8
# 9	2,80E-06	3,75E-03	±	9,95E-03	-8,64E-01	±	1,15E+00	-2,23E-03	±	9,51E-03	99,3	154,5	±	5,6	313,5	±	10,5
# 10	3,78E-06	-2,90E-03	±	7,03E-03	-1,44E+00	±	9,64E-01	-8,43E-03	±	6,23E-03	100,6	153,0	±	3,7	310,7	±	6,9
Total	2,87E-05	3,33E-02	±	3,07E-03	-7,29E-01	±	3,87E-01	3,31E-03	±	2,77E-03	94,0	153,4	±	1,7	311,5	±	4,4
Muscovite_13		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	7,34E-06	3,25E-03	±	2,39E-03	-1,50E-01	±	4,83E-01	2,42E-03	±	3,95E-03	99,4	150,9	±	1,9	306,8	±	3,6
# 2	5,50E-06	-3,21E-03	±	2,95E-03	-3,64E-01	±	6,72E-01	-3,10E-03	±	5,56E-03	100,6	154,4	±	3,0	313,4	±	5,5
# 3	6,02E-06	-2,93E-03	±	3,30E-03	-4,70E-01	±	5,54E-01	-2,43E-03	±	5,16E-03	100,6	152,6	±	3,7	310,1	±	6,8
# 4	6,50E-06	8,57E-02	±	3,32E-03	4,89E-01	±	6,15E-01	-5,24E-03	±	4,66E-03	87,0	170,0	±	2,8	342,2	±	5,1
# 5	7,24E-06	6,04E-03	±	2,37E-03	5,64E-01	±	5,06E-01	-5,40E-03	±	3,93E-03	98,8	150,2	±	3,6	305,5	±	6,7

# 6	5,08E-06	6,79E-02	±	2,93E-03	-7,19E-02	±	7,07E-01	-2,54E-03	±	6,87E-03	88,9	161,3	±	3,9	326,1	±	7,2
# 7	4,23E-06	1,11E-02	±	3,13E-03	-4,36E-01	±	8,56E-01	-8,95E-03	±	7,56E-03	98,0	159,4	±	4,4	322,7	±	8,2
# 8	4,60E-06	3,30E-01	±	8,38E-03	7,23E-01	±	1,05E+00	-8,05E-04	±	7,30E-03	62,3	161,3	±	3,6	326,2	±	6,7
# 9	3,98E-06	1,14E-02	±	2,87E-03	-4,96E-01	±	9,38E-01	-1,14E-03	±	7,65E-03	97,9	158,5	±	3,5	321,1	±	6,4
# 10	4,59E-06	1,06E-02	±	2,09E-03	-5,33E-01	±	9,18E-01	3,70E-03	±	6,23E-03	98,0	156,6	±	3,6	317,5	±	6,8
# 11	5,95E-06	1,82E-02	±	2,41E-03	-5,20E-01	±	6,89E-01	-5,35E-03	±	5,50E-03	96,6	153,8	±	2,8	312,2	±	5,3
# 12	6,96E-06	8,22E-03	±	1,60E-03	-1,22E+00	±	5,04E-01	-1,22E-04	±	4,17E-03	98,4	152,0	±	3,0	308,8	±	5,6
Total	6,80E-05	4,06E-02	±	8,47E-04	-2,00E-01	±	1,96E-01	-2,38E-03	±	1,58E-03	92,9	156,3	±	0,9	316,9	±	3,6
Muscovite_14		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	9,34E-06	-5,32E-03	±	2,58E-03	-2,16E-01	±	3,76E-01	3,07E-03	±	2,30E-03	101,0	157,1	±	2,1	318,4	±	3,9
# 2	7,17E-06	1,23E-02	±	3,56E-03	2,04E-01	±	4,44E-01	-1,17E-03	±	3,53E-03	97,7	151,2	±	2,8	307,5	±	5,3
# 3	8,45E-06	5,62E-03	±	3,05E-03	-1,36E-01	±	3,14E-01	2,12E-03	±	3,12E-03	98,9	149,9	±	3,1	304,9	±	5,9
# 4	5,44E-06	-6,88E-04	±	4,58E-03	8,55E-01	±	5,86E-01	-1,45E-04	±	4,66E-03	100,1	162,4	±	2,4	328,2	±	4,5
# 5	6,66E-06	3,84E-03	±	3,77E-03	5,44E-02	±	5,14E-01	-2,22E-03	±	3,14E-03	99,3	155,6	±	1,9	315,6	±	3,5
# 6	1,13E-05	7,20E-03	±	2,23E-03	-3,51E-01	±	2,68E-01	5,44E-05	±	1,85E-03	98,6	152,3	±	1,8	309,4	±	3,4
# 7	7,35E-06	2,95E-03	±	3,47E-03	-1,43E+00	±	3,34E-01	-3,27E-04	±	2,84E-03	99,4	141,7	±	1,6	289,6	±	3,1
# 8	1,20E-05	2,56E-02	±	2,41E-03	-6,81E-01	±	2,36E-01	2,21E-03	±	1,65E-03	95,3	151,6	±	2,1	308,1	±	4,0
Total	6,76E-05	7,64E-03	±	1,07E-03	-2,86E-01	±	1,28E-01	7,00E-04	±	9,51E-04	98,5	152,4	±	0,8	309,7	±	3,4
Muscovite_15		J = .1229E-02 ± .1328E-04															
# 1	4,53E-06	2,42E-02	±	3,41E-03	4,56E-01	±	7,74E-01	-6,16E-03	±	4,84E-03	95,4	149,2	±	3,3	303,7	±	6,2
# 2	4,27E-06	2,14E-02	±	3,94E-03	1,22E+00	±	8,33E-01	1,37E-02	±	6,87E-03	96,0	150,5	±	2,5	306,1	±	4,7
# 3	5,75E-06	7,38E-04	±	3,50E-03	-8,75E-01	±	5,18E-01	2,90E-03	±	3,53E-03	99,9	153,0	±	2,8	310,8	±	5,3
# 4	4,91E-06	3,67E-02	±	4,46E-03	-2,22E+00	±	6,25E-01	8,17E-03	±	4,44E-03	93,2	148,7	±	3,7	302,7	±	6,9
# 5	4,80E-06	2,25E-02	±	3,27E-03	-8,33E-01	±	6,37E-01	5,42E-04	±	4,60E-03	95,7	149,4	±	3,3	304,0	±	6,1
# 6	8,50E-06	4,56E-03	±	1,85E-03	4,82E-02	±	3,77E-01	-4,54E-03	±	3,04E-03	99,1	148,7	±	2,2	302,8	±	4,1
# 7	4,61E-06	1,21E-02	±	3,43E-03	2,58E-01	±	8,53E-01	-5,31E-03	±	4,36E-03	97,7	152,2	±	3,9	309,3	±	7,3
# 8	5,07E-06	1,34E-02	±	2,92E-03	1,28E+00	±	6,48E-01	-5,31E-03	±	3,69E-03	97,3	144,9	±	3,4	295,6	±	6,5
# 9	2,34E-06	1,70E-02	±	6,61E-03	8,18E-01	±	1,34E+00	-9,16E-03	±	8,90E-03	96,7	145,4	±	5,6	296,5	±	10,6
Total	4,48E-05	1,55E-02	±	1,14E-03	-5,83E-02	±	2,22E-01	-4,85E-04	±	1,51E-03	97,0	149,3	±	1,1	303,9	±	3,6

9.1.2.2. CAR1

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K	³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K	³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K	% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K	Age (Ma)
Spot #		(± 1σ)	(± 1σ)	(± 1σ)		(± 1σ)	(± 1σ)

J = .2678E-02 ± .2849E-04																	
# 1	4,74E-05	5,33E-04	±	6,31E-04	2,82E-02	±	5,40E-02	-1,71E-03	±	6,99E-04	99,8	65,61	±	0,40	292,10	±	1,65
# 2	6,08E-05	4,39E-04	±	4,76E-04	1,42E-02	±	3,76E-02	-5,78E-04	±	5,45E-04	99,8	66,35	±	0,34	295,10	±	1,39
# 3	6,12E-05	2,01E-04	±	4,74E-04	-2,62E-03	±	3,72E-02	-6,56E-04	±	5,73E-04	99,9	67,80	±	0,35	301,00	±	1,45
# 4	5,34E-05	1,08E-03	±	5,52E-04	3,25E-02	±	4,43E-02	2,70E-04	±	7,40E-04	99,5	67,25	±	0,49	298,80	±	2,00
# 5	5,01E-05	9,98E-04	±	6,04E-04	-1,75E-02	±	4,57E-02	-3,79E-04	±	7,05E-04	99,6	66,18	±	0,45	294,40	±	1,83
# 6	6,50E-05	-1,06E-05	±	4,50E-04	-1,73E-02	±	3,52E-02	-7,31E-04	±	6,33E-04	100,0	66,17	±	0,29	294,30	±	1,19
# 7	5,08E-05	6,74E-04	±	5,93E-04	-2,07E-02	±	4,61E-02	8,53E-04	±	6,53E-04	99,7	66,08	±	0,31	294,00	±	1,28
# 8	4,75E-05	-6,98E-05	±	6,12E-04	2,53E-03	±	5,09E-02	-6,96E-05	±	7,09E-04	100,0	67,02	±	0,39	297,80	±	1,61
# 9	3,79E-05	-4,74E-04	±	3,29E-04	-7,31E-02	±	6,62E-02	-1,85E-03	±	8,45E-04	100,2	64,76	±	0,44	288,60	±	1,81
# 10	5,23E-05	6,12E-04	±	2,53E-04	-1,39E-02	±	4,65E-02	-1,25E-03	±	5,75E-04	99,7	64,99	±	0,40	289,50	±	1,63
# 11	4,64E-05	3,46E-04	±	2,82E-04	-4,23E-02	±	5,20E-02	-1,17E-03	±	1,05E-03	99,9	66,28	±	0,29	294,80	±	1,18
# 12	4,80E-05	7,76E-04	±	2,86E-04	-5,96E-02	±	5,08E-02	-6,90E-04	±	6,27E-04	99,7	65,80	±	0,46	292,90	±	1,89
# 13	4,72E-05	4,45E-04	±	3,21E-04	-7,98E-02	±	4,94E-02	-1,64E-05	±	7,51E-04	99,8	66,42	±	0,26	295,40	±	1,07
# 14	3,77E-05	1,19E-03	±	3,20E-04	2,01E-02	±	6,42E-02	4,36E-04	±	7,55E-04	99,5	66,41	±	0,42	295,40	±	1,72
# 15	4,49E-05	5,52E-04	±	2,91E-04	-1,13E-02	±	5,78E-02	1,05E-04	±	6,93E-04	99,8	66,90	±	0,57	297,40	±	2,34
# 16	7,83E-05	1,03E-03	±	1,37E-04	-1,92E-02	±	3,11E-02	-9,25E-04	±	4,70E-04	99,5	65,58	±	0,27	292,00	±	1,13
# 17	5,19E-05	6,29E-04	±	2,21E-04	5,63E-02	±	5,22E-02	-5,13E-04	±	8,72E-04	99,7	65,61	±	0,31	292,10	±	1,27
# 18	5,03E-05	8,23E-04	±	2,70E-04	-4,91E-02	±	5,06E-02	5,61E-05	±	8,24E-04	99,6	66,71	±	0,44	296,60	±	1,81
# 19	5,09E-05	5,12E-04	±	2,79E-04	-5,41E-04	±	4,68E-02	-1,73E-03	±	5,66E-04	99,8	65,51	±	0,36	291,70	±	1,47
# 20	7,00E-05	1,78E-03	±	1,88E-04	-1,42E-02	±	3,37E-02	-1,74E-04	±	4,69E-04	99,2	65,46	±	0,33	291,40	±	1,35
# 21	4,91E-05	-3,82E-05	±	2,57E-04	2,87E-02	±	4,79E-02	-5,07E-04	±	6,62E-04	100,0	67,82	±	0,28	301,10	±	1,15
# 22	4,96E-05	8,17E-04	±	2,59E-04	-3,20E-02	±	5,05E-02	1,47E-04	±	6,87E-04	99,6	67,19	±	0,33	298,50	±	1,33
# 23	4,97E-05	3,75E-03	±	2,98E-04	-1,05E-02	±	5,16E-02	-9,24E-04	±	7,27E-04	98,4	65,85	±	0,41	293,10	±	1,66
# 24	5,26E-05	2,14E-03	±	2,79E-04	-2,69E-02	±	4,59E-02	-8,63E-04	±	6,94E-04	99,1	66,35	±	0,38	295,10	±	1,57
# 25	4,59E-05	7,68E-03	±	3,35E-04	2,41E-02	±	5,46E-02	6,51E-04	±	6,75E-04	96,3	58,83	±	0,35	264,00	±	1,46
# 26	3,50E-05	5,65E-03	±	4,21E-04	-3,21E-02	±	6,93E-02	-1,22E-03	±	9,15E-04	97,6	66,50	±	0,32	295,70	±	1,31
# 27	4,61E-05	4,77E-03	±	3,44E-04	-2,99E-02	±	5,12E-02	-5,06E-04	±	8,80E-04	97,9	65,42	±	0,39	291,30	±	1,61
# 28	3,10E-05	1,30E-03	±	5,13E-04	-2,14E-02	±	8,60E-02	-1,02E-03	±	1,07E-03	99,4	65,77	±	0,46	292,70	±	1,90
# 29	4,51E-05	3,71E-03	±	4,07E-04	-4,73E-02	±	5,84E-02	-1,26E-03	±	7,81E-04	98,3	64,18	±	0,37	286,20	±	1,52
# 30	3,99E-05	1,44E-03	±	4,02E-04	-2,68E-02	±	5,91E-02	-1,16E-03	±	9,10E-04	99,4	66,91	±	0,54	297,40	±	2,22
# 31	4,90E-05	2,00E-03	±	4,17E-04	-6,70E-03	±	5,09E-02	-1,02E-03	±	6,50E-04	99,1	66,82	±	0,47	297,00	±	1,93
# 32	5,11E-05	3,60E-03	±	3,28E-04	-7,26E-03	±	4,94E-02	-9,37E-04	±	6,56E-04	98,4	66,23	±	0,35	294,60	±	1,42
# 33	5,13E-05	2,22E-03	±	3,11E-04	-9,31E-03	±	5,14E-02	-2,62E-04	±	8,57E-04	99,0	66,55	±	0,39	295,90	±	1,62
# 34	5,05E-05	2,45E-03	±	3,28E-04	-1,14E-02	±	5,41E-02	-1,06E-03	±	6,68E-04	98,9	66,42	±	0,42	295,40	±	1,72
# 35	4,99E-05	8,45E-03	±	3,97E-04	3,10E-02	±	5,05E-02	-1,88E-03	±	6,43E-04	96,4	66,60	±	0,33	296,10	±	1,37
# 36	5,20E-05	2,05E-03	±	3,79E-04	4,06E-02	±	5,17E-02	-1,41E-03	±	5,62E-04	99,1	67,41	±	0,32	299,50	±	1,30

# 37	6,96E-05	2,55E-03	±	2,64E-04	-2,29E-02	±	3,40E-02	-1,85E-03	±	4,90E-04	98,9	66,71	±	0,27	296,60	±	1,10
# 38	4,97E-05	1,64E-03	±	3,72E-04	4,99E-02	±	5,14E-02	-7,56E-04	±	7,08E-04	99,3	65,78	±	0,41	292,80	±	1,68
# 39	5,14E-05	1,63E-03	±	3,82E-04	-2,98E-02	±	4,74E-02	-1,47E-03	±	6,20E-04	99,3	66,21	±	0,46	294,50	±	1,89
# 40	5,07E-05	4,42E-03	±	3,28E-04	6,72E-02	±	5,19E-02	2,68E-04	±	6,17E-04	98,1	66,52	±	0,37	295,80	±	1,53
# 41	5,11E-05	2,05E-03	±	2,91E-04	-3,38E-02	±	5,00E-02	-1,99E-03	±	7,06E-04	99,1	66,06	±	0,36	293,90	±	1,47
# 42	5,05E-05	1,33E-03	±	3,23E-04	-5,86E-03	±	5,94E-02	-4,53E-05	±	9,49E-04	99,4	66,74	±	0,40	296,70	±	1,64
# 43	5,04E-05	2,55E-03	±	3,20E-04	2,82E-02	±	5,38E-02	-1,07E-03	±	7,90E-04	98,9	67,34	±	0,42	299,10	±	1,73
# 44	4,37E-05	1,87E-03	±	5,11E-04	-2,69E-02	±	5,52E-02	-8,56E-04	±	7,17E-04	99,2	65,84	±	0,35	293,00	±	1,46
# 45	4,86E-05	1,72E-03	±	4,89E-04	-3,70E-02	±	5,69E-02	1,84E-04	±	6,77E-04	99,3	67,63	±	0,42	300,40	±	1,71
# 46	1,55E-05	2,51E-03	±	1,42E-03	-6,39E-02	±	1,64E-01	-3,82E-03	±	1,62E-03	98,9	67,30	±	0,84	299,00	±	3,42
# 47	3,71E-05	7,30E-04	±	6,21E-04	-5,13E-02	±	6,56E-02	-1,30E-03	±	8,90E-04	99,7	65,78	±	0,45	292,80	±	1,84
# 48	4,68E-05	1,42E-03	±	5,24E-04	-6,63E-02	±	5,47E-02	-2,83E-05	±	6,65E-04	99,4	66,49	±	0,42	295,70	±	1,74
# 49	3,46E-05	6,74E-04	±	6,54E-04	-4,69E-02	±	7,43E-02	-1,54E-03	±	9,04E-04	99,7	67,52	±	0,58	299,90	±	2,38
# 50	4,14E-05	6,46E-04	±	5,25E-04	-6,92E-02	±	5,85E-02	1,88E-04	±	8,25E-04	99,7	66,70	±	0,39	296,50	±	1,61
# 51	6,87E-05	2,69E-03	±	3,29E-04	-2,32E-02	±	3,69E-02	2,53E-04	±	5,02E-04	98,8	65,99	±	0,34	293,60	±	1,41
# 52	5,07E-05	3,49E-03	±	4,44E-04	-6,89E-02	±	4,78E-02	-1,30E-05	±	6,08E-04	98,5	65,34	±	0,40	291,00	±	1,64
# 53	4,57E-05	3,22E-03	±	5,57E-04	-6,48E-02	±	5,24E-02	-8,78E-04	±	8,64E-04	98,6	65,25	±	0,39	290,60	±	1,62
# 54	5,07E-05	1,84E-03	±	4,19E-04	-5,53E-02	±	4,90E-02	7,55E-04	±	6,65E-04	99,2	66,55	±	0,43	295,90	±	1,77
# 55	5,03E-05	6,96E-03	±	4,89E-04	-6,26E-02	±	5,13E-02	1,23E-03	±	8,83E-04	97,0	67,18	±	0,41	298,50	±	1,69
# 56	5,08E-05	3,12E-03	±	4,19E-04	-4,35E-02	±	4,89E-02	-1,48E-03	±	6,08E-04	98,6	65,84	±	0,33	293,00	±	1,36
# 57	1,31E-05	4,35E-03	±	1,69E-03	-6,50E-03	±	2,20E-01	1,27E-03	±	2,39E-03	98,1	67,10	±	0,93	298,20	±	3,79
# 58	6,92E-05	4,56E-04	±	3,09E-04	-1,06E-02	±	3,90E-02	4,05E-04	±	5,09E-04	99,8	66,59	±	0,31	296,10	±	1,25
# 59	3,91E-05	2,02E-03	±	5,20E-04	9,19E-03	±	6,43E-02	-1,16E-03	±	8,31E-04	99,1	67,89	±	0,30	301,40	±	1,24
# 60	4,16E-05	1,87E-03	±	4,34E-04	4,12E-04	±	6,70E-02	-4,31E-04	±	7,36E-04	99,2	66,09	±	0,35	294,00	±	1,43
# 61	4,80E-05	9,18E-04	±	3,79E-04	1,80E-02	±	5,65E-02	-5,46E-04	±	9,77E-04	99,6	66,55	±	0,43	295,90	±	1,77
# 62	4,60E-05	1,96E-03	±	3,73E-04	4,65E-03	±	5,84E-02	-1,84E-03	±	6,79E-04	99,1	65,82	±	0,32	292,90	±	1,31
# 63	4,39E-05	1,37E-03	±	3,98E-04	-5,15E-02	±	5,78E-02	-1,63E-03	±	6,36E-04	99,4	67,06	±	0,38	298,00	±	1,55
# 64	4,05E-05	1,79E-04	±	4,43E-04	-7,13E-02	±	6,26E-02	1,95E-05	±	7,74E-04	99,9	66,97	±	0,35	297,70	±	1,43
# 65	7,37E-05	7,87E-04	±	2,45E-04	8,36E-03	±	3,59E-02	-1,01E-03	±	5,98E-04	99,7	66,52	±	0,33	295,80	±	1,37
# 66	4,76E-05	-2,68E-04	±	3,56E-04	4,66E-02	±	5,77E-02	-1,28E-03	±	6,99E-04	100,1	67,52	±	0,61	299,90	±	2,51
Total	3,22E-03	1,83E-03	±	4,99E-05	-1,48E-02	±	6,37E-03	-6,46E-04	±	8,84E-05	99,2	66,27	±	0,05	294,80	±	2,90

9.1.2.3. CAR2

	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$			$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$				$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$		$\% ^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$			Age (Ma)		
Spot #		$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$				$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$		
J = .2720E-02 $\pm$.3152E-04																	
# 1	5,07E-06	2,17E-02	$\pm$	2,32E-02	-9,34E-01	$\pm$	1,30E+00	-5,29E-04	$\pm$	1,09E-02	91,0	64,73	$\pm$	10,3	292,6	$\pm$	43
# 2	4,30E-06	-2,21E-02	$\pm$	2,75E-02	-9,17E-02	$\pm$	1,44E+00	-1,32E-02	$\pm$	1,32E-02	110,8	66,84	$\pm$	12,3	301,3	$\pm$	51
# 4	6,18E-06	2,77E-03	$\pm$	1,91E-02	-3,03E-01	$\pm$	1,04E+00	-4,12E-03	$\pm$	9,22E-03	98,7	60,55	$\pm$	8,5	275,1	$\pm$	36
# 5	5,12E-06	-3,88E-03	$\pm$	2,30E-02	1,56E+00	$\pm$	1,32E+00	3,33E-03	$\pm$	1,11E-02	101,8	65,11	$\pm$	10,4	294,2	$\pm$	43
# 6	6,10E-06	9,75E-03	$\pm$	1,93E-02	-4,80E-01	$\pm$	1,07E+00	8,41E-04	$\pm$	9,33E-03	95,9	67,36	$\pm$	8,7	303,5	$\pm$	36
# 7	5,83E-06	1,32E-02	$\pm$	2,03E-02	1,20E-01	$\pm$	1,10E+00	1,99E-03	$\pm$	9,59E-03	94,4	65,86	$\pm$	9,1	297,3	$\pm$	38
# 8	4,43E-06	1,21E-02	$\pm$	2,66E-02	-2,02E+00	$\pm$	1,45E+00	-9,40E-03	$\pm$	1,24E-02	95,3	72,14	$\pm$	12,0	323,2	$\pm$	49
# 9	1,71E-05	5,67E-03	$\pm$	1,54E-03	1,18E-01	$\pm$	3,39E-01	-1,91E-04	$\pm$	1,84E-03	97,5	66,53	$\pm$	0,75	300,0	$\pm$	3,1
# 10	1,81E-05	3,68E-03	$\pm$	1,36E-03	1,02E-02	$\pm$	3,03E-01	-1,71E-03	$\pm$	1,74E-03	98,3	64,02	$\pm$	0,70	289,6	$\pm$	2,9
# 11	1,80E-05	2,79E-03	$\pm$	1,39E-03	1,19E-01	$\pm$	3,12E-01	-1,45E-03	$\pm$	1,75E-03	98,8	66,85	$\pm$	0,71	301,4	$\pm$	2,9
# 12	1,77E-05	5,05E-03	$\pm$	1,28E-03	6,92E-02	$\pm$	3,49E-01	-2,21E-03	$\pm$	1,74E-03	97,8	65,23	$\pm$	0,69	294,7	$\pm$	2,9
# 13	1,69E-05	2,95E-03	$\pm$	1,47E-03	8,55E-02	$\pm$	3,20E-01	-2,79E-04	$\pm$	2,02E-03	98,7	67,56	$\pm$	0,77	304,3	$\pm$	3,2
# 14	1,77E-05	3,83E-03	$\pm$	1,41E-03	3,76E-02	$\pm$	3,07E-01	1,35E-03	$\pm$	1,82E-03	98,3	67,07	$\pm$	0,76	302,3	$\pm$	3,2
# 15	2,00E-05	5,50E-03	$\pm$	1,21E-03	3,11E-03	$\pm$	2,66E-01	1,81E-03	$\pm$	1,60E-03	97,5	63,68	$\pm$	0,55	288,2	$\pm$	2,3
# 16	1,73E-05	3,12E-03	$\pm$	1,36E-03	-3,26E-02	$\pm$	3,20E-01	-5,11E-04	$\pm$	1,70E-03	98,6	66,77	$\pm$	1,01	301,0	$\pm$	4,2
# 17	1,90E-05	4,72E-03	$\pm$	1,23E-03	3,32E-01	$\pm$	3,00E-01	1,81E-03	$\pm$	1,55E-03	97,9	65,38	$\pm$	0,62	295,3	$\pm$	2,6
# 18	2,01E-05	4,15E-03	$\pm$	1,25E-03	2,69E-02	$\pm$	2,71E-01	-1,32E-03	$\pm$	1,58E-03	98,2	65,61	$\pm$	0,73	296,2	$\pm$	3,0
# 19	1,70E-05	3,76E-03	$\pm$	1,65E-03	1,23E-03	$\pm$	3,41E-01	-1,86E-03	$\pm$	1,96E-03	98,3	63,47	$\pm$	0,76	287,3	$\pm$	3,2
# 20	1,71E-05	4,72E-03	$\pm$	1,63E-03	-1,75E-01	$\pm$	3,35E-01	-1,41E-03	$\pm$	1,75E-03	97,8	61,51	$\pm$	0,69	279,1	$\pm$	2,9
# 21	1,40E-05	4,01E-03	$\pm$	2,03E-03	-4,46E-01	$\pm$	3,79E-01	-2,70E-03	$\pm$	2,10E-03	98,3	67,30	$\pm$	1,04	303,2	$\pm$	4,3
# 22	1,46E-05	3,08E-03	$\pm$	2,02E-03	-2,50E-01	$\pm$	3,88E-01	-1,04E-03	$\pm$	2,10E-03	98,7	67,22	$\pm$	0,93	302,9	$\pm$	3,9
# 23	1,41E-05	1,64E-03	$\pm$	1,99E-03	1,53E-01	$\pm$	3,91E-01	-1,08E-03	$\pm$	2,23E-03	99,3	64,87	$\pm$	0,95	293,1	$\pm$	4,0
# 24	1,34E-05	5,92E-03	$\pm$	2,25E-03	-2,38E-01	$\pm$	3,97E-01	-1,03E-03	$\pm$	2,77E-03	97,1	58,00	$\pm$	0,86	264,3	$\pm$	3,6
# 25	1,34E-05	7,31E-03	$\pm$	2,29E-03	1,58E-01	$\pm$	4,57E-01	2,12E-04	$\pm$	2,29E-03	96,0	51,93	$\pm$	0,83	238,4	$\pm$	3,6
# 26	1,77E-05	1,12E-02	$\pm$	1,59E-03	2,57E-01	$\pm$	3,51E-01	4,45E-04	$\pm$	2,04E-03	94,0	51,95	$\pm$	0,61	238,4	$\pm$	2,6
# 27	1,84E-05	2,03E-03	$\pm$	1,61E-03	-1,04E-01	$\pm$	3,04E-01	6,98E-04	$\pm$	1,82E-03	99,1	66,03	$\pm$	0,87	298,0	$\pm$	3,6
# 28	1,90E-05	1,97E-03	$\pm$	1,53E-03	1,72E-01	$\pm$	3,23E-01	-2,33E-03	$\pm$	1,55E-03	99,1	66,66	$\pm$	0,81	300,6	$\pm$	3,4
# 29	1,88E-05	1,32E-03	$\pm$	1,47E-03	3,80E-01	$\pm$	3,39E-01	3,55E-04	$\pm$	1,95E-03	99,4	66,38	$\pm$	0,81	299,4	$\pm$	3,4
# 30	2,00E-05	4,26E-03	$\pm$	8,88E-04	-3,94E-01	$\pm$	2,94E-01	-5,57E-03	$\pm$	1,56E-03	98,0	62,30	$\pm$	0,73	282,4	$\pm$	3,1
# 31	1,68E-05	4,55E-03	$\pm$	9,28E-04	9,09E-02	$\pm$	3,73E-01	-1,34E-03	$\pm$	1,74E-03	98,0	65,11	$\pm$	0,87	294,1	$\pm$	3,6
# 32	1,74E-05	2,94E-03	$\pm$	9,39E-04	-6,12E-01	$\pm$	3,16E-01	-3,88E-03	$\pm$	1,78E-03	98,6	62,35	$\pm$	0,84	282,6	$\pm$	3,5

# 33	1,58E-05	2,35E-03	±	1,03E-03	1,05E-01	±	3,60E-01	-2,67E-03	±	2,04E-03	98,9	64,54	±	0,98	291,7	±	4,1
# 34	1,74E-05	5,13E-03	±	1,15E-03	-3,49E-01	±	3,10E-01	-1,54E-03	±	1,86E-03	97,8	66,18	±	0,93	298,6	±	3,9
# 35	1,34E-05	5,50E-03	±	1,16E-03	-1,24E-01	±	4,14E-01	-2,45E-03	±	2,13E-03	97,6	66,07	±	1,20	298,1	±	5,0
# 36	1,95E-05	2,63E-03	±	9,26E-04	-1,15E-01	±	3,20E-01	3,38E-03	±	1,81E-03	98,8	64,16	±	0,83	290,2	±	3,5
# 37	2,06E-05	2,05E-03	±	8,05E-04	1,77E-01	±	3,47E-01	-2,05E-03	±	1,43E-03	99,0	60,05	±	0,72	272,9	±	3,0
# 38	1,70E-05	1,88E-03	±	9,18E-04	5,91E-02	±	3,47E-01	3,67E-04	±	2,15E-03	99,1	63,33	±	0,84	286,7	±	3,5
# 39	1,95E-05	5,13E-04	±	8,54E-04	-1,38E-01	±	3,22E-01	-2,52E-03	±	1,70E-03	99,8	64,72	±	0,79	292,5	±	3,3
# 40	1,71E-05	1,88E-04	±	9,07E-04	-3,51E-01	±	3,23E-01	2,29E-03	±	2,25E-03	99,9	61,14	±	0,80	277,5	±	3,4
# 41	1,91E-05	1,73E-03	±	7,73E-04	-3,51E-01	±	3,07E-01	-7,79E-04	±	1,62E-03	99,2	62,14	±	0,79	281,7	±	3,3
# 42	1,30E-05	5,68E-03	±	1,84E-03	-4,42E-02	±	4,92E-01	-2,50E-03	±	2,29E-03	97,6	67,76	±	0,72	305,2	±	3,0
# 43	1,29E-05	8,13E-03	±	2,08E-03	-1,06E-02	±	5,54E-01	-1,11E-03	±	2,41E-03	96,5	66,37	±	0,99	299,4	±	4,1
# 44	1,29E-05	2,51E-03	±	1,98E-03	-3,28E-01	±	4,75E-01	-2,42E-03	±	2,37E-03	98,9	64,53	±	0,80	291,7	±	3,3
# 45	1,33E-05	2,97E-03	±	1,79E-03	-2,94E-01	±	4,76E-01	-4,57E-04	±	2,43E-03	98,7	67,58	±	0,80	304,4	±	3,3
# 46	1,35E-05	1,79E-03	±	1,83E-03	-3,69E-01	±	4,60E-01	-7,83E-04	±	2,30E-03	99,2	68,50	±	0,83	308,2	±	3,4
# 47	1,05E-05	3,08E-03	±	2,30E-03	-7,01E-01	±	6,15E-01	-1,80E-03	±	2,98E-03	98,6	64,18	±	1,19	290,3	±	5,0
# 48	1,46E-05	7,46E-03	±	1,79E-03	-3,54E-01	±	4,37E-01	6,08E-04	±	2,29E-03	96,8	65,67	±	0,74	296,5	±	3,1
# 49	1,76E-05	5,88E-03	±	1,42E-03	-3,14E-01	±	3,29E-01	-1,27E-03	±	1,83E-03	97,4	64,52	±	0,66	291,7	±	2,8
# 50	1,60E-05	2,83E-03	±	1,55E-03	-4,79E-02	±	3,67E-01	-2,57E-03	±	1,97E-03	98,7	65,28	±	0,62	294,8	±	2,6
# 51	1,50E-05	3,02E-03	±	1,65E-03	-3,68E-01	±	4,09E-01	3,57E-03	±	2,30E-03	98,7	67,03	±	0,79	302,2	±	3,3
# 52	1,33E-05	2,60E-03	±	1,87E-03	2,11E-01	±	4,53E-01	2,11E-03	±	2,28E-03	98,9	67,04	±	0,73	302,2	±	3,0
# 53	1,49E-05	7,02E-04	±	1,67E-03	6,03E-02	±	4,25E-01	9,41E-05	±	2,02E-03	99,7	65,09	±	0,73	294,1	±	3,0
# 54	1,57E-05	3,13E-03	±	1,67E-03	-2,40E-01	±	3,74E-01	-5,91E-04	±	2,17E-03	98,6	66,71	±	0,84	300,8	±	3,5
# 55	1,08E-05	2,38E-03	±	2,52E-03	-1,20E-01	±	6,60E-01	1,03E-03	±	3,03E-03	99,0	67,44	±	1,01	303,8	±	4,2
# 56	1,28E-05	3,43E-04	±	2,08E-03	-2,38E-01	±	5,09E-01	-1,71E-03	±	2,31E-03	99,9	67,24	±	0,92	303,0	±	3,8
# 57	1,21E-05	1,59E-03	±	2,23E-03	-6,56E-01	±	5,01E-01	-2,77E-03	±	2,79E-03	99,3	68,59	±	0,92	308,6	±	3,8
# 58	1,34E-05	3,39E-03	±	1,98E-03	2,89E-02	±	5,10E-01	-1,35E-03	±	2,31E-03	98,5	65,27	±	0,94	294,8	±	3,9
# 59	1,95E-05	2,03E-03	±	1,39E-03	-1,71E-01	±	3,33E-01	-5,38E-05	±	1,89E-03	99,1	64,49	±	0,63	291,6	±	2,6
# 60	1,98E-05	3,27E-03	±	1,36E-03	-1,69E-01	±	3,18E-01	-1,15E-03	±	1,69E-03	98,6	66,18	±	0,60	298,6	±	2,5
# 61	1,78E-05	1,83E-03	±	1,54E-03	-3,51E-01	±	3,40E-01	-6,61E-05	±	1,79E-03	99,2	65,13	±	0,78	294,2	±	3,2
# 62	1,62E-05	1,56E-03	±	1,66E-03	-7,92E-01	±	3,61E-01	3,01E-03	±	1,90E-03	99,3	66,55	±	0,91	300,1	±	3,8
# 63	1,66E-05	2,68E-03	±	1,61E-03	-3,16E-01	±	3,74E-01	-4,58E-05	±	1,75E-03	98,8	64,71	±	0,71	292,5	±	3,0
# 64	1,84E-05	2,98E-03	±	1,45E-03	-3,77E-01	±	3,27E-01	-1,41E-03	±	1,68E-03	98,7	66,26	±	0,80	299,0	±	3,3
# 65	1,68E-05	4,64E-03	±	1,64E-03	-1,24E-01	±	3,64E-01	2,41E-03	±	2,27E-03	97,9	63,02	±	0,72	285,4	±	3,0
# 66	1,66E-05	1,97E-03	±	1,60E-03	-1,87E-01	±	3,76E-01	4,33E-03	±	2,07E-03	99,1	65,55	±	0,84	296,0	±	3,5
# 67	1,44E-05	2,43E-03	±	1,64E-03	-4,11E-01	±	4,42E-01	-1,89E-03	±	2,34E-03	98,9	66,74	±	1,00	300,9	±	4,2
# 68	1,40E-05	-2,75E-04	±	1,66E-03	1,96E-02	±	4,68E-01	-3,87E-03	±	2,12E-03	100,1	64,95	±	0,94	293,5	±	3,9
# 69	1,53E-05	1,92E-03	±	1,56E-03	7,64E-02	±	4,58E-01	8,87E-04	±	2,18E-03	99,1	61,01	±	0,93	277,0	±	3,9

# 70	1,65E-05	2,23E-03	±	1,40E-03	-3,22E-01	±	3,89E-01	-1,02E-03	±	2,15E-03	99,0	61,97	±	0,63	281,0	±	2,7
# 71	1,42E-05	1,42E-03	±	1,61E-03	-2,74E-01	±	4,58E-01	3,73E-03	±	2,03E-03	99,4	66,07	±	0,80	298,2	±	3,3
# 72	1,34E-05	1,61E-03	±	1,74E-03	4,87E-02	±	5,20E-01	2,86E-03	±	2,41E-03	99,2	61,58	±	0,96	279,4	±	4,1
# 73	1,38E-05	1,14E-03	±	1,65E-03	1,11E-01	±	4,66E-01	-1,71E-03	±	2,47E-03	99,5	67,12	±	0,67	302,5	±	2,8
# 74	1,56E-05	2,50E-03	±	1,49E-03	6,51E-01	±	4,21E-01	1,03E-03	±	2,11E-03	98,9	64,47	±	0,72	291,5	±	3,0
# 75	1,72E-05	1,52E-03	±	1,39E-03	-8,75E-01	±	3,63E-01	3,25E-03	±	1,94E-03	99,3	65,11	±	0,68	294,1	±	2,8
# 76	1,63E-05	2,36E-03	±	1,51E-03	-1,75E-01	±	4,01E-01	-1,17E-03	±	2,04E-03	99,0	66,83	±	0,72	301,3	±	3,0
# 77	1,70E-05	2,82E-03	±	1,44E-03	-7,28E-02	±	3,68E-01	-1,94E-03	±	1,79E-03	98,7	61,47	±	0,66	278,9	±	2,8
# 78	1,72E-05	9,29E-04	±	1,47E-03	-2,26E-01	±	4,31E-01	2,91E-04	±	2,26E-03	99,6	65,20	±	0,73	294,5	±	3,0
# 79	1,91E-05	1,11E-03	±	1,18E-03	-1,25E-02	±	3,29E-01	-3,65E-04	±	1,66E-03	99,5	64,68	±	0,67	292,4	±	2,8
# 80	1,60E-05	9,50E-03	±	1,40E-03	3,28E-02	±	3,86E-01	-1,88E-03	±	1,85E-03	95,9	65,79	±	0,76	297,0	±	3,2
# 81	1,55E-05	5,53E-03	±	1,46E-03	-3,41E-01	±	4,30E-01	3,62E-04	±	2,00E-03	97,5	63,80	±	0,86	288,7	±	3,6
# 82	1,61E-05	5,04E-04	±	1,35E-03	-1,68E-02	±	3,98E-01	-1,41E-03	±	1,78E-03	99,8	65,20	±	0,87	294,5	±	3,6
# 83	1,52E-05	2,20E-03	±	1,57E-03	-4,29E-01	±	4,36E-01	-9,31E-04	±	2,06E-03	99,0	66,99	±	0,68	302,0	±	2,8
# 84	1,33E-05	2,78E-03	±	1,64E-03	-1,02E-01	±	5,12E-01	1,42E-04	±	2,67E-03	98,6	59,69	±	0,90	271,4	±	3,8
# 85	1,60E-05	4,17E-03	±	1,39E-03	1,90E-01	±	4,22E-01	2,26E-04	±	1,97E-03	98,2	68,74	±	0,98	309,2	±	4,0
# 86	1,69E-05	2,07E-03	±	1,28E-03	-6,29E-02	±	3,86E-01	-1,87E-03	±	1,77E-03	99,1	64,93	±	0,87	293,4	±	3,6
# 87	1,60E-05	3,67E-03	±	1,42E-03	-2,50E-01	±	4,25E-01	8,64E-04	±	2,19E-03	98,3	61,59	±	0,93	279,4	±	3,9
# 88	1,59E-05	3,89E-03	±	1,39E-03	-1,71E-01	±	4,12E-01	2,32E-03	±	2,33E-03	98,3	64,92	±	0,70	293,3	±	2,9
# 89	1,83E-05	4,13E-03	±	1,25E-03	-2,52E-01	±	3,91E-01	-1,71E-03	±	1,98E-03	97,8	54,05	±	0,56	247,5	±	2,4
# 90	1,61E-05	5,14E-05	±	1,43E-03	6,09E-02	±	4,23E-01	-3,40E-03	±	1,98E-03	100,0	65,10	±	0,67	294,1	±	2,8
# 91	1,68E-05	3,27E-03	±	1,42E-03	-3,04E-01	±	4,04E-01	-1,12E-03	±	2,22E-03	98,5	62,93	±	0,64	285,0	±	2,7
# 92	1,27E-05	4,78E-03	±	1,99E-03	5,03E-01	±	6,52E-01	-3,87E-03	±	2,50E-03	98,0	69,16	±	1,15	311,0	±	4,7
# 93	1,52E-05	3,20E-03	±	1,54E-03	-2,44E-01	±	4,67E-01	-1,82E-03	±	2,02E-03	98,6	64,07	±	0,72	289,8	±	3,0
# 94	1,50E-05	4,61E-03	±	1,65E-03	-4,40E-01	±	4,54E-01	-1,52E-03	±	2,05E-03	97,7	57,60	±	0,67	262,5	±	2,9
# 95	1,53E-05	1,96E-03	±	1,75E-03	-1,94E-01	±	4,71E-01	-2,87E-03	±	2,01E-03	99,2	69,06	±	0,71	310,5	±	2,9
# 96	1,40E-05	5,67E-04	±	1,79E-03	-3,34E-01	±	5,46E-01	-4,08E-03	±	2,37E-03	99,8	67,02	±	0,87	302,1	±	3,6
# 97	1,22E-05	2,76E-03	±	1,97E-03	-7,41E-01	±	5,86E-01	-3,49E-04	±	2,70E-03	98,8	68,26	±	1,02	307,2	±	4,2
# 98	1,43E-05	3,10E-03	±	1,84E-03	-4,93E-01	±	4,80E-01	-1,91E-04	±	2,07E-03	98,6	66,69	±	0,86	300,7	±	3,6
# 99	1,31E-05	-3,22E-07	±	1,82E-03	-8,98E-01	±	5,26E-01	5,62E-04	±	2,36E-03	100,0	67,01	±	0,90	302,0	±	3,7
# 100	1,52E-05	1,67E-03	±	1,58E-03	-4,00E-01	±	4,48E-01	-1,26E-03	±	2,30E-03	99,3	65,89	±	0,81	297,4	±	3,4
# 101	1,64E-05	1,55E-03	±	1,42E-03	-5,21E-01	±	4,00E-01	-8,85E-04	±	2,00E-03	99,3	65,16	±	0,66	294,3	±	2,8
# 102	1,57E-05	2,91E-03	±	1,47E-03	-2,41E-01	±	4,53E-01	-1,47E-03	±	2,04E-03	98,7	65,12	±	0,87	294,2	±	3,6
# 103	1,85E-05	2,87E-03	±	1,33E-03	-3,81E-01	±	3,78E-01	1,93E-03	±	1,82E-03	98,7	63,78	±	0,62	288,6	±	2,6
# 104	1,69E-05	2,78E-03	±	1,42E-03	-2,55E-02	±	4,48E-01	-8,00E-04	±	2,09E-03	98,8	64,87	±	0,67	293,2	±	2,8
# 105	1,83E-05	2,53E-03	±	1,42E-03	-4,58E-01	±	3,57E-01	-1,77E-03	±	1,84E-03	98,9	65,38	±	0,87	295,3	±	3,6
# 106	1,54E-05	3,21E-03	±	1,79E-03	1,43E-01	±	4,96E-01	-2,62E-03	±	1,91E-03	98,6	64,33	±	0,76	290,9	±	3,2

# 107	1,34E-05	1,58E-03	±	2,04E-03	1,56E-02	±	5,11E-01	1,66E-04	±	2,67E-03	99,2	59,76	±	0,91	271,7	±	3,8
# 108	1,69E-05	3,83E-03	±	1,64E-03	-8,26E-02	±	4,18E-01	-2,16E-03	±	1,77E-03	98,0	56,72	±	0,73	258,8	±	3,1
# 109	1,74E-05	1,88E-03	±	1,59E-03	-1,88E-01	±	3,92E-01	-4,60E-04	±	2,00E-03	99,1	63,79	±	0,77	288,6	±	3,2
# 110	1,69E-05	1,68E-03	±	1,59E-03	-3,43E-01	±	4,39E-01	1,85E-06	±	2,25E-03	99,3	66,86	±	0,82	301,4	±	3,4
# 111	1,92E-05	5,50E-04	±	1,40E-03	-1,24E-01	±	4,20E-01	-2,73E-03	±	1,82E-03	99,7	61,04	±	0,59	277,1	±	2,5
# 112	1,87E-05	1,83E-03	±	1,49E-03	-1,63E-01	±	4,03E-01	1,66E-03	±	1,82E-03	99,2	66,30	±	0,69	299,1	±	2,9
# 113	2,18E-05	3,48E-03	±	1,28E-03	4,48E-02	±	3,23E-01	-1,00E-03	±	1,64E-03	98,5	66,14	±	0,60	298,5	±	2,5
# 114	2,15E-05	2,46E-03	±	1,26E-03	-2,72E-01	±	3,13E-01	1,11E-03	±	1,53E-03	98,9	66,14	±	0,60	298,4	±	2,5
# 115	1,88E-05	3,36E-03	±	1,42E-03	-1,88E-01	±	3,91E-01	-1,44E-03	±	1,58E-03	98,5	65,94	±	0,69	297,6	±	2,9
# 116	1,96E-05	3,75E-03	±	1,48E-03	-1,33E-01	±	3,49E-01	7,20E-04	±	1,87E-03	98,4	66,22	±	0,64	298,8	±	2,7
# 117	2,15E-05	4,45E-03	±	1,24E-03	-1,99E-01	±	3,41E-01	1,03E-04	±	1,49E-03	98,0	65,06	±	0,63	293,9	±	2,6
# 118	1,57E-05	1,39E-02	±	1,45E-03	-4,35E-02	±	4,68E-01	-1,60E-03	±	2,00E-03	93,9	63,11	±	0,82	285,8	±	3,4
# 119	1,39E-05	3,94E-03	±	1,51E-03	-4,75E-01	±	5,36E-01	-3,60E-03	±	2,16E-03	98,1	60,66	±	0,86	275,5	±	3,6
# 120	1,66E-05	3,18E-03	±	1,34E-03	2,80E-01	±	4,26E-01	-3,22E-03	±	1,89E-03	98,6	64,89	±	0,64	293,2	±	2,7
# 121	1,70E-05	3,32E-03	±	1,35E-03	-4,48E-01	±	4,05E-01	-5,48E-05	±	2,03E-03	98,5	63,93	±	0,75	289,2	±	3,1
# 122	1,75E-05	1,55E-03	±	1,20E-03	-5,67E-02	±	4,28E-01	1,45E-04	±	1,79E-03	99,3	67,07	±	0,94	302,3	±	3,9
# 123	1,71E-05	1,51E-03	±	1,27E-03	-5,36E-01	±	4,40E-01	-3,37E-04	±	1,91E-03	99,3	64,66	±	0,82	292,2	±	3,4
# 124	1,81E-05	-1,17E-03	±	1,13E-03	2,43E-01	±	4,70E-01	1,42E-03	±	1,70E-03	100,5	67,40	±	0,64	303,7	±	2,6
# 125	1,77E-05	2,82E-03	±	1,20E-03	9,26E-03	±	4,05E-01	1,08E-03	±	1,69E-03	98,8	66,66	±	0,63	300,6	±	2,6
# 126	1,69E-05	3,83E-04	±	1,27E-03	-2,35E-03	±	4,23E-01	-2,39E-03	±	1,89E-03	99,8	66,99	±	0,78	302,0	±	3,2
# 127	1,62E-05	3,21E-03	±	1,30E-03	-4,19E-01	±	4,46E-01	-1,74E-03	±	2,06E-03	98,6	66,36	±	0,76	299,4	±	3,2
# 128	1,63E-05	3,70E-03	±	1,29E-03	-2,00E-01	±	4,56E-01	-3,68E-03	±	2,04E-03	98,4	65,65	±	0,69	296,4	±	2,9
# 129	1,42E-05	2,29E-03	±	1,48E-03	2,16E-01	±	6,25E-01	4,66E-04	±	2,22E-03	98,9	60,18	±	0,71	273,5	±	3,0
# 130	1,30E-05	1,20E-03	±	1,62E-03	-2,11E-01	±	5,49E-01	-1,46E-03	±	2,46E-03	99,4	57,58	±	0,89	262,5	±	3,8
# 131	1,05E-05	1,27E-03	±	1,74E-03	3,17E-01	±	7,66E-01	-3,63E-03	±	2,88E-03	99,2	47,32	±	0,73	218,4	±	3,2
# 132	1,20E-05	6,72E-04	±	1,48E-03	-8,35E-01	±	5,81E-01	-6,29E-03	±	2,47E-03	99,6	54,24	±	0,68	248,2	±	2,9
# 133	1,24E-05	4,17E-03	±	1,55E-03	-1,97E-01	±	5,68E-01	-3,80E-03	±	2,40E-03	98,2	65,48	±	0,90	295,7	±	3,8
# 134	1,21E-05	4,09E-03	±	1,71E-03	3,24E-01	±	6,01E-01	-4,99E-03	±	2,58E-03	98,3	68,55	±	0,92	308,4	±	3,8
# 135	1,35E-05	4,37E-03	±	1,33E-03	-9,48E-01	±	5,74E-01	-2,80E-03	±	2,26E-03	98,1	66,76	±	0,82	301,0	±	3,4
# 136	1,69E-05	5,04E-03	±	1,18E-03	-3,54E-01	±	4,49E-01	-2,93E-03	±	1,75E-03	97,7	62,78	±	0,72	284,4	±	3,0
# 137	9,28E-06	9,18E-03	±	2,11E-03	-2,31E-01	±	8,30E-01	-1,87E-03	±	3,14E-03	93,9	41,58	±	0,95	193,3	±	4,2
# 138	1,70E-05	3,33E-03	±	1,21E-03	-6,34E-01	±	4,28E-01	-3,53E-04	±	1,77E-03	98,5	63,45	±	0,66	287,2	±	2,8
# 139	1,27E-05	6,24E-03	±	1,43E-03	2,48E-01	±	5,94E-01	1,38E-03	±	2,34E-03	97,2	64,80	±	0,69	292,8	±	2,9
# 140	1,67E-05	3,28E-03	±	1,11E-03	-3,69E-01	±	4,46E-01	-2,06E-03	±	1,98E-03	98,3	54,97	±	0,56	251,4	±	2,4
# 141	1,67E-05	5,62E-03	±	1,25E-03	-2,81E-01	±	4,48E-01	-3,09E-03	±	1,86E-03	97,4	63,23	±	0,68	286,3	±	2,9
# 142	1,72E-05	3,15E-03	±	1,09E-03	-2,29E-01	±	4,28E-01	-1,03E-04	±	1,85E-03	98,6	63,02	±	0,63	285,4	±	2,6
# 143	1,38E-05	5,01E-03	±	1,49E-03	-4,37E-01	±	5,22E-01	1,84E-03	±	2,19E-03	97,8	64,92	±	0,78	293,4	±	3,3

# 144	1,20E-05	2,84E-03	±	1,65E-03	-3,87E-01	±	6,82E-01	-2,67E-03	±	2,60E-03	98,7	61,62	±	1,02	279,5	±	4,3
# 145	1,36E-05	5,43E-03	±	1,43E-03	-6,96E-01	±	5,68E-01	-9,17E-04	±	2,27E-03	97,4	60,75	±	0,71	275,9	±	3,0
# 146	1,24E-05	6,58E-03	±	1,70E-03	-3,97E-01	±	6,11E-01	-7,65E-04	±	2,59E-03	97,2	67,61	±	0,83	304,6	±	3,4
# 147	1,39E-05	1,74E-03	±	1,17E-03	-4,00E-02	±	5,81E-01	-3,93E-03	±	2,07E-03	99,2	62,38	±	0,73	282,7	±	3,0
# 148	1,46E-05	8,31E-04	±	1,16E-03	-1,10E+00	±	5,13E-01	-2,12E-03	±	2,10E-03	99,6	66,78	±	0,66	301,1	±	2,7
# 149	1,04E-05	3,93E-03	±	1,72E-03	-4,25E-01	±	6,84E-01	-3,82E-03	±	3,30E-03	98,1	61,34	±	0,90	278,4	±	3,8
# 150	1,71E-05	2,16E-03	±	1,11E-03	-7,20E-01	±	4,58E-01	-3,16E-03	±	1,97E-03	99,1	67,38	±	0,70	303,6	±	2,9
# 151	8,80E-06	2,14E-03	±	1,97E-03	-2,25E-01	±	8,37E-01	-4,07E-04	±	3,39E-03	99,1	65,59	±	0,98	296,2	±	4,1
# 152	1,15E-05	5,85E-04	±	1,50E-03	-7,31E-01	±	6,82E-01	-9,73E-04	±	2,82E-03	99,7	66,83	±	0,76	301,3	±	3,1
# 153	1,59E-05	-1,39E-03	±	1,09E-03	-3,43E-01	±	5,01E-01	-2,85E-04	±	1,87E-03	100,6	65,27	±	0,70	294,8	±	2,9
# 154	1,46E-05	2,48E-03	±	1,22E-03	2,11E-01	±	5,26E-01	1,25E-03	±	2,16E-03	98,9	68,20	±	0,74	307,0	±	3,0
# 155	1,38E-05	1,64E-03	±	1,23E-03	-8,56E-01	±	5,16E-01	1,55E-03	±	2,30E-03	99,2	62,89	±	0,62	284,9	±	2,6
# 156	1,43E-05	3,81E-03	±	1,34E-03	-6,97E-01	±	5,20E-01	-1,28E-03	±	2,23E-03	98,3	63,28	±	0,93	286,5	±	3,9
Total	2,38E-03	3,12E-03	±	1,78E-04	-1,87E-01	±	3,53E-02	-8,37E-04	±	1,77E-04	98,6	64,31	±	0,09	290,8	±	3,1

9.1.2.4. CAR3

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2728E-02 ± .3164E-04																	
# 1	3,27E-05	3,76E-03	±	2,55E-03	-1,74E-02	±	3,02E-02	-2,68E-03	±	1,10E-03	98,33	65,27	±	1,16	295,7	±	4.8
# 2	3,55E-05	1,63E-03	±	2,35E-03	-3,58E-02	±	2,76E-02	-2,74E-03	±	9,90E-04	99,27	65,61	±	1,135	297,1	±	4.7
# 3	3,65E-05	2,31E-03	±	2,27E-03	-6,73E-03	±	2,81E-02	3,56E-04	±	1,37E-03	98,86	59,26	±	1,038	270,4	±	4.4
# 4	3,15E-05	3,37E-03	±	2,66E-03	-7,99E-03	±	3,23E-02	7,12E-04	±	1,20E-03	98,72	76,87	±	1,423	343,5	±	5.8
# 5	3,28E-05	-6,16E-04	±	2,53E-03	1,36E-03	±	3,21E-02	2,15E-04	±	1,06E-03	100,3	68,31	±	1,236	308,3	±	5.1
# 6	2,90E-05	3,57E-03	±	2,86E-03	1,73E-02	±	3,67E-02	-1,86E-03	±	1,20E-03	98,39	64,64	±	1,305	293	±	5.5
# 7	1,15E-05	2,30E-03	±	7,31E-03	3,64E-02	±	9,27E-02	-1,27E-03	±	2,67E-03	98,89	60,49	±	3,271	275,6	±	13.8
# 8	1,87E-05	1,72E-03	±	1,13E-03	8,73E-03	±	6,09E-02	6,45E-04	±	1,45E-03	99,14	58,25	±	0,585	266,1	±	2.5
# 9	3,32E-05	1,51E-03	±	6,21E-04	2,40E-03	±	3,40E-02	-1,19E-03	±	1,11E-03	99,28	61,43	±	0,4082	279,6	±	1.7
# 10	3,34E-05	1,22E-03	±	6,42E-04	3,90E-02	±	3,25E-02	-7,75E-04	±	1,11E-03	99,43	62,93	±	0,4356	285,8	±	1.8
# 11	3,17E-05	-1,39E-03	±	1,66E-03	3,11E-02	±	3,46E-02	-8,44E-04	±	1,37E-03	100,7	62,51	±	2,062	284,1	±	8.7
# 12	3,80E-05	9,18E-04	±	6,09E-04	2,16E-03	±	2,82E-02	-2,48E-03	±	7,91E-04	99,57	62,94	±	0,4476	285,9	±	1.9
# 13	3,42E-05	8,53E-04	±	6,07E-04	2,03E-02	±	3,21E-02	-1,05E-03	±	9,13E-04	99,61	64,12	±	0,542	290,9	±	2.3
# 14	3,45E-05	9,44E-04	±	6,50E-04	1,83E-02	±	3,19E-02	1,40E-03	±	1,24E-03	99,57	64,93	±	0,443	294,2	±	1.9
# 15	3,66E-05	1,00E-03	±	6,10E-04	-1,03E-02	±	3,06E-02	-1,99E-03	±	9,26E-04	99,54	64,15	±	0,423	291	±	1.8

# 16	3,38E-05	9,78E-04	±	6,87E-04	-1,48E-02	±	3,31E-02	9,06E-05	±	1,21E-03	99,56	65,79	±	0,4455	297,8	±	1.9
# 17	3,48E-05	8,05E-04	±	6,37E-04	3,93E-03	±	3,18E-02	-1,44E-03	±	8,50E-04	99,63	63,98	±	0,4766	290,3	±	2.0
# 18	3,48E-05	2,41E-03	±	6,01E-04	6,20E-03	±	3,26E-02	-5,64E-04	±	9,43E-04	98,92	65,24	±	0,3581	295,5	±	1.5
# 19	3,03E-05	3,14E-03	±	7,62E-04	2,09E-02	±	3,75E-02	2,76E-06	±	1,14E-03	98,49	60,31	±	0,6147	274,8	±	2.6
# 20	2,46E-05	2,59E-03	±	9,40E-04	-7,53E-03	±	4,42E-02	-1,31E-03	±	1,16E-03	98,74	60,1	±	0,5404	273,9	±	2.3
# 21	2,14E-05	2,40E-03	±	1,03E-03	-7,99E-03	±	5,43E-02	-3,18E-04	±	1,41E-03	98,54	47,66	±	0,5593	220,6	±	2.4
# 22	3,51E-05	1,50E-03	±	6,08E-04	-1,34E-02	±	3,12E-02	-7,11E-04	±	8,67E-04	99,31	64,01	±	0,4019	290,4	±	1.7
# 23	4,05E-05	2,09E-03	±	5,61E-04	-1,55E-02	±	2,79E-02	-5,44E-04	±	7,79E-04	99,04	64,02	±	0,4061	290,4	±	1.7
# 24	3,86E-05	3,62E-04	±	5,45E-04	-1,45E-02	±	2,79E-02	-1,51E-03	±	9,25E-04	99,84	65,23	±	0,4287	295,5	±	1.8
# 25	3,24E-05	1,82E-03	±	7,84E-04	1,12E-02	±	3,57E-02	-1,64E-03	±	1,09E-03	99,17	64,04	±	0,6199	290,5	±	2.6
# 26	3,04E-05	1,38E-03	±	7,86E-04	-2,84E-02	±	3,67E-02	-3,57E-03	±	9,49E-04	99,39	66,45	±	0,3898	300,6	±	1.6
# 27	3,32E-05	1,66E-03	±	6,94E-04	-2,16E-02	±	3,42E-02	7,12E-04	±	1,12E-03	99,26	65,62	±	0,4986	297,1	±	2.1
# 28	3,40E-05	6,14E-04	±	6,95E-04	-1,26E-02	±	3,38E-02	-1,37E-03	±	9,69E-04	99,72	65,77	±	0,5319	297,7	±	2.2
# 29	3,42E-05	1,21E-03	±	6,78E-04	-3,62E-03	±	3,44E-02	-1,63E-03	±	1,15E-03	99,46	65,64	±	0,385	297,2	±	1.6
# 30	3,56E-05	1,76E-03	±	6,76E-04	1,63E-02	±	3,11E-02	-2,67E-03	±	8,17E-04	99,22	65,89	±	0,3479	298,3	±	1.5
# 31	3,58E-05	4,97E-05	±	7,01E-04	-1,95E-02	±	3,09E-02	-2,20E-03	±	8,03E-04	99,98	65,97	±	0,3943	298,6	±	1.6
# 32	3,51E-05	-4,69E-04	±	6,80E-04	-2,70E-02	±	3,18E-02	6,39E-04	±	1,02E-03	100,2	65,88	±	0,4612	298,2	±	1.9
# 33	3,51E-05	1,03E-03	±	7,05E-04	-1,87E-02	±	3,17E-02	-1,27E-04	±	9,73E-04	99,53	64,74	±	0,4354	293,5	±	1.8
# 34	3,39E-05	1,10E-04	±	7,25E-04	1,59E-02	±	3,48E-02	-1,53E-03	±	9,56E-04	99,95	65,89	±	0,4098	298,2	±	1.7
# 35	3,34E-05	9,47E-04	±	7,14E-04	-1,59E-02	±	3,38E-02	-2,90E-04	±	1,36E-03	99,58	65,77	±	0,4621	297,7	±	1.9
# 36	3,37E-05	4,78E-03	±	7,96E-04	1,63E-03	±	3,24E-02	-2,40E-03	±	9,86E-04	97,9	65,85	±	0,511	298,1	±	2.1
# 37	3,29E-05	5,88E-04	±	6,90E-04	5,89E-02	±	3,47E-02	7,88E-04	±	9,93E-04	99,74	65,78	±	0,3983	297,8	±	1.7
# 38	3,22E-05	2,77E-03	±	7,16E-04	-1,57E-02	±	3,56E-02	-1,71E-03	±	1,03E-03	98,78	66,41	±	0,4557	300,4	±	1.9
# 39	3,35E-05	1,55E-03	±	7,23E-04	1,29E-02	±	3,56E-02	1,28E-03	±	9,39E-04	99,31	65,87	±	0,389	298,2	±	1.6
# 40	3,29E-05	2,10E-03	±	6,90E-04	-1,77E-02	±	3,51E-02	-1,47E-04	±	1,09E-03	99,04	63,94	±	0,4634	290,1	±	1.9
# 41	3,11E-05	9,65E-03	±	8,11E-04	3,13E-03	±	3,66E-02	-3,22E-03	±	9,91E-04	95,83	65,6	±	0,5772	297,1	±	2.4
# 42	2,53E-05	4,85E-04	±	1,03E-03	2,52E-02	±	4,63E-02	1,41E-03	±	1,20E-03	99,79	66,67	±	0,4839	301,5	±	2.0
# 43	2,67E-05	1,81E-03	±	9,47E-04	-6,30E-03	±	3,96E-02	-8,02E-04	±	1,39E-03	99,19	65,86	±	0,7318	298,1	±	3.1
# 44	2,61E-05	1,10E-03	±	9,89E-04	-1,92E-02	±	4,19E-02	-2,08E-03	±	1,42E-03	99,5	65,06	±	0,4734	294,8	±	2.0
# 45	2,64E-05	2,49E-03	±	1,06E-03	-6,21E-03	±	4,49E-02	-2,18E-03	±	1,27E-03	98,89	65,39	±	0,524	296,1	±	2.2
# 46	2,78E-05	1,55E-03	±	1,02E-03	2,84E-02	±	4,11E-02	4,29E-04	±	1,17E-03	99,31	65,56	±	0,4959	296,9	±	2.1
# 47	2,86E-05	2,49E-03	±	9,82E-04	8,88E-03	±	3,94E-02	-4,30E-03	±	1,11E-03	98,89	65,24	±	0,3928	295,6	±	1.6
# 48	2,56E-05	1,05E-03	±	1,03E-03	1,80E-02	±	4,35E-02	-2,08E-03	±	1,49E-03	99,52	64,82	±	0,5251	293,8	±	2.2
# 49	2,87E-05	5,58E-03	±	1,00E-03	2,92E-02	±	3,86E-02	-6,45E-04	±	1,12E-03	97,55	65,64	±	0,504	297,2	±	2.1
# 50	2,76E-05	2,43E-03	±	9,95E-04	2,96E-02	±	4,39E-02	-2,43E-04	±	1,29E-03	98,91	65,18	±	0,4609	295,3	±	1.9
# 51	2,66E-05	1,32E-03	±	1,02E-03	1,77E-02	±	4,33E-02	-8,17E-04	±	1,18E-03	99,42	67,11	±	0,6378	303,3	±	2.7
# 52	2,42E-05	1,46E-03	±	1,06E-03	-1,02E-02	±	4,41E-02	1,31E-03	±	1,56E-03	99,34	65,35	±	0,598	296	±	2.5

# 53	2,26E-05	-2,62E-04	±	1,19E-03	2,62E-02	±	4,77E-02	-2,45E-03	±	1,41E-03	100,1	66,58	±	0,5723	301,1	±	2.4
# 54	2,36E-05	2,66E-03	±	1,10E-03	8,35E-03	±	4,58E-02	-1,92E-03	±	1,34E-03	98,83	66,5	±	0,5463	300,8	±	2.3
# 55	3,15E-05	6,78E-04	±	8,42E-04	2,58E-02	±	3,58E-02	-1,66E-03	±	9,05E-04	99,7	65,89	±	0,4632	298,3	±	1.9
# 56	3,12E-05	2,73E-03	±	8,57E-04	3,97E-02	±	3,61E-02	-5,36E-04	±	1,10E-03	98,74	63,27	±	0,4618	287,3	±	1.9
# 57	2,43E-05	5,50E-03	±	1,06E-03	3,46E-02	±	4,55E-02	-1,81E-03	±	1,19E-03	97,45	62,14	±	0,6295	282,6	±	2.6
# 58	2,43E-05	4,01E-03	±	1,09E-03	3,19E-02	±	4,60E-02	-4,71E-03	±	1,39E-03	98,16	63,1	±	0,4353	286,6	±	1.8
# 59	1,84E-05	5,95E-03	±	1,55E-03	3,94E-02	±	7,68E-02	6,01E-04	±	2,04E-03	97,36	64,83	±	0,7544	293,8	±	3.2
# 60	2,81E-05	3,01E-03	±	1,06E-03	2,92E-02	±	5,19E-02	-2,76E-03	±	1,26E-03	98,64	64,69	±	0,4584	293,2	±	1.9
# 61	2,85E-05	3,61E-03	±	1,01E-03	1,17E-02	±	5,20E-02	-1,25E-04	±	1,39E-03	98,42	66,38	±	0,6703	300,3	±	2.8
# 62	2,79E-05	1,97E-03	±	1,21E-03	-3,39E-02	±	4,85E-02	-2,94E-03	±	1,55E-03	99,11	65,16	±	0,6717	295,2	±	2.8
# 63	2,74E-05	4,05E-03	±	1,14E-03	5,34E-02	±	5,14E-02	-2,54E-03	±	1,50E-03	98,18	64,39	±	0,6242	292	±	2.6
# 64	2,30E-05	3,10E-03	±	1,34E-03	2,84E-02	±	6,35E-02	-1,41E-03	±	1,52E-03	98,59	64,28	±	0,7651	291,5	±	3.2
# 65	2,82E-05	1,21E-03	±	1,14E-03	-3,47E-02	±	4,92E-02	-9,30E-04	±	1,38E-03	99,45	64,34	±	0,4765	291,8	±	2.0
# 66	2,80E-05	4,45E-03	±	1,13E-03	1,05E-02	±	4,98E-02	-2,10E-04	±	1,22E-03	98,04	65,86	±	0,422	298,1	±	1.8
# 67	2,75E-05	2,63E-03	±	1,17E-03	2,01E-02	±	5,28E-02	1,67E-04	±	1,17E-03	98,83	65,7	±	0,605	297,5	±	2.5
# 68	3,17E-05	3,84E-03	±	1,05E-03	1,97E-02	±	4,30E-02	8,25E-05	±	1,25E-03	98,28	65,01	±	0,5449	294,6	±	2.3
# 69	3,12E-05	4,47E-03	±	1,06E-03	2,20E-02	±	4,46E-02	-8,44E-04	±	1,35E-03	97,96	63,27	±	0,4937	287,3	±	2.1
# 70	2,54E-05	1,73E-03	±	1,22E-03	1,34E-02	±	5,80E-02	6,17E-04	±	1,33E-03	99,23	65,9	±	0,6844	298,3	±	2.9
# 71	2,57E-05	3,63E-04	±	1,21E-03	-2,49E-02	±	5,47E-02	-2,88E-04	±	1,47E-03	99,84	65,31	±	0,5271	295,8	±	2.2
# 72	2,31E-05	1,42E-03	±	1,49E-03	1,05E-02	±	5,84E-02	-8,95E-04	±	1,63E-03	99,35	64,02	±	0,7344	290,4	±	3.1
# 73	1,91E-05	1,36E-03	±	1,66E-03	-5,36E-02	±	6,99E-02	-6,07E-04	±	1,74E-03	99,4	66,36	±	0,6383	300,2	±	2.7
# 74	3,17E-05	9,81E-04	±	1,04E-03	-8,96E-03	±	4,38E-02	-1,92E-03	±	1,15E-03	99,55	63,7	±	0,6573	289,1	±	2.8
# 75	3,38E-05	1,68E-03	±	9,21E-04	2,85E-02	±	3,98E-02	-1,47E-03	±	1,04E-03	99,22	62,82	±	0,525	285,4	±	2.2
# 76	2,77E-05	3,51E-03	±	7,98E-04	4,38E-02	±	5,21E-02	-1,57E-03	±	1,85E-03	98,4	63,89	±	0,6201	289,9	±	2.6
# 77	3,39E-05	1,38E-03	±	5,52E-04	6,98E-02	±	4,20E-02	-9,95E-04	±	1,12E-03	99,36	63,34	±	0,4296	287,6	±	1.8
# 78	3,19E-05	1,77E-03	±	5,49E-04	6,06E-03	±	4,18E-02	-1,82E-03	±	1,14E-03	99,18	62,83	±	0,3049	285,4	±	1.3
# 79	2,22E-05	8,86E-04	±	1,02E-03	-6,07E-03	±	6,06E-02	-2,58E-03	±	1,50E-03	99,5	51,58	±	0,5376	237,6	±	2.3
# 80	2,68E-05	8,53E-04	±	7,73E-04	5,62E-02	±	5,37E-02	-3,37E-04	±	1,55E-03	99,44	44,58	±	0,4675	207,1	±	2.1
# 81	3,07E-05	1,34E-03	±	6,34E-04	-3,59E-02	±	4,42E-02	-1,14E-03	±	1,27E-03	99,31	56,57	±	0,5132	259	±	2.2
# 82	2,57E-05	1,61E-03	±	6,93E-04	-1,38E-02	±	5,68E-02	7,52E-04	±	1,28E-03	99,19	58,25	±	0,4912	266,1	±	2.1
# 83	2,98E-05	1,85E-03	±	6,70E-04	-1,90E-02	±	4,55E-02	-6,02E-04	±	1,23E-03	99,04	56,51	±	0,4557	258,7	±	1.9
# 84	7,46E-06	4,09E-03	±	2,75E-03	-1,40E-01	±	1,87E-01	-2,34E-03	±	4,73E-03	94,73	21,74	±	0,8871	104	±	4.1
# 85	7,87E-06	3,84E-03	±	2,45E-03	-7,66E-02	±	1,75E-01	4,86E-03	±	4,11E-03	97,51	44,37	±	1,051	206,2	±	4.6
# 86	2,40E-05	4,56E-03	±	1,01E-03	5,66E-03	±	6,63E-02	-1,86E-03	±	1,35E-03	97,87	62,02	±	0,6271	282	±	2.6
# 87	2,99E-05	3,62E-03	±	6,81E-04	-4,26E-02	±	4,70E-02	-6,36E-04	±	1,19E-03	98,34	63,45	±	0,3985	288	±	1.7
# 88	2,50E-05	2,33E-03	±	9,13E-04	7,94E-03	±	5,40E-02	-8,93E-04	±	1,53E-03	98,92	62,72	±	0,5879	285	±	2.5
# 89	1,77E-05	2,93E-03	±	1,39E-03	-6,87E-02	±	7,70E-02	-2,92E-03	±	2,05E-03	98,47	55,93	±	0,6271	256,2	±	2.7

# 90	2,58E-05	1,25E-03	±	8,51E-04	1,28E-02	±	6,26E-02	-1,18E-03	±	1,40E-03	99,41	62,68	±	0,5518	284,8	±	2.3
# 91	2,96E-05	2,07E-03	±	8,28E-04	-3,21E-02	±	4,92E-02	-3,08E-03	±	1,21E-03	98,94	57,12	±	0,3989	261,3	±	1.7
# 92	2,38E-05	4,57E-03	±	9,65E-04	-6,55E-03	±	5,82E-02	-1,08E-03	±	1,48E-03	97,72	58,01	±	0,4841	265,1	±	2.1
# 93	2,09E-05	4,31E-03	±	1,21E-03	2,14E-02	±	7,36E-02	4,45E-04	±	1,63E-03	97,79	56,43	±	0,5606	258,4	±	2.4
# 94	3,06E-05	1,28E-03	±	7,83E-04	4,12E-02	±	4,32E-02	-1,13E-03	±	1,18E-03	99,4	63,21	±	0,5388	287	±	2.3
# 95	3,05E-05	6,99E-04	±	7,15E-04	-7,10E-03	±	4,59E-02	9,38E-04	±	1,12E-03	99,69	65,59	±	0,4074	297	±	1.7
# 96	3,01E-05	1,05E-03	±	8,47E-04	2,20E-02	±	4,52E-02	1,19E-03	±	1,51E-03	99,53	65,37	±	0,5685	296,1	±	2.4
# 97	2,59E-05	1,39E-03	±	8,85E-04	-6,41E-02	±	5,58E-02	-1,88E-03	±	1,44E-03	99,39	67,11	±	0,5818	303,3	±	2.4
# 98	2,65E-05	8,51E-03	±	1,02E-03	-1,84E-02	±	5,80E-02	4,38E-04	±	1,50E-03	96,28	65,15	±	0,4562	295,1	±	1.9
# 99	2,28E-05	2,38E-03	±	1,03E-03	2,32E-02	±	6,52E-02	-3,73E-03	±	1,56E-03	98,92	64,36	±	0,7186	291,9	±	3.0
# 100	2,09E-05	2,22E-03	±	1,32E-03	-6,64E-02	±	7,11E-02	7,78E-04	±	1,68E-03	98,99	64,44	±	0,6402	292,2	±	2.7
# 101	2,41E-05	2,32E-03	±	1,02E-03	-1,50E-02	±	6,54E-02	1,71E-03	±	1,34E-03	99	67,65	±	0,7112	305,6	±	3.0
# 102	2,58E-05	4,13E-03	±	8,99E-04	-6,03E-03	±	7,01E-02	-1,87E-03	±	1,42E-03	98,08	62,25	±	0,5873	283	±	2.5
# 103	5,57E-06	6,44E-03	±	4,30E-03	-1,07E-01	±	2,55E-01	-2,01E-03	±	5,79E-03	96,32	49,75	±	1,871	229,6	±	8.1
# 104	2,68E-05	2,28E-03	±	8,17E-04	-5,56E-03	±	5,85E-02	1,80E-03	±	1,34E-03	98,96	63,92	±	0,428	290	±	1.8
# 105	2,63E-05	2,56E-04	±	9,06E-04	3,22E-02	±	6,13E-02	-1,01E-03	±	1,39E-03	99,89	66,45	±	0,6188	300,6	±	2.6
# 106	2,53E-05	2,68E-03	±	9,46E-04	-2,46E-02	±	6,02E-02	-1,15E-03	±	1,47E-03	98,77	63,87	±	0,5021	289,8	±	2.1
# 107	2,75E-05	5,95E-04	±	8,96E-04	-3,29E-02	±	5,33E-02	-1,23E-03	±	1,36E-03	99,73	64,29	±	0,6905	291,6	±	2.9
# 108	2,42E-05	2,67E-03	±	1,01E-03	-8,24E-02	±	6,42E-02	-7,72E-04	±	1,42E-03	98,76	63,11	±	0,4515	286,6	±	1.9
# 109	1,32E-05	8,48E-04	±	1,97E-03	1,26E-02	±	1,13E-01	2,76E-03	±	2,66E-03	99,61	63,81	±	0,9895	289,5	±	4.1
# 110	2,41E-05	1,47E-03	±	1,00E-03	1,12E-03	±	6,23E-02	2,10E-03	±	1,59E-03	99,33	64,36	±	0,5787	291,9	±	2.4
# 111	2,63E-05	9,81E-04	±	9,42E-04	1,14E-02	±	5,77E-02	9,53E-04	±	1,32E-03	99,56	66,16	±	0,4996	299,4	±	2.1
# 112	2,37E-05	3,13E-03	±	9,25E-04	-2,59E-02	±	6,10E-02	1,70E-03	±	1,68E-03	98,61	65,33	±	0,6659	295,9	±	2.8
# 113	1,99E-05	5,00E-03	±	1,53E-03	5,62E-02	±	8,13E-02	-2,01E-03	±	1,81E-03	97,83	66,55	±	0,9	301	±	3.7
# 114	2,15E-05	4,81E-03	±	1,48E-03	-8,03E-02	±	7,48E-02	-1,97E-03	±	1,53E-03	97,88	65,63	±	0,6032	297,2	±	2.5
# 115	2,28E-05	1,65E-03	±	1,37E-03	4,12E-02	±	7,62E-02	-8,33E-04	±	1,37E-03	99,27	66,57	±	0,7441	301,1	±	3.1
# 116	2,27E-05	9,54E-04	±	1,33E-03	2,26E-02	±	7,20E-02	-5,71E-04	±	1,55E-03	99,58	67,1	±	0,6772	303,3	±	2.8
# 117	2,41E-05	6,89E-03	±	1,29E-03	-7,10E-03	±	6,54E-02	-1,68E-04	±	1,44E-03	96,99	65,6	±	0,6023	297	±	2.5
# 118	2,36E-05	6,80E-04	±	1,33E-03	-2,36E-02	±	6,90E-02	-7,44E-04	±	1,51E-03	99,7	65,73	±	0,5048	297,6	±	2.1
# 120	2,67E-05	1,09E-03	±	1,21E-03	8,72E-03	±	6,02E-02	-2,10E-03	±	1,26E-03	99,5	64,88	±	0,548	294	±	2.3
# 121	1,87E-05	3,19E-03	±	1,70E-03	6,32E-02	±	9,43E-02	1,15E-03	±	1,79E-03	98,53	63,22	±	0,8194	287,1	±	3.4
# 122	2,38E-05	1,43E-03	±	1,34E-03	7,93E-02	±	6,55E-02	6,56E-04	±	1,54E-03	99,35	64,71	±	0,5805	293,3	±	2.4
# 123	2,29E-05	2,39E-04	±	1,41E-03	1,56E-02	±	6,74E-02	-1,84E-03	±	1,53E-03	99,89	66,86	±	0,6518	302,3	±	2.7
# 124	2,61E-05	2,15E-03	±	1,29E-03	2,66E-02	±	5,98E-02	-1,10E-03	±	1,33E-03	99,05	66,07	±	0,6088	299	±	2.5
# 125	2,53E-05	2,69E-03	±	1,20E-03	4,18E-02	±	6,07E-02	-1,86E-03	±	1,50E-03	98,8	65,33	±	0,7113	295,9	±	3.0
# 126	2,40E-05	3,00E-03	±	1,32E-03	7,72E-03	±	6,46E-02	-3,25E-03	±	1,36E-03	98,66	65,25	±	0,6257	295,6	±	2.6
# 127	2,71E-05	7,00E-03	±	1,17E-03	2,91E-02	±	5,88E-02	-7,84E-04	±	1,21E-03	96,91	64,91	±	0,5397	294,1	±	2.3

# 128	2,17E-05	2,18E-03	±	1,41E-03	7,13E-02	±	7,34E-02	-4,17E-03	±	1,48E-03	98,91	58,51	±	0,5519	267,2	±	2.3
# 129	1,24E-05	1,43E-03	±	2,46E-03	-7,25E-02	±	1,34E-01	-3,71E-03	±	2,53E-03	99,32	61,36	±	0,8694	279,2	±	3.7
# 130	1,70E-05	1,50E-03	±	1,77E-03	-2,16E-02	±	9,75E-02	-5,82E-03	±	1,93E-03	99,29	61,6	±	0,6947	280,2	±	2.9
# 131	1,80E-05	2,75E-03	±	1,76E-03	3,91E-03	±	8,73E-02	-3,25E-03	±	1,78E-03	98,71	62,21	±	0,9035	282,8	±	3.8
# 132	1,83E-05	1,82E-03	±	1,68E-03	1,46E-04	±	8,36E-02	-2,75E-03	±	2,04E-03	99,18	65,49	±	0,694	296,6	±	2.9
# 133	2,24E-05	3,30E-03	±	1,31E-03	-2,05E-02	±	7,05E-02	-5,23E-04	±	1,56E-03	98,43	61,02	±	0,4946	277,8	±	2.1
# 134	2,05E-05	7,40E-04	±	1,51E-03	-1,21E-02	±	7,99E-02	-1,18E-03	±	1,53E-03	99,66	64,92	±	0,7223	294,2	±	3.0
# 135	2,02E-05	2,67E-03	±	1,51E-03	-3,67E-02	±	7,79E-02	6,13E-04	±	1,72E-03	98,82	66,03	±	0,7288	298,8	±	3.0
# 136	1,84E-05	2,06E-04	±	1,65E-03	-3,16E-03	±	8,68E-02	-5,97E-04	±	1,83E-03	99,91	64,16	±	0,994	291	±	4.2
# 137	1,86E-05	8,20E-04	±	1,65E-03	1,36E-02	±	9,29E-02	-1,02E-03	±	1,76E-03	99,63	64,7	±	0,8168	293,3	±	3.4
# 138	1,51E-05	2,22E-03	±	2,15E-03	4,78E-02	±	1,16E-01	-2,41E-03	±	2,32E-03	98,54	44,28	±	0,8184	205,8	±	3.6
# 139	1,71E-05	2,64E-03	±	1,86E-03	-1,76E-02	±	9,78E-02	8,74E-04	±	2,00E-03	98,45	49,55	±	0,7033	228,8	±	3.1
# 140	1,35E-05	5,55E-03	±	2,24E-03	-6,92E-02	±	1,27E-01	3,03E-03	±	2,76E-03	97,02	53,44	±	0,9119	245,5	±	3.9
# 141	2,58E-05	2,67E-03	±	1,19E-03	-4,95E-03	±	6,07E-02	-3,59E-04	±	1,28E-03	98,69	59,48	±	0,4728	271,3	±	2.0
# 142	3,19E-06	9,75E-03	±	1,00E-02	-2,40E-01	±	4,98E-01	-9,60E-03	±	9,90E-03	92,61	36,1	±	3,215	169,5	±	14.4
# 143	1,77E-05	1,73E-03	±	1,76E-03	1,38E-01	±	9,54E-02	-1,59E-03	±	1,87E-03	99,09	55,79	±	0,7332	255,6	±	3.1
# 144	1,85E-05	2,57E-03	±	1,88E-03	-1,67E-02	±	9,58E-02	-3,85E-03	±	1,85E-03	98,78	61,22	±	0,8335	278,7	±	3.5
# 145	1,83E-05	1,92E-03	±	1,89E-03	-6,50E-02	±	8,92E-02	-2,55E-03	±	1,97E-03	99,09	61,88	±	0,6959	281,4	±	2.9
# 146	1,91E-05	2,73E-03	±	1,66E-03	-6,80E-02	±	8,87E-02	7,44E-04	±	1,75E-03	98,69	61,01	±	0,6612	277,8	±	2.8
# 147	1,27E-05	4,90E-03	±	2,52E-03	-4,60E-02	±	1,27E-01	2,43E-03	±	2,69E-03	97,78	63,81	±	1,002	289,6	±	4.2
# 148	1,32E-05	3,23E-03	±	2,50E-03	-3,82E-02	±	1,21E-01	-2,22E-03	±	2,54E-03	98,51	63,0	±	1,048	286,2	±	4.4
# 149	1,74E-05	1,68E-03	±	1,84E-03	-1,09E-02	±	9,60E-02	2,34E-04	±	2,46E-03	99,21	62,32	±	0,6518	283,3	±	2.7
# 150	1,92E-05	1,11E-03	±	1,68E-03	2,99E-02	±	8,66E-02	-8,75E-04	±	1,80E-03	99,47	62,02	±	0,6974	282	±	2.9
# 151	1,87E-05	2,18E-03	±	1,68E-03	-9,85E-02	±	8,89E-02	-2,61E-03	±	1,85E-03	98,93	59,75	±	0,729	272,5	±	3.1
# 152	1,90E-05	-1,27E-03	±	1,67E-03	2,30E-02	±	8,43E-02	4,81E-04	±	2,03E-03	100,6	58,85	±	0,7435	268,6	±	3.2
Total	3,91E-03	2,15E-03	±	1,01E-04	1,39E-03	±	4,35E-03	-9,71E-04	±	1,11E-04	99,01	63,51	±	0,05439	288,3	±	3.1

9.1.2.5. CAR4

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
Première partie																	
# 1	2,81E-05	6,48E-02	±	1,57E-03	4,72E-02	±	9,19E-02	-1,38E-03	±	2,02E-03	77,6	66,5	±	7,36E-01	299,1	±	3.1
# 2	4,95E-05	1,09E-01	±	1,25E-03	-8,00E-02	±	4,93E-02	-9,67E-04	±	1,23E-03	67,0	65,2	±	5,29E-01	293,6	±	2.2
# 3	7,16E-05	1,04E-01	±	1,33E-03	-2,96E-02	±	3,26E-02	1,34E-03	±	1,11E-03	68,2	65,6	±	4,86E-01	295,5	±	2.0

# 4	4,99E-05	7,74E-02	±	1,21E-03	-6,04E-03	±	4,95E-02	-2,47E-03	±	1,24E-03	74,3	66,2	±	6,50E-01	297,8	±	2.7
# 5	4,95E-05	5,05E-01	±	3,16E-03	1,18E-01	±	5,04E-02	-3,44E-03	±	2,06E-03	31,7	69,3	±	7,36E-01	310,7	±	3.0
# 6	5,54E-05	2,08E-01	±	1,48E-03	-4,39E-02	±	3,56E-02	-3,13E-03	±	1,12E-03	52,3	67,5	±	4,84E-01	303,2	±	2.0
# 7	2,19E-05	1,56E-01	±	3,08E-03	4,09E-01	±	1,27E-01	-1,70E-03	±	2,24E-03	59,5	67,8	±	1,17E+00	304,5	±	4.9
# 8	2,62E-05	8,17E-02	±	4,28E-03	-7,61E-02	±	1,43E-01	7,16E-04	±	1,56E-03	73,5	66,7	±	1,73E+00	300,2	±	7.2
# 9	4,37E-05	4,54E-02	±	2,46E-03	-7,72E-03	±	1,54E-01	-1,26E-03	±	1,22E-03	83,2	66,3	±	1,07E+00	298,2	±	4.4
# 10	4,63E-05	1,08E-01	±	2,41E-03	7,72E-03	±	1,47E-01	1,01E-03	±	1,37E-03	67,9	67,3	±	9,66E-01	302,6	±	4.0
# 11	4,59E-05	1,87E-01	±	1,72E-03	3,55E-02	±	1,47E-01	-2,63E-03	±	8,21E-04	54,0	64,7	±	6,96E-01	291,9	±	2.9
# 12	4,34E-05	4,30E-02	±	1,30E-03	1,83E-01	±	1,71E-01	5,80E-04	±	8,35E-04	84,1	67,0	±	6,96E-01	301,3	±	2.9
# 13	4,40E-05	5,92E-02	±	1,33E-03	5,37E-03	±	1,61E-01	-3,79E-04	±	9,37E-04	79,0	65,8	±	6,53E-01	296,2	±	2.7
# 14	4,54E-05	6,81E-02	±	1,39E-03	4,87E-02	±	1,58E-01	-2,43E-03	±	7,03E-04	76,5	65,7	±	6,69E-01	295,9	±	2.8
# 15	4,97E-05	1,05E-01	±	1,33E-03	-5,52E-02	±	1,37E-01	-7,46E-04	±	1,02E-03	67,8	65,3	±	6,00E-01	294,4	±	2.5
# 16	4,39E-05	4,67E-02	±	1,44E-03	2,88E-02	±	1,64E-01	-2,55E-03	±	9,58E-04	82,3	64,1	±	5,73E-01	289,4	±	2.4
# 17	4,52E-05	1,93E-02	±	1,26E-03	-6,24E-02	±	1,63E-01	2,85E-05	±	8,83E-04	92,1	66,9	±	6,61E-01	300,9	±	2.7
# 18	4,82E-05	4,03E-02	±	1,24E-03	-1,63E-02	±	1,47E-01	-1,23E-03	±	8,18E-04	84,8	66,6	±	6,27E-01	299,6	±	2.6
# 19	4,68E-05	8,23E-02	±	1,41E-03	2,49E-02	±	1,49E-01	-4,64E-04	±	8,62E-04	72,8	65,0	±	6,89E-01	293,2	±	2.9
# 20	4,24E-05	1,46E-01	±	1,98E-03	-7,08E-02	±	1,60E-01	4,19E-04	±	1,25E-03	60,6	66,4	±	7,37E-01	298,8	±	3.1
# 21	4,65E-05	4,34E-02	±	9,20E-04	-3,52E-02	±	1,39E-01	-1,67E-03	±	1,06E-03	84,1	67,7	±	5,08E-01	304,1	±	2.1
# 22	4,26E-05	1,74E-01	±	1,75E-03	-3,95E-02	±	1,51E-01	-8,81E-06	±	1,40E-03	56,5	67,0	±	6,00E-01	301,3	±	2.5
# 23	3,87E-05	1,49E-01	±	2,32E-03	-7,53E-02	±	1,78E-01	5,52E-04	±	1,21E-03	60,6	67,6	±	9,27E-01	304	±	3.8
# 24	4,52E-05	2,29E-01	±	2,44E-03	2,69E-03	±	1,52E-01	-1,72E-03	±	1,71E-03	49,5	66,5	±	8,55E-01	299,3	±	3.5
# 25	4,17E-05	2,11E-01	±	2,36E-03	-3,64E-02	±	1,63E-01	2,07E-03	±	1,16E-03	51,8	67,1	±	8,75E-01	301,9	±	3.6
# 26	4,33E-05	5,54E-01	±	5,01E-03	-1,27E-01	±	1,59E-01	-2,73E-03	±	1,97E-03	29,2	67,6	±	1,09E+00	303,9	±	4.5
# 27	4,17E-05	2,12E-01	±	2,73E-03	1,17E-01	±	1,70E-01	-2,95E-03	±	1,31E-03	52,1	68,1	±	9,71E-01	305,8	±	4.0
# 28	4,37E-05	1,88E-01	±	2,03E-03	1,74E-03	±	1,58E-01	-1,30E-03	±	1,27E-03	55,0	67,8	±	7,91E-01	304,7	±	3.3
# 29	4,24E-05	4,28E-01	±	3,81E-03	-1,53E-01	±	1,67E-01	2,36E-04	±	1,79E-03	34,9	67,7	±	1,00E+00	304,1	±	4.1
# 30	4,24E-05	6,99E-02	±	1,92E-03	2,58E-03	±	1,62E-01	-1,39E-03	±	1,44E-03	76,4	67,0	±	8,44E-01	301,2	±	3.5
# 31	3,69E-05	9,77E-02	±	2,42E-03	-9,33E-02	±	1,75E-01	-2,52E-03	±	2,36E-03	70,2	68,1	±	1,20E+00	305,8	±	4.9
# 32	4,07E-05	9,39E-02	±	2,23E-03	-5,79E-02	±	1,49E-01	-1,98E-03	±	2,23E-03	70,7	67,1	±	1,09E+00	301,6	±	4.5
# 33	4,52E-05	2,58E-01	±	3,24E-03	2,23E-01	±	1,51E-01	1,98E-03	±	1,93E-03	46,2	65,4	±	1,18E+00	294,8	±	4.9
# 34	4,08E-05	2,03E-01	±	2,74E-03	-3,60E-02	±	1,52E-01	-5,42E-04	±	2,18E-03	52,9	67,4	±	1,19E+00	302,8	±	4.9
# 35	3,99E-05	1,13E-01	±	2,30E-03	2,65E-02	±	1,52E-01	3,41E-03	±	2,38E-03	66,6	66,7	±	1,14E+00	300	±	4.7
# 36	4,13E-05	2,81E-01	±	3,40E-03	-1,51E-02	±	1,45E-01	2,96E-03	±	2,87E-03	45,0	67,8	±	1,28E+00	304,5	±	5.3
# 37	4,17E-05	5,90E-01	±	4,29E-03	1,09E-01	±	1,52E-01	5,35E-03	±	3,04E-03	27,7	66,8	±	1,26E+00	300,3	±	5.2
# 38	4,19E-05	1,15E-01	±	8,72E-04	-2,92E-02	±	1,56E-01	-4,06E-03	±	2,41E-03	65,7	65,4	±	3,52E-01	294,5	±	1.5
# 39	4,66E-05	3,11E-01	±	2,62E-03	5,19E-02	±	1,38E-01	-3,64E-03	±	1,96E-03	41,2	64,5	±	7,52E-01	290,7	±	3.1
# 40	3,00E-05	8,05E-01	±	5,14E-03	6,10E-02	±	2,15E-01	-6,23E-03	±	3,24E-03	20,0	59,5	±	1,27E+00	270,1	±	5.3

# 41	4,62E-05	9,25E-03	±	1,35E-03	-5,51E-02	±	1,38E-01	-8,92E-04	±	1,88E-03	96,1	67,6	±	6,58E-01	303,8	±	2.7
# 42	4,72E-05	5,08E-02	±	1,38E-03	5,06E-02	±	1,32E-01	-8,38E-04	±	1,94E-03	81,5	66,1	±	6,69E-01	297,6	±	2.8
# 43	4,92E-05	4,68E-02	±	1,42E-03	1,23E-01	±	1,41E-01	-2,54E-04	±	1,78E-03	82,8	66,7	±	6,66E-01	300	±	2.8
# 44	4,81E-05	5,44E-02	±	1,42E-03	3,70E-03	±	1,39E-01	2,56E-03	±	1,95E-03	80,6	66,6	±	6,59E-01	299,5	±	2.7
# 45	4,90E-05	3,37E-02	±	1,94E-03	1,87E-02	±	1,26E-01	-1,31E-04	±	1,77E-03	86,6	64,5	±	1,04E+00	291,1	±	4.3
# 46	4,87E-05	1,76E-01	±	2,48E-03	2,10E-02	±	1,29E-01	-1,32E-03	±	1,98E-03	55,6	65,3	±	1,10E+00	294,2	±	4.6
# 47	5,78E-05	1,60E-01	±	1,94E-03	3,98E-02	±	1,23E-01	-1,42E-03	±	1,76E-03	58,3	66,0	±	9,09E-01	297,3	±	3.8
# 48	5,05E-05	3,63E-02	±	1,88E-03	-7,38E-02	±	1,23E-01	1,31E-03	±	1,74E-03	86,1	66,2	±	9,54E-01	298,1	±	4.0
# 49	4,86E-05	1,18E-01	±	2,12E-03	-9,37E-02	±	1,25E-01	1,78E-03	±	1,87E-03	65,3	65,7	±	1,04E+00	295,9	±	4.3
# 50	4,62E-05	2,07E-01	±	1,82E-03	-1,21E-01	±	1,33E-01	-2,32E-03	±	2,03E-03	51,9	66,1	±	5,79E-01	297,4	±	2.4
# 51	4,95E-05	2,42E-01	±	2,12E-03	2,44E-02	±	1,21E-01	-1,85E-06	±	2,00E-03	47,7	65,2	±	6,26E-01	293,9	±	2.6
# 52	4,71E-05	3,31E-01	±	2,06E-03	-1,34E-02	±	1,32E-01	-1,36E-03	±	2,02E-03	40,8	67,4	±	6,16E-01	302,8	±	2.5
# 53	5,07E-05	2,99E-01	±	2,04E-03	8,11E-02	±	1,29E-01	-2,49E-03	±	2,15E-03	42,4	65,0	±	5,92E-01	292,9	±	2.5
# 54	4,21E-05	3,15E-01	±	3,15E-03	8,04E-02	±	1,48E-01	-2,59E-03	±	2,21E-03	41,1	65,1	±	8,14E-01	293,3	±	3.4
# 55	4,97E-05	3,69E-01	±	2,50E-03	-9,73E-02	±	1,20E-01	5,71E-05	±	2,10E-03	37,7	65,9	±	6,36E-01	296,9	±	2.6
# 56	4,91E-05	1,02E-01	±	1,28E-03	-2,78E-02	±	1,24E-01	-2,23E-03	±	1,83E-03	68,6	66,1	±	5,17E-01	297,4	±	2.1
# 57	3,82E-05	5,79E-01	±	4,93E-03	7,44E-02	±	1,73E-01	-3,08E-03	±	2,83E-03	28,0	66,3	±	9,20E-01	298,5	±	3.8
# 58	4,78E-05	2,08E-01	±	1,90E-03	2,16E-02	±	1,26E-01	-1,31E-03	±	1,87E-03	51,9	66,5	±	6,07E-01	299,1	±	2.5
# 59	4,85E-05	5,74E-02	±	1,41E-03	-5,77E-02	±	1,22E-01	-3,79E-04	±	1,83E-03	79,5	65,7	±	4,89E-01	296,1	±	2.0
# 60	4,59E-05	2,06E-01	±	1,91E-03	-1,74E-02	±	1,38E-01	2,67E-03	±	2,15E-03	52,4	67,3	±	6,18E-01	302,4	±	2.6
# 61	3,68E-05	5,82E-01	±	6,30E-03	-1,14E-01	±	1,57E-01	-5,55E-03	±	2,38E-03	31,6	79,4	±	1,05E+00	352	±	4.2
# 62	4,34E-05	3,25E-01	±	2,47E-03	1,43E-02	±	1,34E-01	-4,25E-03	±	1,92E-03	42,9	72,1	±	6,21E-01	322,4	±	2.5
# 63	2,74E-05	2,33E-01	±	4,12E-03	-2,03E-01	±	2,05E-01	5,09E-03	±	2,87E-03	62,2	113,4	±	1,68E+00	483,8	±	6.3
# 64	4,72E-05	1,63E-02	±	4,69E-04	1,39E-02	±	1,22E-01	5,63E-04	±	1,59E-03	93,3	67,1	±	3,50E-01	301,6	±	1.5
# 65	4,69E-05	4,19E-02	±	5,59E-04	2,41E-02	±	1,30E-01	-1,18E-03	±	1,78E-03	84,5	67,6	±	3,18E-01	303,9	±	1.3
# 66	4,68E-05	6,05E-02	±	8,05E-04	2,47E-02	±	1,30E-01	-8,95E-04	±	1,69E-03	79,0	67,1	±	3,61E-01	301,9	±	1.5
# 67	4,66E-05	6,94E-02	±	7,05E-04	-1,55E-01	±	1,24E-01	-1,38E-03	±	1,68E-03	77,1	68,8	±	4,43E-01	308,8	±	1.8
# 68	4,75E-05	1,85E-01	±	1,43E-03	-2,57E-02	±	1,19E-01	5,35E-04	±	1,92E-03	55,3	67,5	±	4,70E-01	303,5	±	1.9
# 69	4,81E-05	2,19E-01	±	1,77E-03	6,94E-02	±	1,23E-01	-1,47E-03	±	1,92E-03	51,0	67,4	±	5,47E-01	302,9	±	2.3
# 70	4,91E-05	3,64E-02	±	4,81E-04	-1,11E-01	±	1,18E-01	8,59E-04	±	1,64E-03	86,0	65,8	±	3,29E-01	296,5	±	1.4
# 71	3,47E-05	1,60E-01	±	1,64E-03	1,34E-01	±	2,14E-01	5,53E-04	±	2,47E-03	58,8	67,3	±	5,80E-01	302,7	±	2.4
# 72	1,09E-06	2,36E-01	±	1,10E-01	2,50E-01	±	5,50E+00	-7,34E-03	±	6,62E-02	49,6	68,7	±	4,46E+01	308,5	±	184.2
# 73	5,55E-06	1,21E-01	±	2,16E-02	-2,67E-01	±	1,08E+00	2,88E-03	±	1,30E-02	66,5	70,8	±	8,83E+00	317,1	±	36.3
# 74	8,16E-06	1,19E-01	±	1,46E-02	1,77E+00	±	7,25E-01	1,69E-02	±	9,05E-03	64,2	62,9	±	5,96E+00	284,2	±	24.9
# 75	3,14E-05	2,94E-01	±	5,04E-03	1,07E-01	±	2,15E-01	-4,91E-03	±	2,93E-03	40,5	59,1	±	1,93E+00	268,2	±	8.2
# 76	3,35E-05	1,76E-01	±	4,22E-03	-4,40E-02	±	2,06E-01	-1,72E-03	±	2,65E-03	55,0	63,5	±	1,71E+00	286,7	±	7.1
Total	3,24E-03	1,77E-01	±	2,51E-04	2,58E-03	±	1,66E-02	-7,58E-04	±	2,15E-04	56,1	67,0	±	9,83E-02	301,1	±	3.0

Seconde partie																	
# 1	2.88E-05	1.93E-01	±	2.31E-03	2.76E-01	±	4.16E-01	-7.02E-04	±	1.57E-03	51.8	61.37	±	0.71	277.8	±	3.0
# 2	3.06E-05	1.68E-01	±	2.32E-03	-8.21E-03	±	3.87E-01	-6.81E-04	±	1.46E-03	56.0	63.22	±	0.80	285.6	±	3.3
# 3	2.73E-05	5.14E-01	±	3.64E-03	5.36E-02	±	4.51E-01	2.62E-03	±	1.91E-03	31.0	68.23	±	0.84	306.4	±	3.5
# 4	2.03E-05	1.21E+00	±	9.99E-03	2.72E-01	±	5.85E-01	-2.95E-03	±	5.02E-03	16.2	69.02	±	1.39	309.7	±	5.7
# 5	2.96E-05	9.33E-01	±	6.68E-03	4.74E-01	±	4.00E-01	4.86E-03	±	3.19E-03	19.2	65.45	±	1.44	294.9	±	6.0
# 6	3.11E-05	6.96E-01	±	8.13E-03	-2.39E-01	±	3.69E-01	-2.06E-03	±	2.15E-03	24.0	64.92	±	1.05	292.7	±	4.4
# 7	3.13E-05	6.74E-01	±	4.02E-03	-3.61E-02	±	3.77E-01	-5.26E-03	±	2.30E-03	24.9	66.06	±	0.89	297.4	±	3.7
# 8	3.07E-05	1.01E+00	±	6.77E-03	-9.73E-02	±	3.96E-01	1.00E-02	±	3.27E-03	19.1	70.51	±	1.43	315.8	±	5.9
# 9	3.01E-05	9.89E-01	±	7.11E-03	-1.58E-01	±	3.69E-01	8.91E-03	±	2.66E-03	19.1	69.09	±	1.20	310.0	±	4.9
# 10	2.36E-05	1.19E+00	±	7.68E-03	8.24E-03	±	5.04E-01	9.14E-04	±	3.49E-03	16.3	68.38	±	1.30	307.0	±	5.4
# 11	1.77E-05	1.43E+00	±	1.34E-02	4.84E-01	±	7.00E-01	-9.98E-03	±	3.68E-03	13.5	65.95	±	1.58	297.0	±	6.6
# 12	1.86E-05	1.52E+00	±	9.80E-03	1.15E-01	±	6.07E-01	-6.54E-03	±	4.47E-03	12.4	63.52	±	1.75	286.9	±	7.3
# 13	1.64E-05	1.77E+00	±	1.91E-02	1.16E+00	±	7.97E-01	3.53E-03	±	7.27E-03	11.6	68.49	±	1.53	307.5	±	6.3
# 14	1.54E-05	2.05E+00	±	2.72E-02	3.44E-01	±	7.39E-01	-9.83E-05	±	4.98E-03	9.6	64.33	±	2.77	290.2	±	12
# 15	3.07E-05	2.57E-01	±	3.07E-03	1.02E-01	±	4.08E-01	-5.55E-03	±	1.75E-03	45.8	64.03	±	0.86	289.0	±	3.6
# 16	9.80E-06	6.01E+00	±	1.05E-01	-6.72E-01	±	1.24E+00	-1.09E-02	±	1.43E-02	8.7	168.80	±	6.74	680.4	±	23
# 17	1.43E-05	2.43E+00	±	3.51E-02	8.63E-01	±	8.39E-01	5.50E-03	±	7.15E-03	12.1	98.28	±	2.87	426.4	±	11
# 18	3.07E-05	1.89E-01	±	2.29E-03	-3.94E-01	±	3.79E-01	-2.10E-04	±	1.92E-03	53.6	64.40	±	0.74	290.5	±	3.1
# 19	2.20E-05	1.41E+00	±	1.01E-02	-4.56E-02	±	5.41E-01	-9.71E-03	±	3.74E-03	13.5	64.97	±	1.89	292.9	±	7.9
# 20	2.07E-05	1.36E+00	±	1.06E-02	7.69E-02	±	5.62E-01	6.05E-03	±	4.64E-03	14.3	67.10	±	1.67	301.7	±	6.9
# 21	2.05E-05	1.42E+00	±	1.29E-02	-5.00E-01	±	5.56E-01	-3.26E-03	±	2.66E-03	14.6	71.78	±	2.09	321.0	±	8.6
# 22	2.07E-05	1.26E+00	±	1.25E-02	1.54E-01	±	6.03E-01	-2.64E-03	±	3.70E-03	15.1	66.42	±	1.80	298.9	±	7.5
# 23	3.25E-05	9.23E-01	±	8.21E-03	-2.70E-01	±	3.49E-01	-4.08E-03	±	2.57E-03	18.6	62.20	±	1.23	281.3	±	5.1
# 24	2.10E-05	1.15E+00	±	9.34E-03	6.38E-01	±	6.00E-01	7.12E-03	±	2.88E-03	15.2	61.20	±	1.71	277.1	±	7.2
# 25	2.03E-05	1.07E+00	±	8.20E-03	-1.85E-01	±	5.74E-01	-3.74E-03	±	3.16E-03	16.8	63.61	±	1.24	287.2	±	5.2
# 26	2.98E-05	9.82E-01	±	4.87E-03	2.23E-01	±	4.09E-01	4.28E-03	±	4.08E-03	17.3	60.68	±	0.99	275.0	±	4.2
# 27	1.97E-05	1.54E+00	±	1.33E-02	-9.04E-02	±	6.02E-01	-6.88E-03	±	3.72E-03	10.9	55.63	±	1.34	253.6	±	5.7
# 28	2.02E-05	1.20E+00	±	8.86E-03	-1.77E-01	±	6.31E-01	5.39E-04	±	3.30E-03	15.5	65.19	±	1.24	293.8	±	5.1
# 29	2.09E-05	1.22E+00	±	1.13E-02	4.12E-02	±	5.74E-01	3.29E-03	±	4.81E-03	14.6	61.39	±	1.45	278.0	±	6.1
# 30	1.96E-05	1.62E+00	±	1.63E-02	-1.95E-01	±	6.05E-01	-1.87E-03	±	4.08E-03	10.4	55.56	±	1.71	253.3	±	7.3
# 31	1.98E-05	1.77E+00	±	1.33E-02	-8.27E-01	±	6.10E-01	1.85E-02	±	4.81E-03	10.3	59.96	±	1.73	271.9	±	7.3
# 32	2.19E-05	1.53E+00	±	1.10E-02	-5.12E-02	±	5.73E-01	-5.63E-03	±	3.23E-03	12.2	63.02	±	1.71	284.8	±	7.2
# 33	1.59E-05	1.21E+00	±	1.28E-02	3.26E-01	±	8.22E-01	-6.19E-03	±	5.64E-03	15.0	63.08	±	2.24	285.0	±	9.4
# 34	1.62E-05	1.08E+00	±	7.70E-03	1.55E-02	±	8.36E-01	-2.99E-03	±	2.85E-03	17.4	67.27	±	1.21	302.5	±	5.0
# 35	1.10E-05	2.58E+00	±	2.53E-02	1.89E-01	±	1.14E+00	-1.21E-02	±	7.76E-03	5.0	40.55	±	3.16	188.3	±	14
# 36	1.09E-05	3.54E+00	±	4.43E-02	2.04E-01	±	1.10E+00	-1.34E-02	±	6.24E-03	5.3	58.26	±	4.04	264.8	±	17

# 37	9.81E-06	4.32E+00	±	3.85E-02	5.91E-01	±	1.21E+00	4.03E-03	±	6.39E-03	4.2	55.75	±	3.59	254.1	±	15
# 38	1.18E-05	2.64E+00	±	2.39E-02	-3.07E-01	±	1.16E+00	-2.31E-02	±	8.00E-03	5.7	47.08	±	2.77	216.9	±	12
# 39	1.99E-05	1.44E+00	±	9.48E-03	7.90E-02	±	6.16E-01	-1.66E-03	±	4.64E-03	13.7	67.43	±	1.68	303.1	±	7.0
# 40	2.12E-05	1.18E+00	±	1.39E-02	8.09E-01	±	5.55E-01	9.40E-04	±	2.68E-03	15.3	63.30	±	1.55	285.9	±	6.5
# 41	3.13E-05	9.91E-01	±	4.89E-03	6.65E-02	±	3.78E-01	3.86E-03	±	3.25E-03	19.1	69.12	±	1.10	310.1	±	4.5
# 42	2.01E-05	1.07E+00	±	7.90E-03	7.80E-01	±	6.63E-01	-7.89E-04	±	3.36E-03	16.7	63.05	±	1.53	284.9	±	6.4
# 43	2.64E-05	2.95E-01	±	3.38E-03	1.27E-01	±	4.66E-01	-2.99E-03	±	2.09E-03	44.0	68.50	±	0.92	307.5	±	3.8
# 44	3.00E-05	3.54E-01	±	2.07E-03	3.02E-01	±	4.34E-01	-5.44E-03	±	1.79E-03	38.8	66.15	±	0.61	297.8	±	2.5
# 45	3.77E-05	3.11E-01	±	2.25E-03	4.09E-01	±	3.16E-01	-2.84E-03	±	1.39E-03	40.8	63.28	±	0.64	285.8	±	2.7
# 46	2.89E-05	3.74E-01	±	2.51E-03	1.41E-02	±	4.24E-01	-1.94E-04	±	1.73E-03	37.7	66.89	±	0.65	300.9	±	2.7
# 47	2.89E-05	5.97E-01	±	3.81E-03	3.69E-01	±	4.06E-01	4.26E-04	±	2.59E-03	27.3	66.16	±	0.86	297.8	±	3.6
# 48	3.01E-05	7.02E-01	±	4.78E-03	8.38E-03	±	4.03E-01	-2.40E-03	±	2.44E-03	23.9	65.19	±	0.99	293.8	±	4.1
# 49	3.00E-05	4.27E-01	±	4.70E-03	1.31E-01	±	4.01E-01	-5.85E-03	±	2.05E-03	33.8	64.44	±	1.08	290.7	±	4.5
# 50	3.00E-05	1.94E-01	±	1.82E-03	-1.92E-02	±	4.05E-01	3.84E-04	±	2.10E-03	53.2	65.22	±	0.62	293.9	±	2.6
# 51	3.07E-05	2.58E-01	±	2.09E-03	-4.07E-02	±	3.92E-01	-4.50E-04	±	1.51E-03	45.5	63.79	±	0.63	288.0	±	2.6
# 52	2.88E-05	1.74E-01	±	1.81E-03	2.88E-01	±	4.24E-01	-3.57E-04	±	1.97E-03	56.4	66.71	±	0.64	300.1	±	2.6
# 53	3.20E-05	4.57E-02	±	9.81E-04	2.35E-01	±	4.11E-01	8.55E-05	±	1.24E-03	83.1	66.17	±	0.42	297.9	±	1.8
# 54	2.54E-05	1.29E-01	±	1.79E-03	-2.27E-02	±	5.04E-01	-2.06E-03	±	1.37E-03	63.1	64.79	±	0.68	292.2	±	2.8
# 55	2.66E-05	1.12E-01	±	1.39E-03	2.96E-02	±	4.95E-01	-7.63E-04	±	1.32E-03	66.6	65.65	±	0.60	295.7	±	2.5
# 56	2.78E-05	4.17E-02	±	1.01E-03	5.62E-01	±	4.49E-01	-1.18E-03	±	1.29E-03	84.2	65.78	±	0.40	296.3	±	1.7
# 57	2.91E-05	1.04E+00	±	7.07E-03	3.77E-01	±	4.67E-01	-2.72E-03	±	3.14E-03	17.0	62.96	±	1.25	284.5	±	5.2
# 58	2.66E-05	6.61E-02	±	1.39E-03	-2.11E-01	±	4.69E-01	-2.22E-03	±	1.40E-03	77.5	67.30	±	0.71	302.6	±	2.9
Total	1.38E-03	9.14E-01	±	9.91E-04	1.06E-01	±	6.73E-02	-9.89E-04	±	4.17E-04	19.6	65.65	±	0.17	295.7	±	3.0

9.1.2.6. CAR5

	$^{39}\text{Ar}_\text{K}$	$^{36}\text{Ar}_\text{atm}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$				$^{37}\text{Ar}_\text{Ca}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$				$^{38}\text{Ar}_\text{Cl}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$				$\% ^{40}\text{Ar}^*$		$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_\text{K}$		Age (Ma)	
Spot #		$(\pm 1 \sigma)$				$(\pm 1 \sigma)$				$(\pm 1 \sigma)$						$(\pm 1 \sigma)$		$(\pm 1 \sigma)$	
J = .2632E-02 $\pm$.2795E-04																			
# 1	1,28E-05	7,87E-03	$\pm$	2,30E-03	-2,38E+00	$\pm$	1,41E+00	-4,23E-03	$\pm$	2,96E-03	96,7	67,70	$\pm$	0,9	295,8	$\pm$	3,7		
# 2	3,09E-05	9,73E-03	$\pm$	9,74E-04	-2,03E-01	$\pm$	5,66E-01	-2,15E-03	$\pm$	1,45E-03	95,8	66,24	$\pm$	0,7	289,9	$\pm$	2,8		
# 3	3,45E-05	2,77E-03	$\pm$	9,21E-04	-4,80E-01	$\pm$	5,30E-01	-1,76E-04	$\pm$	1,23E-03	98,8	67,06	$\pm$	0,5	293,3	$\pm$	2,1		
# 4	3,38E-05	2,46E-02	$\pm$	1,09E-03	-4,69E-03	$\pm$	4,98E-01	-1,37E-03	$\pm$	1,12E-03	90,2	67,14	$\pm$	0,5	293,6	$\pm$	2,1		

# 5	3,04E-05	9,52E-03	±	1,04E-03	-1,59E-01	±	5,67E-01	-4,95E-04	±	1,53E-03	96,0	67,21	±	0,5	293,9	±	2,2
# 6	3,09E-05	2,13E-02	±	1,00E-03	3,64E-02	±	5,67E-01	8,04E-04	±	1,30E-03	91,4	67,15	±	0,7	293,6	±	2,7
# 7	3,39E-05	5,35E-03	±	9,63E-04	-3,74E-01	±	5,28E-01	-8,18E-04	±	1,09E-03	97,7	65,81	±	0,5	288,2	±	1,8
# 8	3,15E-05	4,26E-03	±	1,01E-03	-5,58E-01	±	5,45E-01	-1,15E-03	±	1,31E-03	98,1	66,49	±	0,6	291,0	±	2,4
# 9	3,18E-05	5,29E-03	±	1,04E-03	-2,06E-01	±	5,63E-01	2,84E-03	±	1,47E-03	97,7	67,48	±	0,5	295,0	±	1,9
# 10	3,39E-05	3,79E-03	±	8,85E-04	2,14E-01	±	5,37E-01	1,20E-03	±	1,32E-03	98,3	66,41	±	0,4	290,6	±	1,7
# 11	3,03E-05	-1,86E-04	±	1,06E-03	2,41E-01	±	5,99E-01	-7,08E-04	±	1,41E-03	100,1	66,79	±	0,5	292,1	±	2,2
# 12	3,37E-05	1,04E-01	±	1,11E-03	3,82E-01	±	5,18E-01	1,36E-03	±	1,36E-03	68,7	67,43	±	0,5	294,7	±	2,0
# 13	2,89E-05	7,73E-03	±	1,03E-03	2,71E-01	±	6,21E-01	1,55E-03	±	1,45E-03	96,8	68,02	±	0,6	297,1	±	2,5
# 14	2,43E-05	1,16E-02	±	1,28E-03	5,26E-02	±	7,06E-01	-9,03E-06	±	1,61E-03	95,1	66,59	±	0,7	291,4	±	2,7
# 15	2,88E-05	3,81E-03	±	1,12E-03	-3,39E-01	±	5,82E-01	1,28E-03	±	1,52E-03	98,4	68,17	±	0,6	297,7	±	2,5
# 16	1,66E-05	7,63E-02	±	1,64E-03	2,77E-02	±	1,03E+00	-3,21E-03	±	3,22E-03	73,5	62,67	±	0,8	275,4	±	3,4
# 17	3,02E-05	1,67E-03	±	6,75E-04	-1,66E-01	±	5,72E-01	-2,36E-03	±	1,25E-03	99,3	66,05	±	0,4	289,2	±	1,5
# 18	3,30E-05	8,27E-03	±	6,16E-04	-2,41E-01	±	5,45E-01	-2,60E-03	±	1,32E-03	96,5	68,02	±	0,4	297,1	±	1,7
# 19	3,19E-05	9,28E-03	±	6,64E-04	-2,05E-01	±	5,56E-01	-1,44E-03	±	1,24E-03	96,1	67,76	±	0,4	296,1	±	1,8
# 20	2,84E-05	1,80E-02	±	9,31E-04	2,27E-01	±	6,39E-01	-5,52E-04	±	1,50E-03	92,6	66,49	±	0,6	290,9	±	2,2
# 21	3,26E-05	9,47E-03	±	6,09E-04	-3,10E-01	±	5,28E-01	-1,37E-03	±	1,25E-03	96,0	66,54	±	0,4	291,2	±	1,7
# 22	3,28E-05	1,61E-02	±	7,15E-04	-2,66E-01	±	5,40E-01	-1,48E-04	±	1,18E-03	93,4	67,85	±	0,4	296,4	±	1,7
# 23	2,97E-05	1,01E-02	±	7,99E-04	-6,40E-01	±	5,80E-01	-2,84E-03	±	1,28E-03	95,8	68,10	±	0,6	297,4	±	2,5
# 24	3,23E-05	3,69E-03	±	7,77E-04	2,88E-01	±	5,53E-01	4,31E-04	±	1,31E-03	98,4	68,03	±	0,5	297,2	±	1,9
# 25	3,11E-05	1,24E-03	±	6,63E-04	-1,36E-01	±	5,71E-01	-1,67E-03	±	1,21E-03	99,5	67,72	±	0,5	295,9	±	2,1
# 26	3,16E-05	3,72E-03	±	8,92E-04	-2,49E-01	±	5,72E-01	-1,12E-04	±	1,25E-03	98,4	68,38	±	0,5	298,6	±	2,1
# 27	3,10E-05	3,71E-03	±	7,44E-04	1,51E-01	±	5,54E-01	1,02E-03	±	1,32E-03	98,4	67,69	±	0,5	295,8	±	2,0
# 28	3,19E-05	6,00E-03	±	7,92E-04	7,71E-02	±	5,87E-01	-1,61E-03	±	1,28E-03	97,4	66,91	±	0,5	292,7	±	1,9
# 29	2,94E-05	1,76E-03	±	7,03E-04	-2,67E-01	±	6,08E-01	-3,67E-03	±	1,46E-03	99,2	67,27	±	0,6	294,1	±	2,5
# 30	1,25E-07	1,19E+01	±	4,28E+00	1,37E+02	±	1,67E+02	5,00E-01	±	3,67E-01	9,6	373	±	161	1234	±	386
# 31	3,33E-05	5,36E-03	±	5,96E-04	-1,55E-01	±	5,20E-01	2,25E-03	±	1,55E-03	97,7	66,76	±	0,5	292,0	±	2,1
# 32	3,14E-05	3,12E-03	±	8,18E-04	-9,57E-02	±	5,61E-01	-1,13E-03	±	1,44E-03	98,7	68,46	±	0,5	298,9	±	2,0
# 33	2,62E-05	5,45E-03	±	1,21E-03	1,02E-01	±	7,04E-01	-3,44E-03	±	1,40E-03	97,7	67,48	±	0,6	294,9	±	2,5
# 34	2,54E-05	4,40E-03	±	1,29E-03	-5,87E-01	±	7,18E-01	-1,75E-03	±	1,50E-03	98,1	68,04	±	0,6	297,2	±	2,4
# 35	2,89E-05	6,63E-03	±	1,14E-03	8,15E-01	±	7,19E-01	-1,53E-03	±	1,39E-03	97,2	69,01	±	0,8	301,1	±	3,1
# 36	2,76E-05	2,59E-02	±	1,53E-03	-3,02E-01	±	6,49E-01	1,06E-03	±	1,48E-03	89,6	65,91	±	0,6	288,6	±	2,5
# 37	2,52E-05	1,93E-03	±	1,27E-03	-3,18E-01	±	7,84E-01	-9,58E-04	±	1,58E-03	99,2	69,07	±	0,7	301,3	±	2,9
# 38	2,82E-05	1,24E-02	±	1,23E-03	-4,27E-01	±	6,24E-01	-4,94E-04	±	1,29E-03	94,7	65,64	±	0,6	287,5	±	2,5
# 39	2,52E-05	5,36E-03	±	1,31E-03	-3,34E-03	±	7,35E-01	5,09E-05	±	1,55E-03	97,7	67,50	±	0,7	295,0	±	2,6
# 40	3,44E-05	1,91E-02	±	1,05E-03	4,49E-01	±	5,81E-01	8,08E-04	±	1,22E-03	92,2	67,06	±	0,6	293,3	±	2,3

# 41	3,21E-05	1,64E-03	±	1,02E-03	3,57E-01	±	5,71E-01	-7,55E-04	±	1,25E-03	99,3	66,27	±	0,6	290,0	±	2,4
# 42	3,31E-05	8,51E-03	±	9,98E-04	-6,90E-02	±	5,58E-01	2,38E-04	±	1,38E-03	96,4	67,99	±	0,6	297,0	±	2,3
# 43	3,15E-05	1,19E-02	±	9,75E-04	-2,91E-01	±	5,62E-01	-2,58E-04	±	1,40E-03	95,0	66,86	±	0,5	292,5	±	2,0
# 44	3,01E-05	1,60E-02	±	1,14E-03	-9,67E-02	±	6,06E-01	1,99E-03	±	1,53E-03	93,5	67,54	±	0,7	295,2	±	2,9
# 45	3,34E-05	1,67E-03	±	9,85E-04	1,10E-01	±	5,77E-01	2,04E-03	±	1,22E-03	99,3	67,88	±	0,4	296,6	±	1,7
# 46	3,35E-05	2,40E-02	±	9,65E-04	-5,91E-01	±	5,27E-01	7,76E-04	±	1,19E-03	90,6	67,94	±	0,7	296,8	±	2,7
# 47	3,36E-05	1,03E-02	±	1,02E-03	2,73E-01	±	5,38E-01	1,23E-03	±	1,19E-03	95,8	68,69	±	0,5	299,8	±	2,0
# 48	3,25E-05	3,32E-02	±	1,05E-03	3,12E-02	±	5,58E-01	3,29E-03	±	1,50E-03	87,3	67,06	±	0,5	293,3	±	1,9
# 49	1,45E-05	2,12E-02	±	1,58E-03	9,28E-01	±	1,41E+00	-6,44E-03	±	2,68E-03	91,6	68,09	±	0,9	297,4	±	3,5
# 50	2,83E-05	5,54E-03	±	8,32E-04	-4,32E-01	±	7,38E-01	-3,63E-03	±	1,30E-03	97,7	68,13	±	0,6	297,6	±	2,5
# 51	3,22E-05	3,00E-02	±	7,65E-04	3,11E-01	±	7,17E-01	-2,00E-03	±	1,36E-03	88,6	69,16	±	0,4	301,7	±	1,5
# 52	3,22E-05	1,09E-02	±	7,21E-04	7,28E-01	±	6,39E-01	5,69E-04	±	1,24E-03	95,4	66,97	±	0,5	292,9	±	2,1
# 53	3,11E-05	1,23E-01	±	1,51E-03	1,09E-01	±	6,58E-01	3,49E-05	±	1,69E-03	64,5	66,07	±	0,7	289,2	±	2,8
# 54	3,13E-05	8,04E-03	±	7,58E-04	-4,18E-01	±	6,11E-01	-1,26E-03	±	1,34E-03	96,7	68,73	±	0,5	300,0	±	1,8
# 55	2,70E-05	1,73E-03	±	8,03E-04	-2,62E-01	±	7,07E-01	-1,07E-03	±	1,44E-03	99,3	68,58	±	0,5	299,4	±	2,1
# 56	2,61E-05	5,77E-02	±	1,18E-03	7,22E-01	±	7,49E-01	-1,82E-03	±	1,75E-03	77,1	57,31	±	0,6	253,5	±	2,5
# 57	3,17E-05	4,01E-02	±	9,56E-04	-1,23E-01	±	6,19E-01	-1,85E-03	±	1,20E-03	83,3	59,19	±	0,5	261,2	±	2,1
# 58	1,11E-07	1,94E+01	±	6,96E+00	-2,14E+02	±	1,93E+02	8,18E-02	±	3,98E-01	4,3	259	±	126	937	±	355
# 59	3,38E-05	7,14E-03	±	6,42E-04	3,79E-01	±	5,75E-01	-9,25E-04	±	1,37E-03	97,0	67,00	±	0,4	293,0	±	1,7
# 60	1,84E-05	4,92E-02	±	1,90E-03	2,03E-01	±	1,28E+00	5,56E-04	±	2,77E-03	82,3	67,42	±	0,8	294,7	±	3,3
# 61	1,45E-05	5,59E-02	±	2,39E-03	-1,02E+00	±	1,41E+00	-4,42E-03	±	2,77E-03	79,7	64,89	±	0,9	284,5	±	3,7
# 62	2,86E-05	9,76E-03	±	1,24E-03	-9,37E-01	±	7,23E-01	2,69E-04	±	1,51E-03	95,9	68,20	±	0,6	297,9	±	2,5
# 63	2,63E-05	1,50E-02	±	1,45E-03	-1,68E-01	±	8,69E-01	-4,48E-04	±	1,63E-03	93,8	67,63	±	0,8	295,5	±	3,1
# 64	2,94E-05	5,28E-03	±	1,19E-03	-8,85E-02	±	6,53E-01	-4,07E-04	±	1,51E-03	97,7	67,57	±	0,7	295,3	±	2,6
# 65	1,93E-05	2,80E-02	±	2,01E-03	-3,87E-01	±	1,02E+00	-9,60E-04	±	2,24E-03	89,1	67,52	±	0,8	295,1	±	3,4
# 66	1,56E-05	3,75E-01	±	5,23E-03	7,63E-01	±	1,29E+00	1,28E-03	±	4,25E-03	27,8	42,58	±	1,4	191,6	±	5,8
# 66	1,56E-05	3,75E-01	±	5,23E-03	7,63E-01	±	1,29E+00	1,28E-03	±	4,25E-03	27,8	42,58	±	1,4	191,6	±	5,8
# 67	1,48E-05	4,33E-01	±	5,31E-03	1,99E-01	±	1,41E+00	-1,96E-03	±	3,29E-03	9,9	14,10	±	1,3	65,8	±	6,1
# 68	3,37E-05	9,51E-03	±	1,06E-03	1,34E-01	±	6,52E-01	-5,04E-04	±	1,10E-03	95,9	65,67	±	0,6	287,6	±	2,4
# 69	1,76E-05	7,11E-02	±	2,38E-03	3,35E-01	±	1,32E+00	-2,20E-03	±	2,63E-03	76,8	69,55	±	0,9	303,3	±	3,5
# 70	2,59E-05	2,07E-02	±	1,34E-03	-5,53E-01	±	7,75E-01	9,34E-04	±	1,55E-03	91,7	67,21	±	0,6	293,9	±	2,3
# 71	2,76E-05	8,11E-03	±	1,22E-03	-7,54E-01	±	7,20E-01	-4,07E-04	±	1,56E-03	96,6	67,26	±	0,6	294,0	±	2,5
# 72	3,10E-05	2,31E-02	±	1,20E-03	-5,19E-01	±	6,25E-01	7,31E-04	±	1,22E-03	90,5	65,17	±	0,5	285,6	±	2,0
# 73	3,39E-05	1,29E-02	±	1,05E-03	1,74E-01	±	6,38E-01	-8,01E-04	±	1,09E-03	94,6	66,47	±	0,5	290,9	±	2,0
# 74	1,71E-05	6,37E-03	±	2,11E-03	9,35E-01	±	1,14E+00	-8,67E-04	±	2,31E-03	97,3	67,01	±	0,9	293,0	±	3,7
# 75	3,05E-05	1,20E-03	±	1,15E-03	-4,75E-01	±	6,50E-01	-1,12E-03	±	1,33E-03	99,5	66,47	±	0,5	290,9	±	2,1

# 76	2,91E-05	6,68E-03	±	1,21E-03	3,42E-01	±	7,80E-01	-1,85E-04	±	1,49E-03	97,1	66,64	±	0,6	291,6	±	2,4
# 77	2,63E-05	1,34E-03	±	1,38E-03	-3,53E-01	±	7,64E-01	1,83E-04	±	1,45E-03	99,4	67,99	±	0,7	297,0	±	3,0
Total	2,16E-03	2,54E-02	±	1,36E-04	-7,35E-02	±	7,78E-02	-4,43E-04	±	1,75E-04	89,9	66,35	±	0,1	290,4	±	2,9

9.1.2.7. CAR6

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2657E-02 ± .2823E-04																	
# 1	1.18E-07	1.07E+00	±	3.88E-01	-1.24E+00	±	1.53E+00	-3.34E-02	±	1.54E-01	25.2	106.30	±	94.75	448.9	±	354
# 2	3.10E-07	-2.23E-02	±	6.23E-02	-3.75E-01	±	5.27E-01	-3.82E-03	±	8.08E-02	108.2	86.49	±	34.16	373.1	±	133
# 3	6.39E-07	-6.93E-02	±	3.07E-02	-2.25E-01	±	2.75E-01	2.40E-02	±	2.91E-02	147.7	63.37	±	16.71	280.7	±	69
# 4	1.49E-05	2.28E-03	±	1.20E-03	-1.40E-02	±	1.14E-02	-2.34E-03	±	1.47E-03	98.8	54.89	±	0.80	245.6	±	3.3
# 5	3.20E-05	4.41E-03	±	6.01E-04	-7.49E-03	±	5.26E-03	2.39E-05	±	8.15E-04	98.1	66.78	±	0.47	294.6	±	1.9
# 6	2.61E-05	6.50E-04	±	6.85E-04	-1.20E-02	±	6.13E-03	1.35E-04	±	9.71E-04	99.8	84.29	±	0.98	364.6	±	3.8
# 7	3.51E-05	2.35E-02	±	7.35E-04	-7.26E-03	±	4.64E-03	-2.37E-03	±	7.59E-04	90.5	66.28	±	0.65	292.6	±	2.7
# 8	2.99E-05	-5.74E-03	±	5.51E-04	-8.32E-03	±	5.52E-03	-1.22E-04	±	9.03E-04	102.6	65.84	±	0.67	290.8	±	2.7
# 9	3.21E-05	3.91E-04	±	5.16E-04	-5.02E-03	±	5.22E-03	-1.12E-03	±	6.72E-04	99.8	63.78	±	0.39	282.4	±	1.6
# 10	3.75E-05	1.34E-03	±	4.93E-04	-2.07E-03	±	4.40E-03	-1.02E-04	±	6.72E-04	99.4	64.42	±	0.52	285.0	±	2.1
# 11	3.57E-05	1.28E-03	±	4.51E-04	7.40E-04	±	4.91E-03	-2.47E-03	±	8.24E-04	99.4	66.17	±	0.45	292.2	±	1.8
# 12	3.01E-05	1.21E-03	±	6.24E-04	-9.79E-04	±	5.98E-03	-2.35E-03	±	7.30E-04	99.4	62.60	±	0.46	277.5	±	1.9
# 13	1.64E-05	3.43E-03	±	1.03E-03	-4.51E-03	±	1.06E-02	-3.19E-03	±	1.28E-03	98.3	60.03	±	0.77	266.9	±	3.2
# 14	3.02E-05	1.61E-03	±	5.59E-04	-5.98E-03	±	5.35E-03	5.11E-04	±	9.50E-04	99.3	64.44	±	0.43	285.1	±	1.7
# 15	3.58E-05	1.97E-03	±	5.69E-04	-1.39E-03	±	4.52E-03	-5.67E-04	±	7.89E-04	99.1	64.83	±	0.47	286.7	±	1.9
# 16	3.08E-05	-2.41E-03	±	8.98E-04	-2.08E-03	±	5.63E-03	-1.89E-03	±	7.93E-04	101.1	63.11	±	0.53	279.6	±	2.2
# 17	3.68E-05	4.57E-04	±	7.63E-04	-1.63E-03	±	4.43E-03	-3.02E-04	±	8.95E-04	99.8	65.63	±	0.68	289.9	±	2.8
# 18	3.72E-05	2.88E-04	±	7.55E-04	-5.60E-03	±	4.31E-03	2.80E-04	±	8.07E-04	99.9	66.17	±	0.47	292.1	±	1.9
# 19	3.54E-05	1.75E-03	±	8.11E-04	2.61E-04	±	4.72E-03	-1.65E-03	±	7.05E-04	99.2	66.43	±	0.38	293.2	±	1.5
# 20	3.52E-05	-3.43E-04	±	7.80E-04	-3.04E-03	±	4.83E-03	-1.52E-04	±	7.67E-04	100.2	66.94	±	0.39	295.3	±	1.6
# 21	2.93E-05	-1.36E-03	±	9.31E-04	-2.57E-03	±	6.48E-03	-2.23E-03	±	9.55E-04	100.6	67.90	±	0.54	299.2	±	2.2
# 22	3.45E-05	-1.12E-03	±	7.85E-04	3.23E-03	±	5.16E-03	2.19E-04	±	8.24E-04	100.5	67.35	±	0.43	296.9	±	1.7
# 23	3.70E-05	-5.74E-04	±	7.69E-04	-2.77E-03	±	4.63E-03	-2.13E-03	±	7.12E-04	100.3	65.92	±	0.50	291.1	±	2.1
# 24	3.72E-05	-1.08E-04	±	7.39E-04	1.07E-03	±	4.53E-03	-9.91E-04	±	6.92E-04	100.0	66.30	±	0.35	292.7	±	1.4

# 25	3.76E-05	7.09E-04	±	7.44E-04	-5.34E-05	±	4.21E-03	-1.03E-03	±	7.29E-04	99.7	66.09	±	0.51	291.8	±	2.1
# 26	3.81E-05	-6.81E-04	±	7.36E-04	-6.10E-03	±	4.43E-03	-2.00E-03	±	6.33E-04	100.3	66.97	±	0.52	295.4	±	2.1
# 27	3.85E-05	-1.09E-03	±	7.14E-04	-2.01E-04	±	4.37E-03	-1.24E-03	±	6.78E-04	100.5	66.52	±	0.37	293.6	±	1.5
# 28	3.72E-05	-1.31E-04	±	5.76E-04	-5.20E-04	±	4.78E-03	-5.08E-04	±	5.74E-04	100.1	65.96	±	0.43	291.3	±	1.7
# 29	3.76E-05	3.77E-04	±	5.78E-04	-4.40E-03	±	4.42E-03	-1.71E-04	±	7.59E-04	99.8	67.00	±	0.51	295.5	±	2.1
# 30	3.81E-05	2.80E-04	±	5.86E-04	-2.88E-03	±	4.57E-03	-2.26E-03	±	6.50E-04	99.9	65.56	±	0.51	289.7	±	2.1
# 31	3.70E-05	4.18E-04	±	6.37E-04	-3.27E-03	±	4.36E-03	-2.07E-03	±	8.91E-04	99.8	66.46	±	0.54	293.3	±	2.2
# 32	3.67E-05	-4.15E-04	±	5.97E-04	-1.82E-03	±	4.43E-03	-1.47E-03	±	7.15E-04	100.2	65.97	±	0.60	291.3	±	2.4
# 33	3.61E-05	6.96E-04	±	6.25E-04	1.19E-03	±	4.85E-03	1.81E-05	±	8.16E-04	99.7	66.41	±	0.48	293.1	±	1.9
# 34	3.63E-05	-2.56E-04	±	5.95E-04	7.51E-04	±	4.77E-03	-1.25E-03	±	8.64E-04	100.1	67.16	±	0.38	296.2	±	1.5
# 35	3.71E-05	7.30E-04	±	5.85E-04	2.11E-03	±	4.46E-03	-1.30E-03	±	7.25E-04	99.7	66.53	±	0.32	293.6	±	1.3
# 36	3.71E-05	6.46E-05	±	6.04E-04	-5.44E-03	±	4.30E-03	-7.47E-04	±	8.62E-04	100.0	66.99	±	0.60	295.5	±	2.4
# 37	3.69E-05	8.30E-04	±	5.98E-04	-2.55E-03	±	4.28E-03	5.91E-04	±	7.22E-04	99.6	65.47	±	0.39	289.3	±	1.6
# 38	3.75E-05	4.58E-04	±	5.64E-04	-1.85E-03	±	4.48E-03	-8.41E-04	±	6.40E-04	99.8	65.91	±	0.64	291.1	±	2.6
# 39	3.79E-05	1.53E-03	±	5.79E-04	2.04E-04	±	4.36E-03	-2.25E-03	±	9.41E-04	99.3	65.31	±	0.39	288.6	±	1.6
# 40	3.10E-05	1.59E-03	±	7.86E-04	-7.15E-03	±	5.46E-03	-8.99E-04	±	6.42E-04	99.3	65.48	±	0.43	289.3	±	1.8
# 41	2.78E-05	-5.26E-04	±	7.44E-04	-2.05E-03	±	6.04E-03	-2.97E-03	±	7.76E-04	100.2	66.99	±	0.57	295.5	±	2.3
# 42	3.40E-05	1.41E-03	±	6.48E-04	-1.77E-04	±	5.22E-03	-3.64E-04	±	8.22E-04	99.4	66.11	±	0.39	291.9	±	1.6
# 43	3.22E-05	1.08E-03	±	6.94E-04	-3.05E-03	±	5.00E-03	-1.51E-03	±	9.65E-04	99.5	66.28	±	0.47	292.6	±	1.9
# 44	2.82E-05	3.17E-04	±	8.13E-04	-8.41E-03	±	5.64E-03	2.25E-03	±	1.22E-03	99.9	64.95	±	0.48	287.2	±	2.0
# 45	2.33E-05	-3.33E-04	±	9.19E-04	5.91E-03	±	7.09E-03	-9.02E-04	±	9.35E-04	100.1	68.54	±	0.75	301.8	±	3.1
# 46	2.42E-05	-3.21E-04	±	9.03E-04	-6.14E-03	±	7.51E-03	-2.32E-04	±	1.05E-03	100.1	66.20	±	0.49	292.3	±	2.0
# 47	2.75E-05	4.46E-03	±	8.30E-04	8.27E-03	±	6.50E-03	-1.08E-03	±	1.29E-03	98.1	68.24	±	0.49	300.6	±	2.0
# 48	3.15E-05	-2.04E-04	±	6.81E-04	-8.66E-04	±	5.22E-03	-2.00E-03	±	8.46E-04	100.1	67.03	±	0.54	295.6	±	2.2
# 49	3.64E-05	2.69E-04	±	6.40E-04	4.97E-03	±	4.67E-03	-1.24E-03	±	6.56E-04	99.9	66.66	±	0.40	294.2	±	1.6
# 50	3.62E-05	3.50E-03	±	6.05E-04	4.08E-03	±	5.26E-03	-1.00E-03	±	8.60E-04	98.5	66.21	±	0.55	292.3	±	2.3
# 51	3.68E-05	2.35E-04	±	6.01E-04	2.55E-03	±	4.94E-03	-8.79E-04	±	8.11E-04	99.9	66.64	±	0.44	294.1	±	1.8
# 52	2.96E-05	7.17E-04	±	7.58E-04	-4.70E-03	±	5.38E-03	-2.20E-03	±	7.54E-04	99.7	63.90	±	0.59	282.9	±	2.4
# 53	3.50E-05	3.17E-04	±	6.21E-04	-5.19E-03	±	4.90E-03	-2.37E-03	±	1.05E-03	99.9	66.29	±	0.38	292.6	±	1.5
# 54	3.03E-05	5.86E-03	±	7.05E-04	2.59E-03	±	5.67E-03	-1.80E-03	±	8.88E-04	97.5	67.09	±	0.50	295.9	±	2.0
# 55	3.51E-05	1.67E-04	±	6.16E-04	-7.15E-04	±	5.08E-03	-7.60E-04	±	8.41E-04	99.9	67.17	±	0.39	296.2	±	1.6
# 56	3.52E-05	-1.08E-05	±	6.54E-04	-1.13E-03	±	4.48E-03	-8.36E-04	±	7.95E-04	100.0	66.41	±	0.39	293.1	±	1.6
# 57	3.08E-05	-3.89E-04	±	7.06E-04	-2.42E-03	±	5.98E-03	-6.82E-05	±	7.84E-04	100.2	66.33	±	0.46	292.8	±	1.9
# 58	3.65E-05	8.26E-04	±	6.37E-04	2.12E-03	±	5.44E-03	-1.16E-03	±	6.64E-04	99.6	67.05	±	0.61	295.7	±	2.5
# 59	3.51E-05	9.73E-04	±	6.15E-04	-4.32E-03	±	5.12E-03	-2.39E-04	±	5.83E-04	99.6	67.00	±	0.36	295.5	±	1.5
# 60	3.55E-05	1.18E-03	±	5.99E-04	-3.23E-03	±	4.65E-03	5.41E-04	±	8.48E-04	99.5	65.93	±	0.48	291.2	±	2.0

# 61	3.57E-05	-7.43E-04	±	5.93E-04	8.04E-03	±	4.74E-03	4.32E-04	±	6.09E-04	100.3	66.31	±	0.41	292.7	±	1.7
# 62	3.45E-05	2.29E-03	±	6.34E-04	-1.19E-03	±	4.76E-03	-1.01E-03	±	8.10E-04	99.0	66.94	±	0.62	295.3	±	2.5
# 63	3.55E-05	5.95E-04	±	5.86E-04	5.73E-03	±	5.28E-03	4.55E-04	±	8.43E-04	99.7	66.14	±	0.57	292.0	±	2.3
# 64	3.44E-05	2.67E-03	±	5.98E-04	-6.13E-03	±	4.79E-03	-6.25E-04	±	7.20E-04	98.8	66.85	±	0.59	294.9	±	2.4
# 65	3.45E-05	5.74E-04	±	5.99E-04	-7.09E-04	±	4.79E-03	-1.12E-03	±	7.31E-04	99.8	67.55	±	0.49	297.8	±	2.0
# 66	3.44E-05	9.80E-04	±	6.13E-04	3.45E-03	±	5.05E-03	-1.74E-03	±	9.06E-04	99.6	67.44	±	0.38	297.3	±	1.5
# 67	3.51E-05	3.80E-03	±	5.98E-04	4.14E-03	±	4.57E-03	-1.48E-03	±	8.61E-04	98.3	66.44	±	0.36	293.3	±	1.5
# 68	3.42E-05	7.19E-04	±	6.11E-04	-5.59E-03	±	4.84E-03	7.35E-04	±	7.85E-04	99.7	66.86	±	0.42	294.9	±	1.7
# 69	3.47E-05	2.20E-03	±	6.13E-04	-9.47E-04	±	4.58E-03	-1.49E-03	±	7.28E-04	99.0	66.57	±	0.40	293.8	±	1.6
# 70	3.49E-05	5.97E-04	±	6.28E-04	-2.22E-03	±	4.90E-03	-2.07E-03	±	6.45E-04	99.7	67.23	±	0.59	296.5	±	2.4
# 71	3.65E-05	-1.71E-04	±	5.79E-04	3.06E-04	±	4.73E-03	-8.16E-05	±	7.21E-04	100.1	66.38	±	0.45	293.0	±	1.8
# 72	3.37E-05	4.93E-05	±	6.28E-04	6.77E-05	±	4.95E-03	3.93E-04	±	9.59E-04	100.0	66.97	±	0.39	295.4	±	1.6
# 73	3.13E-05	-1.54E-04	±	6.82E-04	3.76E-03	±	5.67E-03	-5.77E-05	±	6.96E-04	100.1	66.93	±	0.43	295.3	±	1.8
# 74	3.28E-05	-8.23E-04	±	6.18E-04	-3.80E-03	±	5.02E-03	-6.79E-04	±	6.73E-04	100.4	67.42	±	0.56	297.2	±	2.3
# 75	3.25E-05	-2.34E-04	±	6.39E-04	-2.29E-03	±	5.05E-03	-6.79E-04	±	7.75E-04	100.1	66.27	±	0.43	292.6	±	1.8
# 76	3.37E-05	5.57E-03	±	6.36E-04	-4.61E-03	±	4.79E-03	-7.07E-04	±	7.63E-04	97.6	65.54	±	0.51	289.6	±	2.1
# 77	2.80E-05	-8.83E-04	±	7.46E-04	1.26E-03	±	6.15E-03	-1.64E-03	±	1.01E-03	100.4	66.47	±	0.51	293.4	±	2.1
# 78	3.36E-05	8.71E-04	±	6.27E-04	-5.89E-03	±	5.04E-03	-1.45E-03	±	8.37E-04	99.6	66.74	±	0.45	294.5	±	1.8
# 79	3.16E-05	-6.44E-05	±	7.35E-04	-1.66E-03	±	5.37E-03	-2.26E-03	±	7.44E-04	100.0	68.56	±	0.52	301.9	±	2.1
# 80	3.29E-05	-7.70E-04	±	6.09E-04	-4.71E-03	±	4.88E-03	4.49E-05	±	7.28E-04	100.3	67.12	±	0.39	296.0	±	1.6
# 81	3.25E-05	4.87E-04	±	6.79E-04	-2.45E-03	±	4.98E-03	-1.00E-03	±	8.59E-04	99.8	67.68	±	0.38	298.3	±	1.6
# 82	3.38E-05	-8.75E-04	±	6.42E-04	-9.29E-04	±	5.23E-03	-2.16E-03	±	6.66E-04	100.4	66.37	±	0.49	293.0	±	2.0
# 83	3.44E-05	1.01E-03	±	7.01E-04	1.78E-03	±	4.92E-03	-9.45E-06	±	8.35E-04	99.6	66.93	±	0.52	295.2	±	2.1
# 84	3.50E-05	5.71E-04	±	5.74E-04	3.40E-03	±	4.75E-03	-1.02E-03	±	6.14E-04	99.7	65.62	±	0.44	289.9	±	1.8
# 85	3.45E-05	-6.54E-04	±	6.10E-04	-9.31E-04	±	4.84E-03	-1.51E-03	±	9.34E-04	100.3	66.54	±	0.43	293.6	±	1.8
# 86	3.15E-05	-4.42E-04	±	6.90E-04	5.57E-03	±	5.57E-03	-2.74E-03	±	7.49E-04	100.2	67.99	±	0.44	299.5	±	1.8
# 87	3.14E-05	-6.58E-04	±	6.69E-04	-1.36E-03	±	5.31E-03	-1.67E-03	±	1.10E-03	100.3	67.92	±	0.59	299.3	±	2.4
# 88	3.22E-05	-1.08E-03	±	6.64E-04	3.82E-03	±	5.43E-03	-6.01E-05	±	1.00E-03	100.5	66.69	±	0.46	294.3	±	1.9
# 89	3.19E-05	6.29E-04	±	6.37E-04	-5.39E-03	±	5.07E-03	-2.16E-03	±	8.17E-04	99.7	66.87	±	0.61	295.0	±	2.5
# 90	3.28E-05	8.36E-03	±	7.26E-04	-1.65E-03	±	5.35E-03	2.24E-02	±	1.27E-03	96.1	60.35	±	0.43	268.3	±	1.8
# 91	3.39E-05	1.03E-03	±	6.33E-04	-2.15E-03	±	4.79E-03	5.69E-03	±	1.08E-03	99.5	62.64	±	0.40	277.7	±	1.6
# 92	3.39E-05	1.44E-03	±	6.07E-04	2.17E-03	±	4.92E-03	7.48E-03	±	1.33E-03	99.3	63.07	±	0.40	279.5	±	1.6
# 93	3.45E-05	5.39E-04	±	5.85E-04	-2.35E-03	±	4.70E-03	1.28E-03	±	8.77E-04	99.8	65.03	±	0.38	287.5	±	1.6
# 94	3.39E-05	1.86E-03	±	6.46E-04	-1.50E-04	±	5.00E-03	-4.75E-05	±	1.15E-03	99.2	65.41	±	0.59	289.1	±	2.4
# 95	3.26E-05	1.61E-03	±	6.39E-04	7.36E-03	±	5.55E-03	-1.57E-03	±	8.99E-04	99.3	66.14	±	0.46	292.0	±	1.9
# 96	3.30E-05	1.36E-04	±	6.40E-04	1.63E-03	±	4.86E-03	-1.37E-03	±	8.03E-04	99.9	66.38	±	0.74	293.0	±	3.0

# 97	3.40E-05	1.46E-04	±	6.11E-04	2.85E-03	±	6.02E-03	-1.35E-03	±	7.78E-04	99.9	65.95	±	0.52	291.2	±	2.1
# 98	3.41E-05	-5.83E-04	±	5.82E-04	-4.37E-03	±	4.80E-03	-6.06E-04	±	7.39E-04	100.3	65.23	±	0.32	288.3	±	1.3
# 99	3.28E-05	7.59E-04	±	6.87E-04	2.03E-03	±	5.44E-03	-1.69E-03	±	6.87E-04	99.7	66.69	±	0.44	294.3	±	1.8
# 100	2.52E-05	-8.35E-04	±	8.23E-04	-1.20E-03	±	6.92E-03	4.91E-03	±	9.44E-04	100.3	75.24	±	0.54	328.7	±	2.2
# 101	3.17E-05	4.05E-04	±	6.84E-04	-3.46E-03	±	5.22E-03	-3.60E-04	±	8.96E-04	99.8	68.49	±	0.52	301.6	±	2.1
# 102	3.27E-05	-1.11E-03	±	6.27E-04	3.41E-03	±	5.22E-03	-2.02E-03	±	8.32E-04	100.5	65.50	±	0.57	289.4	±	2.3
# 103	3.41E-05	1.66E-03	±	6.04E-04	2.89E-03	±	5.01E-03	1.20E-03	±	7.92E-04	99.3	64.54	±	0.44	285.5	±	1.8
# 104	3.23E-05	4.02E-04	±	6.28E-04	1.53E-03	±	5.19E-03	-8.51E-04	±	7.77E-04	99.8	66.18	±	0.51	292.2	±	2.1
# 105	3.21E-05	-4.28E-04	±	6.37E-04	3.72E-03	±	5.27E-03	-1.27E-03	±	8.13E-04	100.2	67.36	±	0.58	297.0	±	2.3
# 106	3.36E-05	3.73E-04	±	6.11E-04	-1.09E-03	±	4.98E-03	-1.50E-03	±	6.65E-04	99.8	66.04	±	0.59	291.6	±	2.4
# 107	3.25E-05	7.74E-04	±	6.36E-04	2.39E-03	±	5.15E-03	-2.52E-03	±	1.00E-03	99.7	66.44	±	0.54	293.2	±	2.2
# 108	3.11E-05	-2.91E-04	±	6.04E-04	-2.80E-03	±	5.14E-03	-1.72E-03	±	9.47E-04	100.1	66.58	±	0.58	293.8	±	2.3
# 109	3.06E-05	8.56E-06	±	5.93E-04	3.79E-03	±	5.30E-03	-1.51E-03	±	8.08E-04	100.0	67.84	±	0.55	298.9	±	2.2
# 110	3.01E-05	5.09E-04	±	6.19E-04	1.94E-03	±	6.56E-03	-1.68E-03	±	9.06E-04	99.8	66.18	±	0.47	292.2	±	1.9
# 111	2.99E-05	-1.09E-03	±	5.97E-04	-1.81E-03	±	6.38E-03	-8.54E-04	±	8.09E-04	100.5	67.00	±	0.50	295.5	±	2.0
# 112	3.04E-05	3.22E-04	±	6.76E-04	-2.32E-03	±	5.40E-03	-3.76E-04	±	6.54E-04	99.9	66.84	±	0.57	294.9	±	2.3
# 113	3.08E-05	2.17E-03	±	6.48E-04	-1.30E-03	±	5.40E-03	-1.87E-03	±	9.45E-04	99.1	66.61	±	0.42	294.0	±	1.7
# 114	3.11E-05	1.01E-03	±	5.94E-04	-3.25E-03	±	5.78E-03	-2.17E-03	±	8.00E-04	99.6	65.54	±	0.55	289.6	±	2.2
# 115	2.90E-05	-4.05E-04	±	7.02E-04	2.14E-03	±	6.02E-03	-9.86E-04	±	8.85E-04	100.2	68.81	±	0.51	302.9	±	2.1
# 116	2.95E-05	7.90E-05	±	5.98E-04	1.57E-03	±	5.94E-03	-1.92E-03	±	8.31E-04	100.0	66.49	±	0.57	293.5	±	2.3
# 117	3.13E-05	2.74E-04	±	5.73E-04	1.37E-03	±	5.31E-03	-2.03E-03	±	7.98E-04	99.9	63.76	±	0.53	282.3	±	2.2
# 118	2.98E-05	1.03E-03	±	6.77E-04	-2.52E-03	±	5.92E-03	-2.73E-03	±	8.47E-04	99.5	63.63	±	0.46	281.8	±	1.9
# 119	3.19E-05	1.42E-03	±	6.25E-04	-4.47E-03	±	4.95E-03	-8.75E-04	±	7.17E-04	99.4	64.79	±	0.56	286.5	±	2.3
# 120	3.06E-05	1.14E-04	±	6.01E-04	-9.08E-03	±	5.34E-03	-9.92E-04	±	9.84E-04	100.0	66.25	±	0.58	292.5	±	2.4
# 121	2.99E-05	1.41E-03	±	6.01E-04	-3.17E-03	±	5.58E-03	-1.08E-03	±	6.92E-04	99.4	67.42	±	0.59	297.2	±	2.4
# 122	3.02E-05	-8.32E-04	±	5.85E-04	-6.13E-03	±	5.29E-03	-8.88E-04	±	7.80E-04	100.4	66.33	±	0.39	292.8	±	1.6
# 123	3.11E-05	6.86E-04	±	6.52E-04	2.58E-03	±	5.66E-03	-8.93E-05	±	8.74E-04	99.7	65.44	±	0.52	289.2	±	2.1
# 124	3.19E-05	-3.12E-04	±	5.91E-04	-2.23E-03	±	5.42E-03	-1.10E-03	±	9.79E-04	100.1	66.85	±	0.47	294.9	±	1.9
# 125	3.25E-05	1.16E-03	±	6.06E-04	2.45E-03	±	5.28E-03	-1.60E-03	±	9.10E-04	99.5	64.80	±	0.57	286.6	±	2.3
# 126	3.16E-05	7.67E-04	±	6.44E-04	-1.38E-03	±	5.07E-03	-3.22E-03	±	8.01E-04	99.7	64.71	±	0.53	286.2	±	2.2
# 127	3.16E-05	9.32E-04	±	6.18E-04	-2.61E-03	±	5.20E-03	-6.54E-05	±	1.11E-03	99.6	65.37	±	0.54	288.9	±	2.2
# 128	3.03E-05	1.12E-03	±	6.49E-04	-2.48E-03	±	6.08E-03	1.39E-05	±	1.44E-03	99.5	66.43	±	0.50	293.2	±	2.0
# 129	2.93E-05	1.40E-03	±	6.32E-04	4.42E-04	±	6.13E-03	-8.09E-04	±	1.03E-03	99.4	65.52	±	0.53	289.5	±	2.2
# 130	2.54E-05	2.24E-03	±	7.88E-04	5.23E-03	±	7.71E-03	-8.81E-04	±	1.38E-03	99.0	66.42	±	0.39	293.2	±	1.6
# 131	2.74E-05	1.57E-03	±	6.62E-04	-1.23E-03	±	6.13E-03	3.31E-05	±	1.09E-03	99.3	66.61	±	0.57	293.9	±	2.3
# 132	2.02E-05	4.30E-04	±	9.01E-04	-4.67E-04	±	8.72E-03	-4.65E-04	±	1.21E-03	99.8	67.13	±	0.69	296.1	±	2.8

# 133	1.46E-05	-9.12E-04	±	1.25E-03	-1.08E-02	±	1.20E-02	-4.18E-04	±	1.85E-03	100.4	68.11	±	0.94	300.1	±	3.8
# 134	9.54E-06	7.19E-04	±	2.06E-03	-8.70E-03	±	1.73E-02	2.59E-03	±	2.11E-03	99.7	68.33	±	1.12	300.9	±	4.5
# 135	3.06E-05	3.77E-04	±	6.09E-04	6.81E-04	±	5.76E-03	-4.31E-03	±	7.92E-04	99.8	65.10	±	0.38	287.8	±	1.6
# 136	2.91E-05	6.82E-04	±	6.81E-04	-4.47E-03	±	5.99E-03	-1.88E-03	±	9.28E-04	99.7	64.81	±	0.67	286.6	±	2.7
# 137	3.07E-05	1.08E-03	±	7.92E-04	-3.35E-03	±	5.18E-03	-6.71E-04	±	6.99E-04	99.5	63.98	±	0.53	283.2	±	2.2
# 138	2.97E-05	6.02E-04	±	8.45E-04	5.25E-04	±	5.30E-03	-3.43E-04	±	7.70E-04	99.7	63.14	±	0.61	279.7	±	2.5
# 139	2.87E-05	1.27E-03	±	8.53E-04	-2.40E-03	±	5.94E-03	-2.16E-03	±	8.29E-04	99.4	66.24	±	0.49	292.4	±	2.0
# 140	2.97E-05	8.61E-04	±	8.48E-04	2.70E-03	±	5.64E-03	-3.28E-04	±	1.13E-03	99.6	62.69	±	0.63	277.9	±	2.6
# 141	2.81E-05	-3.31E-04	±	8.67E-04	2.00E-03	±	6.48E-03	-1.19E-03	±	1.03E-03	100.2	65.12	±	0.45	287.9	±	1.9
# 142	2.79E-05	-3.29E-04	±	8.73E-04	3.29E-04	±	5.75E-03	-4.22E-04	±	8.93E-04	100.2	64.93	±	0.51	287.1	±	2.1
# 143	2.57E-05	5.07E-04	±	9.44E-04	3.65E-03	±	6.57E-03	-1.95E-03	±	1.02E-03	99.8	61.19	±	0.54	271.7	±	2.2
# 144	2.99E-05	-4.42E-04	±	8.60E-04	5.07E-03	±	5.38E-03	-6.82E-04	±	1.04E-03	100.2	62.74	±	0.53	278.1	±	2.2
# 145	2.91E-05	-7.67E-04	±	8.46E-04	4.82E-03	±	6.04E-03	1.02E-03	±	1.28E-03	100.4	64.51	±	0.48	285.4	±	1.9
# 146	2.66E-05	-3.48E-04	±	9.41E-04	-3.02E-03	±	6.40E-03	-1.78E-03	±	1.04E-03	100.2	65.87	±	0.44	290.9	±	1.8
# 147	2.88E-05	3.39E-04	±	8.76E-04	3.17E-03	±	5.75E-03	-1.55E-03	±	8.50E-04	99.8	41.93	±	0.35	190.5	±	1.5
# 148	4.16E-05	1.44E-03	±	6.15E-04	6.72E-04	±	4.79E-03	-1.37E-03	±	6.96E-04	99.1	47.86	±	0.36	215.9	±	1.5
# 149	3.08E-05	-4.81E-04	±	8.12E-04	-4.18E-03	±	5.19E-03	8.67E-04	±	1.02E-03	100.2	65.56	±	0.50	289.7	±	2.1
# 150	1.86E-05	1.23E-03	±	1.42E-03	-1.97E-03	±	8.83E-03	-1.31E-03	±	1.17E-03	99.4	59.51	±	0.69	264.8	±	2.9
# 151	4.16E-06	1.67E-03	±	6.37E-03	-2.57E-02	±	4.05E-02	-1.47E-04	±	5.52E-03	99.2	60.97	±	2.32	270.8	±	9.6
# 152	2.81E-05	-3.74E-04	±	9.44E-04	-2.00E-03	±	5.99E-03	4.80E-04	±	8.67E-04	100.2	66.96	±	0.64	295.4	±	2.6
# 153	2.81E-05	-7.73E-04	±	8.65E-04	-7.13E-03	±	5.94E-03	-1.18E-03	±	1.48E-03	100.3	68.07	±	0.62	299.9	±	2.5
# 154	2.87E-05	-9.39E-04	±	8.68E-04	5.30E-03	±	6.29E-03	-1.20E-03	±	9.29E-04	100.4	67.45	±	0.63	297.4	±	2.6
# 155	2.81E-05	7.38E-04	±	8.90E-04	-3.57E-03	±	5.92E-03	-4.94E-04	±	1.19E-03	99.7	68.41	±	0.66	301.3	±	2.7
# 156	2.85E-05	1.53E-04	±	8.54E-04	-8.55E-03	±	5.73E-03	-4.13E-04	±	9.36E-04	99.9	69.39	±	0.55	305.2	±	2.2
# 157	2.70E-05	8.73E-04	±	9.39E-04	-3.41E-03	±	5.79E-03	-2.09E-03	±	1.23E-03	99.6	66.86	±	0.66	294.9	±	2.7
# 158	2.71E-05	-4.53E-04	±	9.46E-04	-3.44E-03	±	6.14E-03	-2.02E-03	±	9.50E-04	100.2	68.12	±	0.71	300.1	±	2.9
# 159	2.76E-05	1.85E-04	±	9.06E-04	-2.34E-03	±	6.00E-03	1.08E-03	±	1.07E-03	99.9	66.33	±	0.70	292.8	±	2.9
# 160	2.80E-05	7.07E-05	±	6.43E-04	-4.04E-03	±	6.16E-03	-1.19E-03	±	1.17E-03	100.0	66.35	±	0.62	292.9	±	2.5
# 161	2.72E-05	4.52E-04	±	6.90E-04	7.56E-04	±	7.01E-03	-6.79E-04	±	9.28E-04	99.8	66.99	±	0.62	295.5	±	2.5
# 162	2.47E-05	1.92E-04	±	7.59E-04	-6.74E-03	±	6.41E-03	-2.24E-03	±	8.71E-04	99.9	66.31	±	0.50	292.7	±	2.0
# 163	2.60E-05	-6.77E-04	±	7.29E-04	5.22E-03	±	6.52E-03	-6.27E-04	±	1.16E-03	100.3	66.18	±	0.45	292.2	±	1.8
# 164	2.90E-05	-4.37E-05	±	6.11E-04	-3.28E-04	±	5.49E-03	-1.31E-03	±	7.48E-04	100.0	65.95	±	0.52	291.3	±	2.1
# 165	2.63E-05	-1.25E-04	±	7.03E-04	-3.92E-03	±	5.78E-03	1.44E-03	±	1.04E-03	100.1	67.95	±	0.41	299.4	±	1.7
# 166	2.51E-05	-2.63E-04	±	7.55E-04	-6.55E-03	±	6.68E-03	-7.92E-04	±	1.09E-03	100.1	67.81	±	0.63	298.8	±	2.6
# 167	2.36E-05	6.03E-05	±	7.44E-04	6.91E-03	±	6.93E-03	5.65E-05	±	1.22E-03	100.0	66.74	±	0.56	294.5	±	2.3
# 168	2.59E-05	5.35E-04	±	7.03E-04	5.12E-03	±	7.19E-03	-1.64E-03	±	1.09E-03	99.8	68.29	±	0.45	300.8	±	1.8

# 169	2.13E-05	-3.80E-04	±	8.50E-04	-7.46E-04	±	7.97E-03	-1.38E-03	±	1.02E-03	100.2	68.99	±	0.52	303.6	±	2.1
# 170	1.27E-05	4.63E-04	±	1.53E-03	2.02E-02	±	1.33E-02	-1.94E-03	±	1.76E-03	99.8	67.18	±	0.72	296.3	±	2.9
# 171	2.91E-05	2.63E-04	±	6.19E-04	-2.47E-03	±	5.53E-03	-3.30E-04	±	1.03E-03	99.9	65.21	±	0.36	288.2	±	1.5
# 172	2.98E-05	1.57E-04	±	6.09E-04	9.91E-04	±	5.83E-03	-3.91E-04	±	7.13E-04	99.9	64.43	±	0.40	285.1	±	1.6
# 173	2.87E-05	-2.74E-04	±	6.64E-04	-4.36E-03	±	5.37E-03	-3.41E-04	±	8.53E-04	100.1	62.71	±	0.45	278.0	±	1.8
# 174	2.84E-05	2.59E-04	±	6.85E-04	-3.55E-03	±	5.41E-03	-2.63E-03	±	8.15E-04	99.9	62.38	±	0.50	276.7	±	2.0
# 175	2.81E-05	-4.33E-04	±	6.52E-04	-3.07E-03	±	5.67E-03	-2.84E-03	±	9.58E-04	100.2	63.72	±	0.49	282.1	±	2.0
# 176	2.68E-05	8.44E-05	±	6.87E-04	-2.25E-03	±	6.08E-03	-1.27E-03	±	9.15E-04	100.0	67.31	±	0.44	296.8	±	1.8
# 177	2.70E-05	-7.59E-05	±	6.82E-04	-1.31E-04	±	5.82E-03	-1.32E-03	±	1.12E-03	100.0	65.61	±	0.58	289.8	±	2.4
# 178	2.87E-05	-2.25E-03	±	9.04E-04	9.69E-04	±	5.87E-03	-2.71E-04	±	1.04E-03	101.0	67.15	±	0.68	296.2	±	2.8
# 179	2.64E-05	-9.73E-04	±	1.00E-03	-7.67E-04	±	5.99E-03	-2.06E-03	±	8.55E-04	100.4	67.50	±	0.56	297.6	±	2.3
# 180	1.93E-05	-1.49E-03	±	1.37E-03	2.23E-03	±	8.47E-03	-1.06E-03	±	1.23E-03	100.7	67.58	±	0.60	297.9	±	2.4
# 181	1.81E-05	-2.49E-04	±	1.47E-03	3.93E-03	±	8.71E-03	-3.79E-04	±	1.44E-03	100.1	68.84	±	0.67	303.0	±	2.7
# 182	1.70E-05	2.57E-03	±	1.56E-03	-5.43E-03	±	9.56E-03	-7.07E-04	±	1.62E-03	98.9	66.88	±	0.79	295.0	±	3.2
# 183	1.75E-05	1.36E-03	±	1.57E-03	-8.72E-03	±	9.71E-03	-1.22E-03	±	1.45E-03	99.4	66.71	±	0.93	294.3	±	3.8
# 184	1.69E-05	-8.45E-04	±	1.53E-03	-1.41E-02	±	9.67E-03	-3.53E-03	±	1.30E-03	100.4	68.67	±	0.82	302.3	±	3.3
# 185	2.08E-05	-5.30E-04	±	1.29E-03	-4.21E-03	±	8.26E-03	-2.29E-03	±	1.03E-03	100.2	68.21	±	0.67	300.4	±	2.7
# 186	1.98E-05	-5.28E-04	±	1.34E-03	3.74E-03	±	8.52E-03	-9.99E-04	±	1.27E-03	100.2	66.68	±	0.65	294.2	±	2.7
# 187	1.92E-05	-1.04E-03	±	1.35E-03	4.95E-03	±	1.01E-02	-1.99E-03	±	1.18E-03	100.5	67.72	±	0.86	298.4	±	3.5
# 188	1.94E-05	-2.66E-04	±	1.35E-03	-3.04E-03	±	8.08E-03	-3.61E-03	±	1.54E-03	100.1	66.92	±	0.78	295.2	±	3.2
# 189	2.05E-05	-1.90E-03	±	1.68E-03	1.41E-03	±	7.55E-03	-3.12E-04	±	1.11E-03	100.8	69.61	±	0.90	306.1	±	3.6
# 190	1.54E-05	2.84E-04	±	2.26E-03	5.21E-03	±	1.17E-02	8.40E-04	±	1.77E-03	99.9	68.27	±	1.03	300.7	±	4.2
# 191	1.44E-05	1.65E-03	±	2.45E-03	5.65E-04	±	1.14E-02	1.23E-03	±	1.94E-03	99.3	68.31	±	1.23	300.8	±	5.0
# 192	2.51E-05	2.54E-03	±	1.39E-03	-2.08E-03	±	6.20E-03	9.28E-04	±	9.77E-04	98.9	68.24	±	0.78	300.6	±	3.2
# 193	2.63E-05	7.44E-04	±	1.33E-03	-9.83E-04	±	6.08E-03	-1.10E-03	±	8.72E-04	99.7	67.92	±	0.59	299.3	±	2.4
# 194	2.53E-05	-3.68E-04	±	1.37E-03	4.04E-03	±	6.25E-03	-2.36E-03	±	1.02E-03	100.2	68.01	±	0.70	299.6	±	2.9
# 195	2.56E-05	-6.19E-04	±	1.34E-03	3.72E-04	±	6.63E-03	-4.21E-03	±	8.83E-04	100.3	67.93	±	0.72	299.3	±	2.9
# 196	2.74E-05	-1.27E-03	±	1.27E-03	-5.50E-04	±	5.79E-03	-3.41E-03	±	8.05E-04	100.6	67.70	±	0.60	298.4	±	2.4
# 197	2.69E-05	-4.27E-04	±	1.31E-03	-5.25E-03	±	6.28E-03	-2.99E-03	±	1.05E-03	100.2	67.45	±	0.70	297.3	±	2.8
# 198	2.62E-05	3.66E-04	±	1.35E-03	-1.39E-03	±	5.83E-03	-1.25E-03	±	8.49E-04	99.8	68.58	±	0.74	302.0	±	3.0
# 199	2.63E-05	4.77E-04	±	1.30E-03	-3.20E-03	±	6.07E-03	-1.45E-03	±	9.35E-04	99.8	67.75	±	0.57	298.6	±	2.3
# 200	6.07E-06	-7.31E-03	±	3.95E-03	3.58E-02	±	2.95E-02	-2.44E-03	±	3.62E-03	103.2	70.08	±	2.00	308.0	±	8.1
# 201	2.37E-05	-1.50E-03	±	1.08E-03	-3.55E-03	±	7.09E-03	-1.60E-03	±	9.34E-04	100.7	66.06	±	0.61	291.7	±	2.5
# 202	3.53E-05	-4.29E-05	±	6.73E-04	5.34E-03	±	5.21E-03	-4.66E-04	±	6.38E-04	100.0	67.71	±	0.50	298.4	±	2.0
# 203	3.26E-05	1.73E-04	±	7.10E-04	2.19E-03	±	5.85E-03	-1.19E-03	±	6.74E-04	99.9	66.49	±	0.56	293.5	±	2.3
# 204	2.66E-05	-1.03E-04	±	8.65E-04	1.30E-03	±	6.64E-03	-1.98E-03	±	9.08E-04	100.0	65.42	±	0.61	289.1	±	2.5

# 205	2.40E-05	1.94E-04	±	9.57E-04	5.55E-03	±	7.19E-03	-9.87E-04	±	1.16E-03	99.9	61.70	±	0.54	273.8	±	2.2
# 206	2.33E-05	-6.55E-04	±	1.00E-03	1.19E-03	±	7.83E-03	-1.00E-03	±	9.45E-04	100.3	65.74	±	0.69	290.4	±	2.8
# 207	2.22E-05	-2.27E-04	±	1.07E-03	-5.63E-03	±	7.51E-03	-2.26E-03	±	1.02E-03	100.1	69.64	±	0.51	306.3	±	2.1
# 208	3.46E-05	9.77E-04	±	6.77E-04	-3.04E-03	±	4.91E-03	-1.59E-03	±	5.81E-04	99.6	67.54	±	0.45	297.7	±	1.8
# 209	3.28E-05	2.31E-03	±	7.27E-04	4.97E-03	±	5.46E-03	-2.54E-03	±	7.90E-04	99.0	68.08	±	0.44	299.9	±	1.8
# 210	3.28E-05	1.46E-03	±	7.09E-04	-5.92E-03	±	5.58E-03	9.67E-04	±	8.41E-04	99.4	68.12	±	0.67	300.1	±	2.7
# 211	3.36E-05	5.84E-04	±	6.88E-04	2.46E-03	±	6.35E-03	-1.75E-03	±	8.62E-04	99.7	65.39	±	0.65	289.0	±	2.6
# 212	3.32E-05	1.65E-04	±	7.24E-04	-3.52E-03	±	5.49E-03	-1.37E-03	±	9.19E-04	99.9	66.19	±	0.50	292.2	±	2.0
# 213	3.38E-05	-1.29E-04	±	6.87E-04	-4.29E-03	±	5.00E-03	-2.86E-03	±	6.69E-04	100.1	65.28	±	0.66	288.5	±	2.7
# 214	3.24E-05	-4.43E-04	±	7.20E-04	8.48E-03	±	7.19E-03	-1.14E-03	±	8.07E-04	100.2	67.88	±	0.47	299.1	±	1.9
# 215	3.44E-05	-9.74E-04	±	6.67E-04	-2.61E-03	±	5.00E-03	9.53E-05	±	7.70E-04	100.4	67.93	±	0.45	299.3	±	1.8
# 216	3.52E-05	-5.15E-04	±	6.78E-04	-1.93E-03	±	4.91E-03	-1.99E-03	±	7.82E-04	100.2	67.43	±	0.46	297.3	±	1.9
# 217	3.56E-05	-2.72E-05	±	6.47E-04	-1.01E-03	±	5.05E-03	-7.91E-04	±	1.02E-03	100.0	67.81	±	0.41	298.8	±	1.7
# 218	3.56E-05	4.42E-04	±	7.19E-04	-2.94E-03	±	4.80E-03	-2.36E-03	±	9.21E-04	99.8	68.57	±	0.61	301.9	±	2.5
# 219	3.68E-05	4.66E-04	±	7.15E-04	2.45E-03	±	4.71E-03	-1.41E-03	±	7.82E-04	99.8	67.12	±	0.56	296.0	±	2.3
# 220	3.63E-05	1.35E-03	±	6.89E-04	5.26E-03	±	4.74E-03	1.25E-04	±	7.73E-04	99.4	68.24	±	0.54	300.6	±	2.2
# 221	3.72E-05	6.47E-04	±	6.28E-04	-1.96E-03	±	4.65E-03	-8.11E-04	±	7.91E-04	99.7	67.88	±	0.43	299.1	±	1.7
# 222	3.97E-05	4.68E-05	±	6.15E-04	-4.21E-04	±	4.36E-03	-1.47E-03	±	6.60E-04	100.0	66.41	±	0.46	293.1	±	1.9
# 223	3.64E-05	4.77E-04	±	4.29E-04	1.04E-03	±	4.91E-03	-9.53E-04	±	7.26E-04	99.8	67.50	±	0.46	297.6	±	1.9
# 224	3.63E-05	-2.65E-05	±	4.52E-04	-1.55E-03	±	5.01E-03	-3.13E-03	±	7.54E-04	100.0	67.84	±	0.50	299.0	±	2.0
# 225	3.72E-05	2.07E-03	±	4.74E-04	-3.90E-03	±	4.64E-03	-2.08E-03	±	6.68E-04	99.1	67.17	±	0.32	296.2	±	1.3
# 226	3.69E-05	1.86E-04	±	4.61E-04	-3.08E-03	±	4.87E-03	-3.75E-04	±	8.55E-04	99.9	67.64	±	0.52	298.2	±	2.1
# 227	3.85E-05	1.08E-03	±	4.20E-04	-3.96E-04	±	4.51E-03	9.00E-05	±	5.80E-04	99.5	67.03	±	0.40	295.7	±	1.6
# 228	3.75E-05	2.46E-04	±	4.14E-04	-3.16E-03	±	4.94E-03	-1.06E-04	±	7.61E-04	99.9	67.95	±	0.40	299.4	±	1.6
# 229	3.57E-05	-2.25E-04	±	4.64E-04	6.86E-04	±	5.16E-03	-3.91E-04	±	8.16E-04	100.1	65.90	±	0.52	291.1	±	2.1
# 230	3.70E-05	-5.79E-04	±	4.34E-04	-6.00E-03	±	4.76E-03	-1.12E-03	±	8.35E-04	100.3	67.52	±	0.47	297.6	±	1.9
# 231	3.51E-05	-3.05E-04	±	4.63E-04	-4.79E-03	±	4.84E-03	1.03E-05	±	6.99E-04	100.1	70.75	±	0.47	310.7	±	1.9
# 232	3.79E-05	-1.11E-03	±	4.17E-04	-2.47E-03	±	4.44E-03	-8.15E-04	±	6.25E-04	100.5	67.49	±	0.42	297.5	±	1.7
# 233	3.47E-05	7.17E-04	±	5.11E-04	-5.70E-04	±	4.83E-03	-1.86E-04	±	8.08E-04	99.7	67.12	±	0.42	296.0	±	1.7
# 234	3.43E-05	-4.06E-04	±	5.11E-04	-3.90E-03	±	4.96E-03	-1.03E-03	±	7.92E-04	100.2	67.57	±	0.39	297.8	±	1.6
# 235	3.46E-05	-7.77E-04	±	4.92E-04	-4.91E-04	±	5.04E-03	-1.46E-03	±	8.63E-04	100.3	67.43	±	0.44	297.3	±	1.8
# 236	3.36E-05	-3.07E-04	±	5.42E-04	-1.46E-03	±	5.01E-03	-1.97E-03	±	9.47E-04	100.1	67.76	±	0.49	298.6	±	2.0
# 237	3.49E-05	-9.99E-05	±	4.79E-04	-3.10E-03	±	4.85E-03	4.83E-05	±	7.84E-04	100.0	68.30	±	0.47	300.8	±	1.9
# 238	3.36E-05	-7.82E-04	±	4.56E-04	-1.43E-03	±	5.29E-03	-1.01E-03	±	8.04E-04	100.3	67.04	±	0.39	295.7	±	1.6
# 239	3.51E-05	5.99E-04	±	5.19E-04	-2.90E-03	±	4.90E-03	3.85E-04	±	8.50E-04	99.7	63.21	±	0.47	280.0	±	1.9
# 240	2.81E-05	4.60E-04	±	6.07E-04	-5.90E-03	±	6.22E-03	-1.24E-03	±	9.06E-04	99.8	61.73	±	0.36	274.0	±	1.5

# 241	3.16E-05	1.66E-03	±	5.50E-04	-2.67E-03	±	5.28E-03	-2.12E-03	±	9.23E-04	99.2	58.02	±	0.56	258.6	±	2.3
# 242	3.31E-05	3.72E-04	±	4.68E-04	-1.13E-03	±	5.35E-03	-1.86E-04	±	8.03E-04	99.8	63.69	±	0.50	282.0	±	2.0
# 243	3.24E-05	1.93E-03	±	5.12E-04	-4.76E-03	±	5.13E-03	-1.37E-03	±	7.01E-04	99.1	59.36	±	0.42	264.2	±	1.7
# 244	3.58E-05	1.35E-03	±	4.43E-04	-5.22E-03	±	4.73E-03	-1.23E-03	±	7.87E-04	99.4	64.22	±	0.46	284.2	±	1.9
# 245	3.82E-05	1.52E-03	±	4.18E-04	-3.74E-04	±	4.53E-03	-1.44E-03	±	8.31E-04	99.3	68.02	±	0.55	299.7	±	2.2
# 246	3.68E-05	2.39E-03	±	5.14E-04	-4.42E-03	±	4.56E-03	8.25E-04	±	6.45E-04	99.0	66.69	±	0.39	294.3	±	1.6
# 247	5.13E-05	2.61E-03	±	3.43E-04	6.23E-04	±	3.55E-03	-1.69E-03	±	6.44E-04	98.9	66.29	±	0.30	292.6	±	1.2
# 248	3.61E-05	8.84E-04	±	4.43E-04	6.24E-03	±	4.76E-03	-9.10E-04	±	6.56E-04	99.6	67.65	±	0.49	298.2	±	2.0
# 249	3.47E-05	1.33E-03	±	4.93E-04	2.29E-04	±	5.42E-03	-1.62E-04	±	9.89E-04	99.4	65.69	±	0.51	290.2	±	2.1
# 250	3.09E-05	5.98E-04	±	5.65E-04	-3.94E-03	±	5.56E-03	-1.56E-03	±	8.18E-04	99.7	65.78	±	0.55	290.6	±	2.2
# 251	3.54E-05	8.69E-04	±	4.71E-04	-3.33E-03	±	5.11E-03	-1.09E-03	±	6.37E-04	99.6	63.15	±	0.39	279.8	±	1.6
# 252	3.44E-05	2.99E-03	±	5.21E-04	-4.30E-03	±	4.85E-03	-1.19E-05	±	7.48E-04	98.7	66.20	±	0.51	292.3	±	2.1
# 253	3.52E-05	2.14E-03	±	4.92E-04	1.89E-03	±	4.82E-03	-6.15E-04	±	8.16E-04	99.1	65.62	±	0.47	289.9	±	1.9
# 254	3.56E-05	3.31E-03	±	5.27E-04	-1.40E-03	±	4.96E-03	-9.06E-04	±	7.03E-04	98.6	66.73	±	0.50	294.4	±	2.0
# 255	3.70E-05	3.71E-03	±	4.38E-04	-1.07E-03	±	4.82E-03	-1.61E-04	±	6.77E-04	98.4	67.11	±	0.35	296.0	±	1.4
# 256	3.20E-05	3.06E-03	±	5.36E-04	-2.45E-03	±	5.33E-03	-2.18E-03	±	1.01E-03	98.7	66.26	±	0.53	292.5	±	2.2
# 257	3.36E-05	2.87E-03	±	4.73E-04	4.35E-03	±	6.02E-03	-4.64E-04	±	8.48E-04	98.7	62.99	±	0.40	279.1	±	1.6
# 258	3.64E-05	4.20E-03	±	5.02E-04	3.54E-03	±	5.93E-03	-2.36E-03	±	7.53E-04	98.1	64.63	±	0.36	285.8	±	1.5
# 259	3.50E-05	3.89E-03	±	4.92E-04	1.58E-03	±	5.20E-03	-4.89E-04	±	8.49E-04	98.3	65.45	±	0.50	289.2	±	2.0
# 260	3.35E-05	8.59E-04	±	6.61E-04	-3.35E-03	±	5.58E-03	-1.68E-04	±	8.52E-04	99.6	70.30	±	0.46	308.9	±	1.9
# 261	3.09E-05	2.51E-03	±	6.93E-04	-6.26E-03	±	5.63E-03	-7.29E-04	±	9.67E-04	98.9	65.53	±	0.45	289.5	±	1.8
# 262	3.14E-05	3.12E-03	±	7.34E-04	4.84E-04	±	5.31E-03	-2.27E-03	±	9.38E-04	98.7	67.48	±	0.55	297.5	±	2.2
# 263	3.15E-05	8.32E-04	±	6.93E-04	1.23E-03	±	5.21E-03	-9.04E-04	±	8.33E-04	99.6	68.24	±	0.49	300.6	±	2.0
# 264	3.56E-05	1.41E-03	±	6.40E-04	2.10E-03	±	4.95E-03	-5.81E-04	±	9.50E-04	99.3	61.10	±	0.43	271.4	±	1.8
# 265	3.37E-05	3.07E-03	±	6.85E-04	4.91E-03	±	5.15E-03	-1.62E-03	±	8.93E-04	98.6	63.20	±	0.47	280.0	±	1.9
# 266	3.17E-05	2.38E-03	±	6.50E-04	-1.41E-03	±	5.40E-03	-3.10E-03	±	7.07E-04	99.0	67.00	±	0.42	295.5	±	1.7
# 267	3.14E-05	1.46E-03	±	6.74E-04	1.99E-03	±	5.54E-03	1.93E-04	±	1.09E-03	99.3	64.58	±	0.36	285.6	±	1.5
# 268	3.05E-05	3.23E-03	±	7.52E-04	5.92E-03	±	6.60E-03	-1.01E-03	±	9.28E-04	98.5	62.84	±	0.52	278.5	±	2.1
# 269	2.38E-05	1.43E-03	±	9.17E-04	1.56E-03	±	7.76E-03	-1.88E-03	±	1.02E-03	99.3	59.14	±	0.49	263.3	±	2.0
# 270	1.45E-05	1.96E-03	±	1.47E-03	-9.93E-03	±	1.17E-02	-1.01E-04	±	1.50E-03	99.1	66.89	±	0.98	295.1	±	4.0
# 271	1.94E-05	1.78E-03	±	1.07E-03	-3.67E-03	±	8.94E-03	-2.94E-03	±	1.10E-03	99.2	66.74	±	0.63	294.5	±	2.6
# 272	2.91E-05	1.52E-03	±	7.29E-04	-6.01E-03	±	6.14E-03	-1.87E-03	±	9.31E-04	99.3	63.65	±	0.46	281.8	±	1.9
# 273	2.19E-05	1.12E-03	±	9.92E-04	9.69E-03	±	8.10E-03	-1.10E-03	±	9.51E-04	99.5	65.85	±	0.52	290.8	±	2.1
# 274	3.00E-05	8.97E-04	±	7.11E-04	-5.85E-04	±	6.02E-03	-1.01E-03	±	7.96E-04	99.6	64.08	±	0.50	283.6	±	2.1
# 275	3.08E-05	4.06E-04	±	7.27E-04	-1.38E-03	±	5.38E-03	-2.35E-03	±	7.54E-04	99.8	64.51	±	0.54	285.4	±	2.2
# 276	2.93E-05	-2.02E-05	±	7.28E-04	7.65E-04	±	5.88E-03	-1.13E-03	±	9.19E-04	100.0	64.31	±	0.67	284.5	±	2.7

# 277	2.64E-05	1.34E-03	±	8.16E-04	-2.49E-03	±	6.37E-03	-1.16E-03	±	1.11E-03	99.4	65.67	±	0.44	290.1	±	1.8
# 278	3.06E-05	2.92E-03	±	6.94E-04	-2.38E-03	±	5.65E-03	-1.47E-03	±	9.04E-04	98.7	67.46	±	0.45	297.4	±	1.8
# 279	2.79E-05	2.09E-03	±	7.84E-04	-8.24E-04	±	6.49E-03	-2.12E-03	±	9.26E-04	99.1	66.02	±	0.38	291.5	±	1.6
# 280	4.03E-05	4.15E-03	±	5.53E-04	3.52E-03	±	4.45E-03	-4.76E-05	±	5.56E-04	98.2	66.84	±	0.56	294.9	±	2.3
# 281	3.01E-05	6.42E-03	±	7.42E-04	-3.27E-03	±	5.10E-03	-1.21E-03	±	8.31E-04	97.2	65.61	±	0.40	289.9	±	1.7
# 282	2.94E-05	1.60E-03	±	6.96E-04	-3.15E-03	±	5.56E-03	-6.18E-05	±	8.48E-04	99.3	68.41	±	0.55	301.3	±	2.2
# 283	3.18E-05	-1.15E-04	±	6.49E-04	-7.02E-03	±	5.22E-03	-2.42E-03	±	8.54E-04	100.0	66.81	±	0.51	294.8	±	2.1
# 284	3.20E-05	5.79E-04	±	6.62E-04	-5.63E-03	±	4.68E-03	-1.45E-03	±	1.02E-03	99.7	66.65	±	0.37	294.1	±	1.5
# 285	2.93E-05	1.13E-03	±	7.30E-04	7.23E-04	±	5.20E-03	-1.99E-04	±	1.11E-03	99.5	67.72	±	0.61	298.5	±	2.5
# 286	2.88E-05	3.92E-03	±	7.91E-04	-4.96E-03	±	5.50E-03	-3.54E-04	±	1.12E-03	98.3	68.51	±	0.46	301.6	±	1.8
# 287	2.92E-05	1.69E-03	±	7.60E-04	-1.43E-03	±	5.80E-03	-1.54E-03	±	1.02E-03	99.3	67.46	±	0.62	297.4	±	2.5
# 288	2.94E-05	-2.87E-04	±	7.23E-04	4.77E-03	±	5.74E-03	-2.05E-03	±	7.89E-04	100.1	67.59	±	0.44	297.9	±	1.8
# 289	2.83E-05	4.82E-05	±	7.52E-04	2.39E-04	±	5.56E-03	-2.21E-03	±	9.62E-04	100.0	68.82	±	0.61	302.9	±	2.5
# 290	2.60E-05	-5.95E-05	±	8.02E-04	1.22E-02	±	6.29E-03	-2.43E-03	±	9.05E-04	100.0	67.04	±	0.45	295.7	±	1.8
# 291	3.10E-05	1.80E-04	±	5.42E-04	-2.20E-03	±	5.06E-03	-2.72E-03	±	6.44E-04	99.9	66.29	±	0.47	292.6	±	1.9
# 292	3.37E-05	6.98E-04	±	4.96E-04	1.60E-03	±	4.91E-03	-1.27E-03	±	9.22E-04	99.7	64.83	±	0.60	286.7	±	2.4
# 293	3.15E-05	6.07E-04	±	5.80E-04	-7.35E-03	±	4.91E-03	-1.60E-03	±	9.52E-04	99.7	65.80	±	0.62	290.6	±	2.5
# 294	3.15E-05	9.64E-04	±	5.07E-04	-6.70E-03	±	5.00E-03	-1.37E-03	±	9.00E-04	99.6	65.24	±	0.54	288.4	±	2.2
# 295	2.96E-05	5.58E-04	±	5.62E-04	-2.55E-03	±	6.22E-03	-1.42E-03	±	1.07E-03	99.8	67.04	±	0.54	295.7	±	2.2
# 296	3.24E-05	3.61E-03	±	5.50E-04	-2.86E-03	±	5.76E-03	-6.54E-04	±	6.27E-04	98.4	64.66	±	0.40	286.0	±	1.7
# 297	3.62E-05	2.86E-03	±	5.20E-04	-2.31E-03	±	4.50E-03	-3.65E-04	±	6.51E-04	98.7	64.89	±	0.42	286.9	±	1.7
# 298	6.60E-07	1.15E-01	±	2.84E-02	2.08E-01	±	2.69E-01	1.85E-02	±	2.85E-02	80.0	135.30	±	12.65	553.9	±	44.6
# 299	1.59E-05	-3.24E-04	±	1.12E-03	-5.32E-03	±	1.06E-02	-2.67E-04	±	1.44E-03	100.1	67.80	±	0.75	298.8	±	3.1
# 300	3.19E-05	-3.81E-04	±	5.19E-04	-5.95E-03	±	4.87E-03	-3.06E-03	±	7.19E-04	100.2	65.64	±	0.50	290.0	±	2.1
# 301	3.11E-05	1.86E-03	±	5.16E-04	-7.95E-04	±	5.17E-03	-1.40E-03	±	7.09E-04	99.2	66.16	±	0.47	292.1	±	1.9
# 302	3.14E-05	1.04E-03	±	5.23E-04	-3.15E-03	±	5.42E-03	-1.30E-03	±	8.29E-04	99.5	66.17	±	0.41	292.2	±	1.7
# 303	3.07E-05	4.03E-03	±	6.93E-04	3.02E-04	±	6.22E-03	1.16E-04	±	9.37E-04	98.3	66.83	±	0.59	294.8	±	2.4
# 304	3.08E-05	3.08E-03	±	6.26E-04	-4.04E-03	±	5.67E-03	-2.13E-03	±	1.10E-03	98.6	65.49	±	0.55	289.4	±	2.2
# 305	6.30E-06	6.31E-03	±	2.53E-03	-1.40E-02	±	2.60E-02	-2.40E-03	±	3.23E-03	97.4	69.79	±	1.47	306.8	±	6.0
# 306	1.87E-05	3.35E-03	±	9.45E-04	-1.22E-02	±	8.28E-03	2.69E-04	±	1.12E-03	98.3	58.78	±	0.81	261.8	±	3.4
# 307	3.00E-05	1.96E-03	±	6.74E-04	-2.98E-03	±	5.42E-03	-2.28E-03	±	7.70E-04	99.1	61.37	±	0.43	272.5	±	1.8
# 308	2.78E-05	6.97E-04	±	6.78E-04	4.40E-04	±	5.77E-03	-2.55E-03	±	7.52E-04	99.7	59.70	±	0.55	265.6	±	2.3
# 309	1.66E-05	4.82E-05	±	1.07E-03	-3.67E-03	±	1.06E-02	-2.56E-03	±	1.39E-03	100.0	63.03	±	0.69	279.3	±	2.8
# 310	1.03E-05	1.18E-03	±	1.84E-03	-1.98E-02	±	1.50E-02	-8.91E-04	±	2.04E-03	99.4	54.44	±	0.95	243.7	±	4.0
# 311	1.54E-05	1.86E-03	±	1.30E-03	-3.83E-03	±	1.06E-02	-1.34E-03	±	1.45E-03	98.6	39.89	±	0.63	181.7	±	2.7
# 312	2.96E-05	1.28E-03	±	6.45E-04	3.42E-03	±	5.90E-03	-2.72E-04	±	1.07E-03	98.9	34.28	±	0.36	157.2	±	1.6

# 313	2.85E-07	2.03E-01	±	7.32E-02	-1.96E-02	±	5.73E-01	-3.52E-02	±	6.56E-02	81.0	255.60	±	36.5	935.0	±	104
# 314	2.12E-05	1.71E-03	±	9.43E-04	-1.08E-02	±	8.20E-03	-3.02E-03	±	1.08E-03	99.3	66.51	±	0.65	293.5	±	2.7
# 315	2.89E-05	-6.37E-05	±	6.51E-04	-1.56E-03	±	5.66E-03	2.77E-04	±	8.96E-04	100.0	66.60	±	0.42	293.9	±	1.7
# 316	2.82E-05	2.02E-03	±	6.77E-04	-2.90E-03	±	5.75E-03	-9.86E-04	±	1.03E-03	99.1	67.45	±	0.57	297.4	±	2.3
# 317	2.98E-05	1.06E-03	±	6.41E-04	-2.96E-03	±	5.27E-03	4.45E-04	±	8.19E-04	99.5	66.60	±	0.46	293.9	±	1.9
# 318	1.06E-05	3.29E-03	±	1.72E-03	5.71E-03	±	1.56E-02	-4.34E-04	±	1.97E-03	98.6	70.41	±	0.72	309.4	±	2.9
# 319	3.49E-06	1.87E-02	±	5.53E-03	1.26E-02	±	4.57E-02	-6.24E-03	±	5.87E-03	94.0	85.57	±	2.77	369.6	±	11
# 320	9.39E-06	5.79E-03	±	2.20E-03	8.43E-04	±	1.76E-02	-2.61E-03	±	1.98E-03	95.6	37.20	±	0.88	170.0	±	3.9
# 321	2.54E-05	1.99E-03	±	8.16E-04	-8.35E-04	±	6.52E-03	-4.43E-04	±	8.72E-04	98.0	28.62	±	0.32	132.2	±	1.4
# 322	1.05E-05	2.03E-03	±	1.75E-03	8.11E-03	±	1.63E-02	2.14E-03	±	2.42E-03	99.0	61.34	±	0.94	272.4	±	3.9
# 323	2.74E-05	-6.82E-05	±	6.97E-04	2.29E-03	±	5.84E-03	-5.53E-04	±	8.22E-04	100.0	64.24	±	0.52	284.2	±	2.1
# 324	2.70E-05	4.81E-04	±	6.90E-04	-8.73E-04	±	6.46E-03	-2.37E-03	±	9.81E-04	99.8	67.40	±	0.59	297.1	±	2.4
# 325	2.45E-05	1.83E-03	±	7.65E-04	-6.44E-05	±	7.20E-03	-1.32E-03	±	1.16E-03	99.2	65.39	±	0.60	289.0	±	2.4
# 326	2.72E-05	2.68E-03	±	6.52E-04	-2.53E-03	±	5.60E-03	-3.09E-03	±	7.91E-04	98.8	63.46	±	0.39	281.1	±	1.6
# 327	2.68E-05	1.34E-03	±	7.13E-04	-2.64E-03	±	6.92E-03	-1.29E-03	±	9.53E-04	99.4	65.75	±	0.47	290.4	±	1.9
# 328	2.77E-05	9.45E-04	±	7.31E-04	7.13E-03	±	6.45E-03	-3.80E-04	±	1.18E-03	99.6	67.40	±	0.48	297.2	±	1.9
# 329	2.88E-05	3.61E-03	±	6.45E-04	4.48E-03	±	6.02E-03	-1.38E-03	±	1.10E-03	98.4	66.35	±	0.45	292.9	±	1.8
# 330	2.75E-05	7.25E-04	±	6.96E-04	2.90E-03	±	6.00E-03	-2.07E-03	±	7.53E-04	99.7	65.16	±	0.48	288.0	±	2.0
# 331	2.84E-05	6.44E-04	±	6.55E-04	-9.41E-04	±	6.64E-03	-1.62E-03	±	8.24E-04	99.7	64.62	±	0.42	285.8	±	1.7
# 332	2.54E-05	3.79E-04	±	8.25E-04	3.23E-03	±	6.92E-03	-4.73E-04	±	9.58E-04	99.8	67.45	±	0.45	297.4	±	1.8
# 333	2.59E-05	-9.70E-04	±	7.09E-04	1.20E-03	±	6.68E-03	-3.04E-03	±	7.96E-04	100.4	66.38	±	0.59	293.0	±	2.4
# 334	2.65E-05	3.44E-03	±	7.65E-04	3.22E-03	±	6.32E-03	-1.38E-03	±	8.91E-04	98.5	67.37	±	0.54	297.0	±	2.2
# 335	2.08E-05	3.13E-03	±	9.81E-04	-1.65E-03	±	7.52E-03	-9.23E-04	±	9.85E-04	98.7	71.44	±	0.78	313.5	±	3.1
# 336	2.60E-05	-3.20E-04	±	7.25E-04	2.90E-03	±	6.21E-03	-1.27E-03	±	9.49E-04	100.1	67.44	±	0.47	297.3	±	1.9
# 337	3.06E-05	2.25E-04	±	5.25E-04	-4.67E-03	±	5.20E-03	-2.18E-03	±	8.84E-04	99.9	65.50	±	0.40	289.4	±	1.6
# 338	2.95E-05	2.90E-03	±	5.07E-04	-4.99E-03	±	5.37E-03	-1.11E-03	±	8.50E-04	98.7	66.87	±	0.48	295.0	±	2.0
# 339	2.94E-05	-1.55E-04	±	4.42E-04	-5.07E-03	±	5.57E-03	-7.78E-04	±	9.20E-04	100.1	66.33	±	0.37	292.8	±	1.5
# 340	2.95E-05	8.42E-04	±	5.03E-04	-7.10E-03	±	6.21E-03	-2.05E-04	±	8.24E-04	99.6	66.27	±	0.50	292.6	±	2.0
# 341	2.62E-05	1.42E-03	±	5.08E-04	-4.61E-03	±	6.63E-03	-6.65E-04	±	1.11E-03	99.4	65.90	±	0.48	291.1	±	1.9
# 342	2.78E-05	-3.93E-04	±	5.23E-04	-1.08E-03	±	5.88E-03	-4.75E-05	±	1.06E-03	100.2	66.25	±	0.45	292.5	±	1.8
# 343	2.65E-05	1.74E-04	±	5.70E-04	-1.05E-03	±	6.58E-03	-1.90E-05	±	8.24E-04	99.9	67.14	±	0.42	296.1	±	1.7
# 344	3.07E-05	1.95E-03	±	4.89E-04	-3.70E-03	±	5.32E-03	-1.29E-03	±	8.67E-04	99.1	66.60	±	0.46	293.9	±	1.9
# 345	3.72E-05	9.63E-04	±	4.51E-04	2.96E-03	±	4.39E-03	-1.90E-03	±	8.75E-04	99.6	65.79	±	0.43	290.6	±	1.8
# 346	3.51E-05	9.14E-04	±	4.08E-04	9.14E-04	±	5.31E-03	-1.23E-03	±	7.57E-04	99.6	63.98	±	0.35	283.2	±	1.4
# 347	3.54E-05	5.99E-04	±	4.11E-04	-1.46E-03	±	4.97E-03	-5.47E-04	±	7.30E-04	99.7	64.65	±	0.42	285.9	±	1.7
# 348	3.71E-05	1.18E-03	±	3.77E-04	-6.99E-04	±	4.37E-03	7.01E-04	±	8.90E-04	99.5	63.01	±	0.38	279.2	±	1.6

# 349	5.21E-05	1.60E-03	±	3.24E-04	1.50E-03	±	3.47E-03	7.47E-05	±	6.16E-04	99.3	65.14	±	0.40	288.0	±	1.6
# 350	3.51E-05	1.16E-03	±	4.24E-04	-3.52E-03	±	4.78E-03	-2.19E-03	±	7.01E-04	99.5	65.47	±	0.47	289.3	±	1.9
# 351	3.68E-05	1.91E-03	±	4.60E-04	-2.86E-03	±	4.79E-03	-2.48E-03	±	8.47E-04	99.1	65.34	±	0.48	288.8	±	2.0
# 352	3.55E-05	-6.88E-04	±	3.70E-04	1.34E-03	±	5.26E-03	-2.34E-03	±	7.50E-04	100.3	65.48	±	0.45	289.3	±	1.8
# 353	3.80E-05	7.28E-04	±	3.55E-04	-2.73E-03	±	5.04E-03	-1.17E-03	±	6.38E-04	99.7	64.05	±	0.40	283.5	±	1.6
# 354	3.61E-05	4.92E-04	±	3.82E-04	2.62E-03	±	4.65E-03	-1.96E-03	±	7.98E-04	99.8	65.17	±	0.42	288.1	±	1.7
# 355	3.60E-05	7.96E-04	±	4.49E-04	1.66E-03	±	4.79E-03	-2.29E-03	±	8.72E-04	99.6	62.65	±	0.46	277.7	±	1.9
# 356	3.69E-05	8.76E-04	±	3.81E-04	-4.28E-03	±	4.47E-03	-1.16E-03	±	1.04E-03	99.6	64.62	±	0.31	285.8	±	1.3
# 357	3.63E-05	1.30E-03	±	3.63E-04	-3.48E-04	±	4.70E-03	-9.45E-04	±	1.05E-03	99.4	65.56	±	0.39	289.7	±	1.6
# 358	3.61E-05	1.23E-03	±	6.53E-04	-7.49E-03	±	4.71E-03	4.25E-05	±	7.38E-04	99.5	66.31	±	0.39	292.7	±	1.6
# 359	3.39E-05	1.60E-04	±	6.12E-04	-5.90E-03	±	4.80E-03	-5.60E-04	±	9.99E-04	99.9	66.71	±	0.60	294.4	±	2.4
# 360	3.35E-05	-6.55E-04	±	6.35E-04	-5.08E-03	±	4.70E-03	-1.05E-03	±	8.84E-04	100.3	67.78	±	0.39	298.7	±	1.6
# 361	3.52E-05	5.11E-03	±	6.45E-04	-1.62E-03	±	4.57E-03	-3.22E-03	±	6.68E-04	97.8	66.03	±	0.64	291.6	±	2.6
# 362	3.40E-05	2.18E-03	±	6.69E-04	-7.14E-03	±	5.31E-03	-9.76E-04	±	9.30E-04	99.1	67.37	±	0.45	297.0	±	1.8
# 363	3.63E-05	-5.65E-04	±	5.55E-04	-6.63E-04	±	4.51E-03	-4.99E-04	±	7.60E-04	100.3	65.93	±	0.50	291.2	±	2.0
# 364	3.63E-05	-1.23E-04	±	5.68E-04	-8.94E-04	±	4.54E-03	-2.79E-03	±	6.78E-04	100.1	64.33	±	0.42	284.6	±	1.7
# 365	3.70E-05	-2.91E-04	±	5.32E-04	-7.02E-03	±	4.49E-03	-8.58E-04	±	9.32E-04	100.1	66.20	±	0.35	292.3	±	1.4
# 366	3.41E-05	4.35E-03	±	6.49E-04	-2.01E-03	±	4.93E-03	-1.63E-03	±	6.39E-04	98.1	66.65	±	0.42	294.1	±	1.7
# 367	3.45E-05	6.65E-04	±	6.54E-04	-6.98E-03	±	4.72E-03	-5.60E-05	±	8.73E-04	99.7	66.28	±	0.49	292.6	±	2.0
# 368	3.52E-05	-1.30E-04	±	5.71E-04	-1.33E-03	±	5.18E-03	3.51E-04	±	8.39E-04	100.1	66.25	±	0.40	292.5	±	1.6
# 369	3.36E-05	-1.12E-04	±	5.89E-04	-3.67E-03	±	4.80E-03	-5.92E-04	±	7.78E-04	100.1	64.39	±	0.55	284.9	±	2.3
# 370	3.69E-05	-1.61E-04	±	5.50E-04	-3.96E-03	±	4.58E-03	-1.59E-03	±	8.62E-04	100.1	66.22	±	0.39	292.3	±	1.6
# 371	1.12E-05	1.05E-03	±	1.78E-03	-7.10E-03	±	1.50E-02	-3.94E-03	±	2.03E-03	99.5	65.31	±	0.96	288.6	±	3.9
# 372	3.30E-05	6.75E-04	±	6.38E-04	-4.17E-03	±	4.95E-03	-2.03E-03	±	8.13E-04	99.7	65.42	±	0.43	289.1	±	1.7
# 373	3.60E-05	-1.24E-03	±	5.56E-04	2.06E-03	±	5.04E-03	-8.29E-04	±	1.01E-03	100.6	66.36	±	0.53	292.9	±	2.2
# 374	3.73E-05	-1.74E-04	±	5.42E-04	-3.82E-03	±	4.36E-03	-2.17E-05	±	9.53E-04	100.1	66.82	±	0.46	294.8	±	1.9
# 375	3.35E-05	-8.63E-04	±	6.38E-04	-4.52E-03	±	5.49E-03	-8.04E-04	±	9.42E-04	100.4	65.63	±	0.51	290.0	±	2.1
# 376	3.30E-05	1.04E-03	±	6.07E-04	-5.39E-03	±	5.83E-03	-4.52E-04	±	7.58E-04	99.5	66.98	±	0.38	295.5	±	1.6
# 377	3.55E-05	1.27E-06	±	5.55E-04	-4.70E-03	±	4.86E-03	-6.41E-04	±	7.13E-04	100.0	65.98	±	0.48	291.4	±	2.0
# 378	3.58E-05	-2.69E-05	±	5.92E-04	-1.29E-03	±	4.73E-03	-1.65E-03	±	6.79E-04	100.0	65.44	±	0.47	289.2	±	1.9
# 379	3.61E-05	3.00E-05	±	5.69E-04	-6.21E-04	±	4.89E-03	-1.15E-03	±	7.37E-04	100.0	66.40	±	0.62	293.1	±	2.5
# 380	3.58E-05	-1.98E-04	±	5.73E-04	-2.48E-03	±	4.92E-03	-1.60E-03	±	8.19E-04	100.1	65.78	±	0.37	290.6	±	1.5
# 381	3.57E-05	6.74E-04	±	5.85E-04	-3.58E-03	±	4.96E-03	7.66E-04	±	9.31E-04	99.7	66.60	±	0.52	293.9	±	2.1
# 382	3.42E-05	-1.12E-04	±	5.78E-04	2.45E-03	±	5.11E-03	3.55E-04	±	9.51E-04	100.0	66.58	±	0.52	293.8	±	2.1
# 383	3.56E-05	1.79E-03	±	5.64E-04	-6.94E-03	±	4.39E-03	-2.59E-05	±	8.44E-04	99.2	64.33	±	0.43	284.6	±	1.8
# 384	3.53E-05	7.73E-04	±	6.19E-04	-2.19E-03	±	4.79E-03	6.94E-04	±	7.27E-04	99.6	61.95	±	0.46	274.9	±	1.9

# 385	3.28E-05	1.52E-04	±	6.08E-04	-9.67E-03	±	4.90E-03	-8.86E-04	±	8.98E-04	99.9	66.12	±	0.46	292.0	±	1.9
# 386	3.40E-05	3.46E-04	±	5.99E-04	-3.02E-03	±	5.19E-03	-5.03E-04	±	7.16E-04	99.8	64.71	±	0.53	286.2	±	2.2
# 387	2.58E-05	8.50E-04	±	4.36E-04	-5.49E-03	±	6.63E-03	-2.17E-03	±	9.42E-04	99.6	58.69	±	0.35	261.4	±	1.4
# 388	2.69E-05	-2.06E-04	±	4.46E-04	-1.41E-03	±	6.56E-03	6.38E-04	±	1.11E-03	100.1	60.11	±	0.39	267.3	±	1.6
# 389	3.30E-05	7.18E-04	±	4.57E-04	1.96E-03	±	5.31E-03	-1.08E-03	±	9.87E-04	99.7	63.87	±	0.47	282.8	±	1.9
# 390	3.52E-05	-4.02E-04	±	3.07E-04	7.77E-03	±	4.65E-03	-2.30E-04	±	7.59E-04	100.2	65.02	±	0.49	287.4	±	2.0
# 391	3.28E-05	5.12E-04	±	3.32E-04	-1.63E-03	±	5.19E-03	-2.09E-03	±	8.93E-04	99.8	61.52	±	0.60	273.1	±	2.5
# 392	3.51E-05	8.04E-04	±	3.03E-04	-2.34E-03	±	4.81E-03	-2.72E-03	±	6.75E-04	99.6	61.25	±	0.54	272.0	±	2.2
# 393	2.11E-05	1.73E-03	±	4.93E-04	3.28E-03	±	7.90E-03	-2.47E-03	±	1.29E-03	99.2	61.12	±	0.59	271.4	±	2.4
# 394	1.28E-05	1.40E-03	±	8.31E-04	-1.46E-02	±	1.34E-02	-3.60E-03	±	1.93E-03	99.3	56.34	±	0.60	251.6	±	2.5
# 395	3.01E-05	1.18E-04	±	3.20E-04	-4.17E-03	±	5.72E-03	-1.33E-03	±	7.24E-04	100.0	64.48	±	0.46	285.2	±	1.9
# 396	3.52E-05	5.45E-04	±	4.28E-04	-5.73E-03	±	4.74E-03	-2.39E-03	±	6.49E-04	99.8	63.20	±	0.38	280.0	±	1.6
# 397	3.42E-05	1.39E-03	±	3.15E-04	3.53E-04	±	5.17E-03	-2.38E-03	±	9.33E-04	99.3	59.77	±	0.46	265.9	±	1.9
# 398	2.85E-05	1.99E-03	±	4.36E-04	-4.90E-03	±	5.81E-03	-2.33E-03	±	9.26E-04	99.0	58.46	±	0.51	260.5	±	2.1
# 399	9.98E-06	1.04E-02	±	9.58E-04	-8.32E-03	±	1.65E-02	-1.11E-03	±	2.71E-03	92.4	37.58	±	0.53	171.7	±	2.3
# 400	3.55E-05	-2.43E-04	±	3.19E-04	-6.15E-03	±	4.48E-03	-2.62E-03	±	9.46E-04	100.1	65.95	±	0.33	291.2	±	1.3
# 401	3.81E-05	-1.95E-04	±	3.26E-04	-3.06E-04	±	4.71E-03	-1.89E-03	±	9.63E-04	100.1	65.72	±	0.39	290.3	±	1.6
# 402	3.63E-05	-1.13E-03	±	5.30E-04	-9.44E-05	±	4.52E-03	-3.24E-03	±	8.36E-04	100.5	64.93	±	0.32	287.1	±	1.3
# 403	3.55E-05	3.45E-04	±	5.70E-04	-2.03E-03	±	4.75E-03	-6.27E-04	±	7.40E-04	99.8	64.79	±	0.52	286.5	±	2.1
# 404	3.30E-05	6.30E-04	±	6.24E-04	-2.60E-04	±	5.06E-03	-2.72E-03	±	9.52E-04	99.7	64.19	±	0.48	284.1	±	2.0
# 405	3.55E-05	1.03E-03	±	5.47E-04	-5.12E-03	±	4.50E-03	-2.80E-03	±	9.47E-04	99.5	63.17	±	0.55	279.9	±	2.2
# 406	3.52E-05	1.14E-03	±	6.01E-04	1.92E-03	±	5.14E-03	-1.72E-03	±	8.10E-04	99.5	64.78	±	0.38	286.5	±	1.6
# 407	3.69E-05	4.53E-03	±	5.58E-04	-5.06E-04	±	4.52E-03	-2.02E-03	±	7.59E-04	98.0	64.29	±	0.50	284.5	±	2.1
# 408	3.62E-05	-1.47E-04	±	5.41E-04	3.82E-03	±	4.98E-03	-1.23E-03	±	9.05E-04	100.1	66.01	±	0.52	291.5	±	2.1
# 409	3.81E-05	1.67E-03	±	5.29E-04	3.14E-03	±	4.67E-03	-1.46E-03	±	6.47E-04	99.3	65.60	±	0.37	289.8	±	1.5
# 410	3.72E-05	1.31E-03	±	5.28E-04	-5.52E-03	±	4.38E-03	-3.04E-03	±	9.12E-04	99.4	66.31	±	0.44	292.7	±	1.8
# 411	3.53E-05	1.77E-03	±	6.01E-04	-7.77E-04	±	4.74E-03	-8.88E-04	±	9.56E-04	99.2	64.41	±	0.34	285.0	±	1.4
# 412	3.50E-05	8.65E-04	±	5.69E-04	-4.43E-03	±	4.65E-03	-2.14E-03	±	9.83E-04	99.6	65.22	±	0.52	288.3	±	2.1
# 413	3.54E-05	-9.25E-05	±	6.08E-04	-5.02E-03	±	4.68E-03	-1.59E-03	±	7.23E-04	100.0	66.95	±	0.36	295.3	±	1.5
Total															290.0	±	3.1

9.1.2.8. CAR7

	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$	$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$	$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$	% $^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$	Age (Ma)
--	--------------------	--	---	---	----------------------	-------------------------------------	----------

Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2618E-02 ± .3426E-04																	
# 1	1,14E-05	4,51E-02	±	2,23E-03	-5,53E-02	±	1,25E+00	1,24E-03	±	2,28E-03	83,0	65,29	±	0,92	284,6	±	3,7
# 2	2,90E-05	3,27E-02	±	8,52E-04	1,80E-01	±	5,34E-01	-4,65E-04	±	1,13E-03	87,2	66,01	±	0,41	287,5	±	1,6
# 3	2,97E-05	3,81E-02	±	9,83E-04	1,33E-01	±	5,07E-01	-5,30E-04	±	7,06E-04	85,5	66,06	±	0,49	287,7	±	2,0
# 4	3,04E-05	1,15E-02	±	7,90E-04	3,86E-01	±	5,07E-01	-5,39E-04	±	1,14E-03	95,0	64,78	±	0,40	282,6	±	1,6
# 5	2,90E-05	1,28E-02	±	8,25E-04	-2,39E-02	±	5,13E-01	-1,31E-03	±	6,90E-04	94,5	65,18	±	0,45	284,2	±	1,8
# 6	3,80E-05	1,17E-02	±	6,47E-04	-1,80E-01	±	4,07E-01	-7,78E-04	±	5,61E-04	95,0	65,62	±	0,42	286,0	±	1,7
# 7	2,90E-05	2,06E-02	±	8,88E-04	-1,07E-01	±	4,86E-01	2,14E-04	±	1,12E-03	91,5	65,63	±	0,42	286,0	±	1,7
# 8	2,90E-05	2,18E-02	±	9,52E-04	2,66E-01	±	5,20E-01	1,34E-03	±	1,21E-03	91,1	66,17	±	0,56	288,2	±	2,2
# 9	2,89E-05	3,11E-02	±	9,00E-04	1,76E-02	±	5,05E-01	-2,75E-03	±	1,20E-03	87,9	66,75	±	0,46	290,5	±	1,8
# 10	2,91E-05	1,56E-02	±	9,31E-04	-2,97E-02	±	5,16E-01	-1,25E-04	±	6,96E-04	93,5	65,88	±	0,53	287,0	±	2,2
# 11	2,96E-05	2,28E-02	±	8,37E-04	-2,61E-01	±	4,96E-01	-1,85E-03	±	9,05E-04	90,6	65,24	±	0,41	284,4	±	1,7
# 12	2,91E-05	3,68E-02	±	1,01E-03	1,83E-01	±	5,11E-01	-8,62E-04	±	8,64E-04	86,1	67,22	±	0,65	292,4	±	2,6
# 13	2,92E-05	1,65E-02	±	8,75E-04	1,74E-02	±	5,18E-01	-1,61E-03	±	9,46E-04	93,2	67,03	±	0,54	291,6	±	2,2
# 14	2,79E-05	4,17E-02	±	1,24E-03	3,78E-01	±	5,35E-01	-1,31E-03	±	1,02E-03	84,5	67,17	±	0,54	292,2	±	2,2
# 15	2,29E-05	1,88E-02	±	9,10E-04	3,64E-01	±	6,02E-01	-1,82E-03	±	1,38E-03	92,2	65,96	±	0,51	287,3	±	2,1
# 16	2,74E-05	5,61E-03	±	7,95E-04	1,09E-01	±	4,97E-01	-4,09E-04	±	8,86E-04	97,6	67,70	±	0,57	294,3	±	2,3
# 17	2,81E-05	2,21E-02	±	7,68E-04	-2,72E-02	±	4,68E-01	-5,81E-04	±	6,98E-04	91,0	66,01	±	0,58	287,5	±	2,3
# 18	2,79E-05	1,31E-02	±	8,88E-04	-4,40E-01	±	4,66E-01	-2,87E-03	±	7,99E-04	94,3	64,64	±	0,55	282,0	±	2,2
# 19	2,86E-05	1,00E-02	±	7,41E-04	3,49E-01	±	4,85E-01	-1,14E-04	±	1,01E-03	95,7	65,01	±	0,36	283,5	±	1,4
# 20	2,91E-05	1,15E-02	±	8,46E-04	1,26E-01	±	5,35E-01	-9,93E-04	±	9,44E-04	95,1	65,81	±	0,58	286,7	±	2,4
# 21	2,91E-05	6,99E-03	±	7,98E-04	-2,23E-01	±	4,86E-01	-7,21E-04	±	8,32E-04	96,8	62,47	±	0,60	273,2	±	2,4
# 22	2,89E-05	9,34E-03	±	7,36E-04	-3,29E-01	±	4,40E-01	-1,86E-03	±	7,56E-04	95,8	63,20	±	0,45	276,2	±	1,8
# 23	3,30E-05	5,20E-03	±	7,14E-04	8,63E-03	±	4,03E-01	-7,24E-04	±	8,31E-04	97,7	65,08	±	0,50	283,8	±	2,0
# 24	2,99E-05	1,02E-02	±	7,83E-04	-9,18E-02	±	4,58E-01	-4,18E-04	±	8,59E-04	95,2	60,24	±	0,51	264,2	±	2,1
# 25	3,33E-05	1,12E-02	±	6,67E-04	-4,23E-02	±	3,84E-01	2,27E-04	±	9,82E-04	94,8	60,63	±	0,32	265,7	±	1,3
# 26	2,98E-05	1,25E-02	±	7,59E-04	-3,70E-01	±	4,38E-01	-3,23E-04	±	7,80E-04	94,5	64,22	±	0,50	280,3	±	2,0
# 27	2,96E-05	1,03E-02	±	8,93E-04	1,75E-02	±	4,67E-01	-3,02E-04	±	1,12E-03	95,5	64,30	±	0,34	280,6	±	1,4
# 28	2,96E-05	5,15E-03	±	7,97E-04	1,14E-01	±	4,38E-01	-1,37E-03	±	7,39E-04	97,7	65,61	±	0,47	285,9	±	1,9
# 29	3,05E-05	5,93E-03	±	6,53E-04	4,74E-01	±	4,76E-01	1,74E-04	±	9,94E-04	97,4	65,59	±	0,58	285,8	±	2,3
# 30	3,03E-05	6,66E-03	±	7,31E-04	2,79E-01	±	4,62E-01	-1,86E-03	±	7,65E-04	97,1	65,70	±	0,57	286,3	±	2,3
# 31	1,44E-05	8,07E-03	±	1,35E-03	3,71E-01	±	9,62E-01	-1,74E-03	±	1,77E-03	96,5	64,99	±	0,64	283,4	±	2,6
# 32	3,26E-05	1,18E-02	±	5,54E-04	1,86E-01	±	4,34E-01	-8,96E-04	±	7,95E-04	94,5	60,44	±	0,48	265,0	±	1,9

# 33	2,86E-05	1,03E-02	±	7,75E-04	2,60E-01	±	4,81E-01	-7,04E-04	±	7,04E-04	95,5	65,48	±	0,53	285,4	±	2,1
# 34	3,39E-05	9,89E-03	±	5,60E-04	1,16E-01	±	3,86E-01	-6,73E-04	±	6,54E-04	95,7	64,42	±	0,40	281,1	±	1,6
# 35	2,80E-05	1,27E-02	±	6,18E-04	6,36E-02	±	4,93E-01	-1,08E-03	±	8,36E-04	94,7	66,65	±	0,55	290,1	±	2,2
# 36	3,08E-05	1,54E-02	±	8,11E-04	-5,47E-01	±	4,22E-01	-1,14E-03	±	8,19E-04	93,7	68,08	±	0,64	295,8	±	2,6
# 37	2,84E-05	7,03E-03	±	6,42E-04	1,44E-02	±	4,65E-01	-2,21E-03	±	8,68E-04	97,0	67,25	±	0,53	292,5	±	2,1
# 38	3,04E-05	4,84E-03	±	6,72E-04	5,66E-02	±	4,42E-01	-1,03E-03	±	9,28E-04	97,9	65,84	±	0,46	286,9	±	1,9
# 39	2,95E-05	4,53E-03	±	6,43E-04	-3,07E-01	±	4,49E-01	5,58E-05	±	9,84E-04	98,0	66,56	±	0,48	289,7	±	1,9
# 40	3,02E-05	2,47E-03	±	6,99E-04	-4,88E-01	±	4,27E-01	-1,06E-03	±	7,57E-04	98,9	66,72	±	0,43	290,4	±	1,7
# 41	2,99E-05	5,49E-03	±	6,43E-04	-1,10E-01	±	4,62E-01	-3,15E-04	±	6,87E-04	97,7	67,60	±	0,55	293,9	±	2,2
# 42	2,94E-05	7,31E-03	±	6,66E-04	5,04E-02	±	4,70E-01	-1,74E-03	±	8,65E-04	96,9	66,59	±	0,52	289,9	±	2,1
# 43	2,99E-05	7,64E-03	±	7,80E-04	-7,78E-02	±	4,63E-01	-2,93E-03	±	8,65E-04	96,7	66,88	±	0,37	291,0	±	1,5
# 44	2,98E-05	1,41E-02	±	6,76E-04	-1,86E-01	±	4,54E-01	-1,05E-03	±	1,06E-03	94,1	66,88	±	0,59	291,1	±	2,4
# 45	3,48E-05	4,08E-03	±	4,88E-04	3,57E-02	±	3,81E-01	1,07E-03	±	9,72E-04	98,2	66,90	±	0,40	291,1	±	1,6
# 46	1,59E-05	7,25E-03	±	9,97E-04	2,65E-02	±	8,59E-01	-2,78E-03	±	1,64E-03	96,8	65,23	±	0,63	284,4	±	2,6
# 47	2,85E-05	6,36E-03	±	5,53E-04	1,77E-01	±	5,02E-01	-2,00E-03	±	8,17E-04	97,3	66,64	±	0,42	290,1	±	1,7
# 48	2,80E-05	1,64E-02	±	7,01E-04	-5,87E-01	±	5,05E-01	-5,66E-08	±	9,10E-04	92,3	57,85	±	0,49	254,4	±	2,0
# 49	2,85E-05	1,25E-02	±	6,47E-04	2,75E-02	±	4,78E-01	-1,11E-03	±	1,13E-03	94,7	66,38	±	0,55	289,0	±	2,2
# 50	2,85E-05	1,61E-02	±	6,87E-04	-5,29E-01	±	4,76E-01	8,03E-05	±	8,18E-04	93,0	62,79	±	0,44	274,5	±	1,8
# 51	2,87E-05	1,57E-02	±	5,73E-04	-2,05E-01	±	4,76E-01	-1,40E-03	±	8,19E-04	93,0	61,13	±	0,48	267,8	±	2,0
# 52	2,74E-05	2,13E-03	±	5,90E-04	2,10E-01	±	4,99E-01	-4,01E-04	±	7,70E-04	99,1	67,71	±	0,58	294,4	±	2,3
# 53	3,26E-05	1,68E-03	±	5,58E-04	-9,14E-02	±	4,31E-01	-7,01E-04	±	9,23E-04	99,3	67,47	±	0,48	293,4	±	1,9
# 54	2,64E-05	8,71E-04	±	5,85E-04	2,97E-02	±	5,63E-01	-3,12E-04	±	1,12E-03	99,6	67,24	±	0,60	292,5	±	2,4
# 55	2,50E-05	2,30E-03	±	6,28E-04	8,72E-02	±	6,06E-01	-3,39E-04	±	8,50E-04	99,0	66,38	±	0,55	289,0	±	2,2
# 56	1,97E-05	1,39E-02	±	1,28E-03	-5,50E-01	±	7,55E-01	-2,80E-03	±	1,25E-03	93,9	62,73	±	0,52	274,3	±	2,1
# 57	2,81E-05	1,61E-02	±	9,46E-04	5,26E-02	±	5,55E-01	-2,00E-03	±	8,58E-04	93,0	63,18	±	0,56	276,1	±	2,3
# 58	2,96E-05	6,00E-03	±	8,24E-04	2,26E-01	±	5,16E-01	-2,06E-03	±	6,64E-04	97,4	66,85	±	0,48	290,9	±	1,9
# 59	3,00E-05	3,99E-03	±	8,39E-04	-9,91E-02	±	5,31E-01	2,65E-03	±	1,02E-03	98,3	67,03	±	0,43	291,6	±	1,7
# 60	3,23E-05	5,38E-03	±	7,57E-04	1,53E-01	±	4,51E-01	-8,48E-04	±	7,28E-04	97,6	65,49	±	0,38	285,4	±	1,5
# 61	3,20E-05	1,44E-02	±	7,81E-04	5,01E-02	±	4,56E-01	-8,21E-04	±	1,06E-03	93,3	59,55	±	0,51	261,3	±	2,1
# 62	3,23E-05	1,55E-02	±	9,52E-04	-1,64E-01	±	4,58E-01	-5,62E-04	±	8,34E-04	93,2	62,99	±	0,50	275,3	±	2,0
# 63	3,22E-05	1,80E-02	±	9,17E-04	-4,74E-01	±	4,40E-01	-1,31E-03	±	9,65E-04	91,0	53,93	±	0,49	238,2	±	2,0
# 64	2,68E-05	2,33E-02	±	1,20E-03	-1,59E-01	±	5,41E-01	4,82E-04	±	1,03E-03	89,4	57,68	±	0,67	253,7	±	2,7
# 65	8,55E-06	-2,52E-03	±	2,37E-03	5,15E-01	±	1,66E+00	-3,65E-03	±	2,27E-03	101,1	68,65	±	1,25	298,1	±	5,0
# 66	2,52E-05	1,97E-03	±	8,38E-04	4,22E-01	±	5,86E-01	-4,06E-04	±	9,75E-04	99,2	68,12	±	0,63	296,0	±	2,5
# 67	1,99E-05	8,59E-03	±	1,12E-03	-5,46E-01	±	7,46E-01	-5,98E-04	±	1,28E-03	96,4	67,65	±	0,70	294,1	±	2,8
# 68	2,06E-05	1,55E-02	±	1,14E-03	-3,44E-01	±	7,15E-01	1,00E-03	±	1,20E-03	93,7	68,02	±	0,72	295,6	±	2,9
# 69	1,31E-05	7,82E-02	±	2,10E-03	4,16E-01	±	1,13E+00	-3,65E-03	±	2,07E-03	73,9	65,53	±	1,11	285,6	±	4,5

# 70	4,20E-05	6,62E-03	±	5,22E-04	1,12E-01	±	3,55E-01	-8,68E-04	±	6,80E-04	97,2	66,85	±	0,46	290,9	±	1,8
# 71	3,27E-05	5,61E-03	±	6,71E-04	-3,38E-01	±	4,40E-01	-8,27E-04	±	8,49E-04	97,6	66,21	±	0,47	288,3	±	1,9
# 72	3,11E-05	3,64E-03	±	6,68E-04	-3,53E-01	±	4,59E-01	-1,33E-03	±	1,05E-03	98,4	68,05	±	0,46	295,7	±	1,8
# 73	1,99E-05	1,23E-02	±	1,09E-03	-4,95E-01	±	7,54E-01	1,74E-03	±	1,71E-03	94,9	67,10	±	0,60	291,9	±	2,4
# 74	2,84E-05	7,11E-03	±	7,25E-04	3,07E-01	±	5,13E-01	6,41E-04	±	6,93E-04	97,0	68,31	±	0,46	296,8	±	1,8
# 75	2,86E-05	5,35E-03	±	7,94E-04	1,56E-01	±	5,24E-01	-2,16E-03	±	7,59E-04	97,7	66,40	±	0,44	289,1	±	1,8
# 76	2,49E-05	8,59E-03	±	9,58E-04	-2,72E-01	±	5,88E-01	-6,28E-04	±	9,55E-04	96,4	68,18	±	0,65	296,3	±	2,6
# 77	2,60E-05	1,02E-02	±	9,35E-04	-2,75E-03	±	5,86E-01	-5,15E-04	±	1,05E-03	95,6	66,08	±	0,48	287,8	±	1,9
# 78	9,23E-06	6,83E-03	±	3,86E-03	9,44E-01	±	1,83E+00	-1,42E-03	±	2,98E-03	97,1	67,06	±	1,46	291,8	±	5,9
# 79	2,49E-05	5,23E-03	±	1,45E-03	-1,54E-01	±	6,16E-01	-4,64E-04	±	1,07E-03	97,7	66,62	±	0,62	290,0	±	2,5
# 80	2,58E-05	2,82E-03	±	1,40E-03	-1,30E-01	±	6,30E-01	4,99E-04	±	9,55E-04	98,8	67,88	±	0,69	295,0	±	2,8
# 81	2,81E-05	1,33E-02	±	1,34E-03	-2,65E-01	±	5,26E-01	-4,58E-03	±	8,41E-04	93,9	60,65	±	0,61	265,8	±	2,5
# 82	2,35E-05	4,87E-03	±	1,54E-03	-2,02E-02	±	6,95E-01	-3,98E-03	±	1,00E-03	97,9	66,72	±	0,64	290,4	±	2,6
# 83	2,85E-05	2,86E-03	±	1,26E-03	-1,93E-01	±	5,51E-01	9,64E-04	±	1,01E-03	98,8	66,80	±	0,49	290,7	±	2,0
# 84	2,57E-05	4,93E-03	±	1,42E-03	5,19E-02	±	6,07E-01	1,03E-03	±	8,46E-04	97,9	67,07	±	0,61	291,8	±	2,5
# 85	2,46E-05	9,55E-03	±	1,50E-03	-4,11E-02	±	6,12E-01	-2,28E-03	±	1,25E-03	95,8	64,88	±	0,74	283,0	±	3,0
# 86	2,69E-05	1,33E-02	±	1,36E-03	3,34E-01	±	5,85E-01	-2,45E-03	±	9,13E-04	94,1	62,71	±	0,60	274,2	±	2,4
# 87	2,56E-05	3,41E-03	±	1,39E-03	-3,56E-01	±	5,88E-01	5,04E-04	±	9,06E-04	98,5	66,38	±	0,63	289,0	±	2,5
# 88	2,72E-05	1,59E-02	±	1,33E-03	2,05E-01	±	5,39E-01	-1,83E-04	±	1,15E-03	93,1	63,59	±	0,52	277,8	±	2,1
# 89	2,70E-05	1,25E-02	±	1,51E-03	-1,01E-02	±	5,78E-01	-1,99E-04	±	1,02E-03	94,8	67,22	±	0,77	292,4	±	3,1
# 90	2,67E-05	1,07E-02	±	1,40E-03	-5,54E-02	±	5,61E-01	9,57E-05	±	1,30E-03	95,2	62,26	±	0,66	272,4	±	2,7
# 91	1,16E-05	1,44E-02	±	1,48E-03	-9,15E-01	±	1,38E+00	-4,60E-03	±	1,86E-03	93,6	62,29	±	0,76	272,5	±	3,1
# 92	2,80E-05	2,06E-02	±	5,87E-04	-4,59E-01	±	5,24E-01	-1,56E-04	±	1,20E-03	90,8	59,74	±	0,45	262,1	±	1,8
# 93	3,20E-05	7,81E-03	±	5,60E-04	-2,03E-01	±	4,48E-01	2,85E-04	±	8,37E-04	96,6	64,68	±	0,45	282,2	±	1,8
# 94	3,02E-05	2,83E-02	±	6,93E-04	-3,01E-01	±	4,96E-01	-2,38E-04	±	9,70E-04	87,1	56,23	±	0,38	247,7	±	1,6
# 95	3,25E-05	1,66E-02	±	5,57E-04	6,30E-02	±	4,80E-01	-1,14E-03	±	6,00E-04	93,0	65,00	±	0,59	283,5	±	2,4
# 96	9,21E-06	9,76E-02	±	2,83E-03	1,71E+00	±	1,61E+00	8,41E-03	±	3,23E-03	71,1	70,94	±	1,11	307,3	±	4,4
# 97	3,05E-05	1,83E-02	±	4,90E-04	9,38E-02	±	4,78E-01	-1,19E-03	±	9,91E-04	91,0	54,78	±	0,36	241,7	±	1,5
# 98	3,21E-05	7,38E-03	±	5,44E-04	-1,50E-01	±	5,11E-01	-1,65E-03	±	8,88E-04	96,7	63,92	±	0,54	279,1	±	2,2
# 99	2,97E-05	3,06E-02	±	6,73E-04	-2,01E-01	±	5,06E-01	-2,65E-04	±	1,05E-03	84,2	48,26	±	0,32	214,6	±	1,4
# 100	2,86E-05	2,00E-02	±	5,72E-04	-1,65E-01	±	5,83E-01	-2,92E-04	±	1,00E-03	90,9	59,23	±	0,44	260,0	±	1,8
# 101	2,95E-05	1,02E-02	±	5,47E-04	-6,28E-02	±	5,63E-01	5,13E-04	±	8,19E-04	95,3	61,59	±	0,50	269,6	±	2,1
# 102	9,38E-06	1,64E-01	±	3,01E-03	-4,23E-01	±	1,64E+00	2,84E-03	±	2,60E-03	43,6	37,34	±	0,88	168,2	±	3,8
# 103	2,72E-06	4,93E-01	±	1,89E-02	-5,27E-01	±	5,44E+00	3,15E-03	±	1,01E-02	24,2	46,40	±	3,27	206,8	±	14
# 104	2,90E-05	1,82E-02	±	6,57E-04	-3,87E-01	±	5,14E-01	1,68E-03	±	1,02E-03	91,3	55,91	±	0,41	246,4	±	1,7
# 105	3,22E-05	1,76E-02	±	5,81E-04	-5,76E-02	±	4,63E-01	9,57E-05	±	1,02E-03	92,7	66,19	±	0,60	288,3	±	2,4
# 106	3,40E-05	1,81E-02	±	4,79E-04	-3,85E-01	±	4,34E-01	4,11E-04	±	7,31E-04	92,2	62,81	±	0,37	274,6	±	1,5

# 107	2,70E-05	3,22E-02	±	9,22E-04	1,29E-01	±	5,59E-01	-2,12E-03	±	1,20E-03	84,9	53,59	±	0,37	236,8	±	1,5
# 108	2,97E-07	8,64E+00	±	8,82E-01	3,52E+00	±	5,13E+01	-1,28E-01	±	1,34E-01	18,0	560,8	±	61,4	1630,0	±	118
# 109	3,26E-05	1,29E-02	±	4,35E-04	-3,10E-01	±	5,04E-01	-1,67E-03	±	1,21E-03	94,6	66,50	±	0,34	289,5	±	1,4
# 110	2,78E-05	7,13E-03	±	3,99E-04	2,83E-01	±	5,27E-01	1,36E-03	±	9,49E-04	96,9	66,26	±	0,43	288,5	±	1,7
Total	2,97E-03	1,48E-02	±	8,58E-05	-4,35E-02	±	5,15E-02	-7,32E-04	±	9,59E-05	93,6	64,48	±	0,05	281,3	±	3,4

9.2. Chapitre 5 :

9.2.1. Données chimiques

9.2.1.1. Matériau de départ

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.28	1.91	27.65	46.97	10.62	0.00	0.02	6.09	0.00	0.00	0.91	94.44
#2	0.26	1.75	28.55	46.41	10.45	0.01	0.04	5.85	0.00	0.00	1.05	94.38
#3	0.19	1.85	27.90	46.74	10.79	0.00	0.04	5.46	0.00	0.00	1.12	94.09
#4	0.23	1.93	28.04	46.41	10.50	0.00	0.00	5.30	0.00	0.00	1.14	93.56
#5	0.27	1.71	28.97	45.28	10.73	0.00	0.07	5.96	0.00	0.00	1.05	94.04
#6	0.29	1.80	27.80	46.86	11.09	0.00	0.00	6.04	0.00	0.00	1.21	95.10
#7	0.27	1.82	27.74	46.48	10.81	0.00	0.00	5.64	0.00	0.02	1.04	93.82
#8	0.28	1.93	27.53	47.10	10.89	0.00	0.00	5.85	0.00	0.00	1.14	94.73
#9	0.32	1.89	27.88	46.11	10.90	0.00	0.04	6.59	0.00	0.00	1.09	94.81
#10	0.25	1.79	27.92	47.01	10.80	0.01	0.01	5.59	0.00	0.00	1.02	94.39
#11	0.27	1.79	28.44	47.11	10.86	0.01	0.00	5.63	0.00	0.01	1.06	95.19
#12	0.29	1.79	27.89	46.53	11.03	0.00	0.14	5.80	0.00	0.00	0.99	94.47
#13	0.24	1.88	28.05	46.82	10.80	0.00	0.11	5.74	0.00	0.00	1.01	94.66
#14	0.32	1.78	28.45	46.46	11.07	0.00	0.00	5.80	0.00	0.00	0.89	94.77
#15	0.28	1.89	28.01	46.51	10.91	0.00	0.10	6.27	0.00	0.00	0.95	94.91
#16	0.29	1.89	28.12	46.21	11.01	0.00	0.00	6.62	0.00	0.01	0.83	94.99
#17	0.29	1.92	28.40	46.60	10.94	0.00	0.07	6.22	0.00	0.01	0.94	95.37
#18	0.21	1.82	28.55	46.30	11.00	0.00	0.14	5.52	0.00	0.00	1.04	94.58
#19	0.19	1.88	28.16	46.81	11.14	0.00	0.05	5.67	0.00	0.00	1.02	94.92
#20	0.24	1.89	28.26	47.22	10.98	0.00	0.13	5.37	0.00	0.02	1.00	95.11
#21	0.24	1.80	28.55	46.92	11.00	0.00	0.06	5.56	0.00	0.00	1.14	95.28
#22	0.17	1.78	28.37	46.76	10.97	0.00	0.07	5.43	0.00	0.00	1.11	94.66
#23	0.28	1.95	27.20	45.80	10.98	0.00	0.06	7.06	0.00	0.00	0.94	94.27
#24	0.25	1.94	27.91	46.91	10.99	0.02	0.02	6.08	0.00	0.01	0.83	94.94
#25	0.29	1.54	28.80	46.11	10.88	0.00	0.04	6.40	0.00	0.00	0.96	95.02
#26	0.23	2.18	26.77	47.28	11.09	0.00	0.07	6.53	0.00	0.01	0.81	94.97
#27	0.22	2.02	27.75	47.07	11.03	0.00	0.00	6.07	0.00	0.00	0.93	95.09
#28	0.25	1.50	29.01	45.93	10.92	0.00	0.05	6.78	0.00	0.01	0.89	95.34
#29	0.27	1.58	29.19	45.72	11.06	0.00	0.00	6.37	0.00	0.00	0.96	95.17
#30	0.23	1.92	28.28	46.73	10.97	0.00	0.07	6.30	0.00	0.00	0.89	95.38
#31	0.21	1.92	28.13	47.04	10.82	0.00	0.07	6.13	0.00	0.00	0.90	95.21
#32	0.27	1.85	28.23	46.84	10.61	0.00	0.11	6.70	0.00	0.00	0.87	95.47
#33	0.33	1.50	29.26	45.32	10.54	0.00	0.02	6.77	0.00	0.00	1.01	94.74
#34	0.27	1.89	28.28	46.64	10.39	0.00	0.05	6.23	0.00	0.01	0.95	94.71
#35	0.26	1.86	27.26	46.63	10.42	0.00	0.00	6.14	0.00	0.00	0.96	93.53
#36	0.28	1.91	27.67	47.27	10.69	0.00	0.15	6.53	0.00	0.00	0.97	95.47
#37	0.25	1.65	29.26	46.39	10.86	0.00	0.00	5.21	0.00	0.00	0.96	94.59
#38	0.21	1.64	28.61	46.95	10.97	0.00	0.10	5.34	0.00	0.00	1.46	95.29
#39	0.25	1.68	28.76	46.61	11.06	0.00	0.06	5.39	0.00	0.00	1.59	95.40

9.2.1.2. NOR1

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.23	1.69	28.38	46.48	10.97	0.00	0.00	6.09	0.00	0.00	1.09	94.93
#2	0.27	1.76	28.93	46.23	11.05	0.00	0.09	6.19	0.00	0.00	1.16	95.67
#3	0.25	1.83	28.80	46.78	11.07	0.00	0.15	5.22	0.00	0.00	1.18	95.28
#4	0.29	1.68	28.58	46.29	10.96	0.00	0.00	5.64	0.00	0.00	1.13	94.58
#5	0.18	1.68	28.71	46.69	10.89	0.00	0.08	5.96	0.00	0.00	1.08	95.27
#6	0.28	1.92	27.78	46.60	10.56	0.00	0.02	6.76	0.00	0.00	1.10	95.02
#7	0.24	1.84	27.36	46.47	10.81	0.00	0.03	5.97	0.00	0.00	1.18	93.91
#8	0.33	1.82	27.72	46.50	10.82	0.00	0.05	6.43	0.00	0.01	1.15	94.83

#9	0.18	1.89	26.43	44.58	9.98	0.00	0.10	6.03	0.00	0.03	1.12	90.35
#10	0.25	1.92	27.04	45.82	10.52	0.00	0.09	6.04	0.00	0.02	0.95	92.65
#11	0.33	1.89	27.98	46.53	11.10	0.00	0.04	6.46	0.00	0.00	0.95	95.27
#12	0.28	1.82	27.92	46.50	10.99	0.00	0.03	6.25	0.00	0.00	1.12	94.92
#13	0.26	2.27	26.61	47.51	10.82	0.00	0.07	6.04	0.00	0.00	0.83	94.42
#14	0.23	2.05	27.68	47.09	11.00	0.00	0.03	6.21	0.00	0.00	0.95	95.25
#15	0.31	1.52	28.87	45.83	11.01	0.00	0.03	6.22	0.00	0.00	0.96	94.75
#16	0.25	1.53	28.53	45.43	10.85	0.00	0.04	6.32	0.00	0.00	1.03	93.99
#17	0.21	1.80	28.44	47.00	11.13	0.00	0.00	5.39	0.00	0.00	1.12	95.08
#18	0.25	1.91	28.09	47.27	10.89	0.00	0.08	5.69	0.00	0.01	1.07	95.27
#19	0.31	1.76	28.39	46.60	10.86	0.00	0.00	6.62	0.00	0.00	1.11	95.66
#20	0.30	1.96	27.29	46.60	10.82	0.00	0.03	6.82	0.00	0.00	1.05	94.87
#21	0.22	1.84	27.35	46.20	10.91	0.00	0.12	5.79	0.00	0.00	0.99	93.41
#22	0.25	1.98	27.93	46.61	10.89	0.00	0.02	6.38	0.00	0.00	1.07	95.13
#23	0.29	2.01	27.12	46.70	10.86	0.00	0.12	6.42	0.00	0.01	1.07	94.60
#24	0.35	1.92	27.09	46.13	10.71	0.00	0.07	6.29	0.00	0.00	1.08	93.63
#25	0.17	1.83	27.88	46.13	10.78	0.01	0.03	5.41	0.00	0.01	1.08	93.33
#26	0.30	1.56	28.67	45.15	11.00	0.00	0.05	6.15	0.00	0.02	1.12	94.00
#27	0.24	1.53	29.33	45.97	10.97	0.00	0.09	6.06	0.00	0.00	1.09	95.29
#28	0.27	1.81	28.59	47.45	11.02	0.00	0.00	5.94	0.00	0.01	1.09	96.19
#29	0.23	1.74	28.35	46.57	11.21	0.00	0.00	5.59	0.00	0.02	1.10	94.79
#30	0.31	1.91	27.33	46.41	10.56	0.00	0.10	6.08	0.00	0.03	1.14	93.86
#31	0.27	2.01	27.32	46.73	11.07	0.00	0.00	6.16	0.00	0.00	1.19	94.74
#32	0.28	1.77	28.54	46.87	11.02	0.00	0.00	5.78	0.00	0.02	0.99	95.26
#33	0.25	1.83	28.07	46.98	11.00	0.00	0.00	5.91	0.00	0.00	0.95	95.01
#34	0.24	1.43	26.86	43.78	10.33	0.05	0.00	7.48	0.00	0.04	1.01	91.22
#35	0.26	1.86	27.48	46.03	10.73	0.00	0.00	6.34	0.00	0.03	0.91	93.65
#36	0.27	2.19	27.96	47.08	10.81	0.00	0.14	6.91	0.00	0.05	1.13	96.54
#37	0.34	1.56	29.31	45.59	10.61	0.00	0.06	6.85	0.00	0.01	0.89	95.21
#38	0.31	1.50	28.31	45.24	10.65	0.00	0.00	6.68	0.00	0.04	0.91	93.64
#39	0.31	1.36	28.39	45.60	10.89	0.00	0.08	6.02	0.00	0.04	0.98	93.67
#40	0.25	1.85	27.32	45.92	10.67	0.00	0.06	6.38	0.00	0.05	0.93	93.41
#41	0.29	1.87	28.09	46.73	10.93	0.00	0.07	6.29	0.00	0.00	1.04	95.30
#42	0.29	1.81	28.19	46.64	10.82	0.00	0.00	6.04	0.00	0.00	1.03	94.82
#43	0.36	1.80	27.81	47.05	10.52	0.00	0.07	6.46	0.00	0.00	0.98	95.07
#44	0.32	1.79	27.82	45.56	11.02	0.00	0.00	6.06	0.00	0.00	1.02	93.58
#45	0.34	1.65	28.99	46.56	10.91	0.00	0.10	5.94	0.00	0.00	1.11	95.59
#46	0.28	1.78	28.33	46.80	10.97	0.00	0.03	6.06	0.00	0.02	1.03	95.30
#47	0.32	1.91	28.04	46.38	11.06	0.00	0.01	6.31	0.00	0.01	1.05	95.09
#48	0.25	2.02	27.26	46.82	10.74	0.00	0.00	5.86	0.00	0.02	0.88	93.86
#49	0.29	1.84	27.87	46.37	10.74	0.00	0.10	6.20	0.00	0.00	1.04	94.46
#50	0.28	1.91	27.87	46.29	10.93	0.00	0.00	6.18	0.00	0.01	1.17	94.64
#51	0.28	1.76	28.78	46.14	10.91	0.02	0.07	5.72	0.00	0.00	1.10	94.77
#52	0.23	1.82	27.97	46.67	11.03	0.00	0.00	5.76	0.00	0.00	1.17	94.67
#53	0.32	1.64	28.92	46.24	10.82	0.00	0.00	5.85	0.00	0.00	0.99	94.79
#54	0.26	1.76	27.89	46.24	10.91	0.00	0.09	6.03	0.00	0.00	1.11	94.29
#55	0.28	1.59	28.26	45.43	10.92	0.00	0.08	6.15	0.00	0.00	1.18	93.89
#56	0.30	1.58	28.95	46.02	10.95	0.00	0.00	6.48	0.00	0.00	1.03	95.30
#57	0.20	1.91	29.05	48.15	8.89	0.00	0.00	5.62	0.00	0.02	1.13	94.98
#58	0.19	2.00	27.27	46.77	10.75	0.00	0.01	6.15	0.00	0.01	1.05	94.20
#59	0.22	2.18	26.85	47.33	11.07	0.00	0.03	5.77	0.00	0.01	0.94	94.40
#60	0.21	2.05	27.85	47.37	10.89	0.00	0.00	5.71	0.00	0.01	0.98	95.08
#61	0.31	1.91	27.80	46.56	10.60	0.00	0.10	6.01	0.00	0.00	1.00	94.28
#62	0.25	1.95	27.29	46.73	10.75	0.00	0.01	6.41	0.00	0.00	0.91	94.32
#63	0.23	1.94	27.35	45.68	10.94	0.00	0.03	5.89	0.00	0.01	0.94	93.01
#64	0.26	2.12	27.38	46.59	10.69	0.01	0.09	6.09	0.00	0.01	1.16	94.39
#65	0.28	1.81	27.49	45.82	10.94	0.00	0.04	6.17	0.00	0.00	1.16	93.72
#66	0.29	1.79	27.83	46.50	10.73	0.00	0.12	6.69	0.00	0.00	1.13	95.09

#67	0.24	1.82	27.99	46.22	10.93	0.00	0.03	6.83	0.00	0.00	1.11	95.17
#68	0.27	1.68	27.59	45.53	10.21	0.00	0.00	6.12	0.00	0.03	1.05	92.49
#69	0.24	1.84	27.96	46.10	11.11	0.00	0.00	6.30	0.00	0.00	1.10	94.64

9.2.1.3. NOR2a

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.26	1.87	27.43	45.68	10.78	0.00	0.00	5.80	0.00	0.02	1.24	93.09
#2	0.28	1.85	27.94	47.02	10.83	0.00	0.00	5.99	0.00	0.00	1.06	94.99
#3	0.25	1.88	28.32	46.35	10.94	0.00	0.11	5.69	0.00	0.02	1.08	94.63
#4	0.23	1.76	28.43	46.94	10.73	0.00	0.01	5.94	0.00	0.00	0.94	94.98
#5	0.28	1.92	27.85	46.26	10.73	0.00	0.23	6.24	0.00	0.00	1.34	94.84
#6	0.30	1.89	27.63	46.42	10.75	0.00	0.01	5.88	0.00	0.00	1.17	94.06
#7	0.20	1.73	28.50	46.38	11.05	0.00	0.00	5.60	0.00	0.01	1.16	94.63
#8	0.20	1.88	28.06	46.43	10.86	0.00	0.08	6.96	0.00	0.00	1.20	95.68
#9	0.23	1.50	29.43	45.65	10.83	0.00	0.02	5.98	0.00	0.01	1.08	94.72
#10	0.24	1.80	28.44	46.01	10.91	0.00	0.01	5.43	0.00	0.01	1.12	93.97
#11	0.36	1.61	28.45	44.81	10.62	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.99	93.51
#12	0.25	1.60	28.83	44.88	11.01	0.00	0.04	5.94	0.00	0.01	0.98	93.55
#13	0.28	1.82	28.00	45.88	10.98	0.00	0.04	5.43	0.00	0.00	1.10	93.54
#14	0.26	1.85	28.23	46.39	11.15	0.00	0.00	5.97	0.00	0.00	1.28	95.14
#15	0.23	1.92	27.79	46.26	11.06	0.00	0.00	5.40	0.00	0.01	1.06	93.71
#16	0.26	1.82	28.26	45.72	11.10	0.00	0.07	6.19	0.00	0.00	1.00	94.42
#17	0.24	2.29	27.04	47.48	11.13	0.00	0.11	5.75	0.00	0.01	0.85	94.91
#18	0.20	1.77	28.12	45.85	11.08	0.00	0.11	6.20	0.00	0.00	1.02	94.34
#19	0.26	1.62	28.97	45.26	11.07	0.00	0.00	6.36	0.00	0.00	1.21	94.75
#20	0.22	1.85	27.90	45.74	11.08	0.00	0.00	6.60	0.00	0.00	1.15	94.54
#21	0.29	1.90	28.57	46.46	10.96	0.00	0.11	6.12	0.00	0.01	1.05	95.46
#22	0.29	1.55	28.77	45.54	10.69	0.00	0.06	6.65	0.00	0.02	1.04	94.62
#23	0.36	1.66	28.72	45.15	11.15	0.00	0.05	6.82	0.00	0.00	1.06	94.97
#24	0.24	2.05	27.46	46.22	10.86	0.00	0.06	6.37	0.00	0.00	1.10	94.37
#25	0.28	1.78	28.47	45.91	10.80	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	1.04	94.39
#26	0.29	1.86	28.20	46.02	10.88	0.00	0.09	6.91	0.00	0.01	1.20	95.46
#27	0.28	1.92	27.58	45.95	10.92	0.00	0.00	6.26	0.00	0.00	1.04	93.95
#28	0.26	2.18	27.23	47.25	10.93	0.00	0.01	5.92	0.00	0.00	0.97	94.76
#29	0.19	2.37	26.78	47.01	11.00	0.00	0.07	6.38	0.00	0.00	0.88	94.68
#30	0.26	2.10	27.42	47.10	11.23	0.00	0.00	5.46	0.00	0.00	0.82	94.38
#31	0.33	1.76	28.64	45.14	10.96	0.00	0.03	6.46	0.00	0.00	1.06	94.39
#32	0.27	1.94	28.01	46.09	11.01	0.00	0.02	6.79	0.00	0.00	1.08	95.22
#33	0.26	1.83	28.43	45.43	11.03	0.00	0.04	5.92	0.00	0.00	1.12	94.06
#34	0.36	1.65	28.75	45.53	11.06	0.00	0.05	6.93	0.00	0.00	1.03	95.35
#35	0.34	1.57	28.98	44.75	10.77	0.00	0.00	7.06	0.00	0.00	0.84	94.32
#36	0.29	2.24	26.67	46.90	10.96	0.00	0.00	6.66	0.00	0.00	0.79	94.51
#37	0.28	2.36	26.59	47.10	10.85	0.00	0.00	6.75	0.00	0.01	0.77	94.70
#38	0.25	2.23	26.82	46.98	10.90	0.00	0.00	6.09	0.00	0.00	0.82	94.10
#39	0.31	2.18	26.73	46.65	10.97	0.00	0.22	6.38	0.00	0.02	0.80	94.25
#40	0.35	1.63	28.84	44.72	10.87	0.00	0.15	7.19	0.00	0.00	0.91	94.68
#41	0.25	1.50	29.07	46.06	11.13	0.00	0.07	6.30	0.00	0.00	0.91	95.29
#42	0.13	1.82	28.00	46.67	11.05	0.00	0.01	6.38	0.00	0.00	0.90	94.97
#43	0.28	1.82	28.38	44.84	11.09	0.00	0.09	7.22	0.00	0.01	1.19	94.92
#44	0.20	1.88	27.79	45.72	11.17	0.00	0.02	6.03	0.00	0.00	1.11	93.92
#45	0.24	1.88	27.78	46.15	11.28	0.00	0.09	6.02	0.00	0.01	1.12	94.57
#46	0.29	1.69	28.54	45.71	10.86	0.00	0.07	6.14	0.00	0.01	1.03	94.34
#47	0.32	1.55	28.92	45.34	11.09	0.00	0.02	6.65	0.00	0.00	1.03	94.92
#48	0.42	1.39	29.35	44.97	10.85	0.00	0.12	6.67	0.00	0.01	0.95	94.73
#49	0.42	1.40	29.29	44.11	10.87	0.00	0.11	6.82	0.00	0.01	1.02	94.05
#50	0.31	1.80	28.11	45.34	11.03	0.00	0.00	6.78	0.00	0.00	1.00	94.37
#51	0.44	1.55	29.00	45.14	10.93	0.00	0.00	7.06	0.00	0.00	1.03	95.17

#52	0.27	1.96	27.80	46.05	11.05	0.00	0.08	6.34	0.00	0.00	1.24	94.77
#53	0.30	1.53	28.85	45.14	10.83	0.00	0.08	6.87	0.00	0.00	1.10	94.70

9.2.1.4. NOR2b

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.35	1.49	28.73	45.11	10.93	0.00	0.07	6.31	0.00	0.00	1.03	94.02
#2	0.24	1.56	28.30	45.62	11.02	0.00	0.00	6.21	0.00	0.00	1.10	94.05
#3	0.31	1.44	28.87	44.74	10.80	0.00	0.05	7.05	0.00	0.00	1.01	94.27
#4	0.15	1.68	28.58	45.81	11.01	0.00	0.00	6.25	0.00	0.00	1.00	94.48
#5	0.23	2.21	26.80	47.47	10.64	0.00	0.00	6.16	0.00	0.00	0.87	94.39
#6	0.27	1.67	28.73	45.52	10.92	0.00	0.01	6.07	0.00	0.02	1.12	94.32
#7	0.20	1.91	27.88	45.88	10.93	0.00	0.10	6.21	0.00	0.00	1.20	94.31
#8	0.33	1.46	28.93	45.12	10.61	0.00	0.03	6.59	0.00	0.00	1.15	94.22
#9	0.32	1.32	29.85	45.40	10.89	0.00	0.06	6.08	0.00	0.00	1.05	94.98
#10	0.32	1.64	28.42	45.13	10.83	0.00	0.00	5.98	0.00	0.00	1.12	93.45
#11	0.27	1.58	28.59	45.17	10.85	0.00	0.00	6.41	0.00	0.00	0.94	93.81
#12	0.25	2.34	26.59	46.85	11.04	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	0.77	93.96
#13	0.26	2.40	26.19	46.89	10.86	0.00	0.00	6.47	0.00	0.00	0.95	94.02
#14	0.30	1.65	28.44	45.29	10.71	0.00	0.05	6.14	0.00	0.00	1.03	93.61
#15	0.21	1.73	27.93	45.61	10.92	0.00	0.04	5.97	0.00	0.00	1.16	93.58
#16	0.21	1.90	28.14	46.52	10.84	0.00	0.00	5.70	0.00	0.00	1.11	94.42
#17	0.27	1.95	28.09	46.48	10.89	0.00	0.02	6.17	0.00	0.00	1.00	94.88
#18	0.25	1.79	28.30	46.51	11.04	0.00	0.00	5.86	0.00	0.02	1.02	94.78
#19	0.29	1.98	27.78	46.20	10.92	0.00	0.11	6.43	0.00	0.00	0.97	94.68
#20	0.31	1.94	28.10	45.94	10.91	0.00	0.04	6.29	0.00	0.00	1.16	94.70
#21	0.24	1.88	27.80	45.87	10.99	0.00	0.00	5.53	0.00	0.01	1.04	93.35
#22	0.22	1.79	28.58	46.42	10.88	0.00	0.01	5.67	0.00	0.00	1.14	94.70
#23	0.24	1.91	27.87	46.46	11.07	0.00	0.00	5.90	0.00	0.00	1.11	94.56
#24	0.26	1.73	28.25	45.52	11.27	0.00	0.00	6.92	0.00	0.00	1.03	94.97
#25	0.33	1.43	29.17	44.95	10.85	0.00	0.07	6.72	0.00	0.00	0.96	94.48
#26	0.27	2.19	27.05	46.47	10.89	0.00	0.07	6.00	0.00	0.00	0.91	93.84
#27	0.19	2.25	26.76	47.34	11.00	0.00	0.00	5.78	0.00	0.01	0.92	94.25
#28	0.29	1.64	28.82	46.15	11.00	0.00	0.10	6.42	0.00	0.00	0.92	95.35
#29	0.30	1.79	28.61	46.55	11.09	0.00	0.00	5.37	0.00	0.02	0.88	94.61
#30	0.21	2.05	26.73	46.56	10.73	0.00	0.13	5.95	0.00	0.00	0.90	93.25
#31	0.25	2.08	26.85	46.30	10.91	0.00	0.00	5.68	0.00	0.00	0.94	93.00
#32	0.24	2.10	26.90	46.12	10.87	0.00	0.00	6.21	0.00	0.00	0.94	93.37
#33	0.23	2.19	27.19	47.05	10.91	0.00	0.02	6.77	0.00	0.00	0.86	95.22
#34	0.18	1.67	28.49	45.76	11.18	0.00	0.00	5.80	0.00	0.00	1.06	94.14
#35	0.29	1.53	28.79	44.71	11.01	0.00	0.05	7.15	0.00	0.02	1.13	94.67
#36	0.29	1.36	28.81	44.69	10.86	0.00	0.06	6.51	0.00	0.00	1.11	93.68
#37	0.32	1.40	28.92	45.02	11.12	0.00	0.06	6.23	0.00	0.00	1.04	94.12
#38	0.28	1.67	28.17	45.54	10.58	0.00	0.02	6.44	0.00	0.00	0.96	93.65
#39	0.19	1.87	27.85	45.89	11.00	0.00	0.00	6.05	0.00	0.00	0.96	93.82
#40	0.31	1.37	29.69	45.03	10.92	0.00	0.00	6.86	0.00	0.00	1.11	95.27
#41	0.28	1.81	27.85	46.25	11.03	0.00	0.10	6.14	0.00	0.00	1.05	94.52
#42	0.23	1.87	27.55	45.34	10.91	0.01	0.03	6.47	0.00	0.02	0.99	93.41
#43	0.25	1.80	28.17	46.19	11.01	0.00	0.05	6.45	0.00	0.00	1.05	94.98
#44	0.26	1.82	27.59	45.73	10.83	0.00	0.05	5.99	0.00	0.02	1.09	93.38
#45	0.22	1.87	27.77	46.34	10.95	0.03	0.02	6.07	0.00	0.00	1.16	94.44
#46	0.32	1.90	27.51	46.13	11.00	0.00	0.02	6.31	0.00	0.00	1.07	94.25
#47	0.20	1.82	28.58	46.84	10.88	0.06	0.00	5.97	0.00	0.00	1.07	95.42
#48	0.25	1.81	27.75	46.56	10.70	0.00	0.05	6.46	0.00	0.00	1.02	94.60
#49	0.26	1.79	27.65	45.88	10.80	0.00	0.08	6.51	0.00	0.01	1.07	94.04
#50	0.28	1.80	27.97	45.71	10.94	0.00	0.10	6.47	0.00	0.00	0.91	94.17

9.2.1.5. NOR3

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.25	1.98	27.63	45.84	10.92	0.00	0.00	6.06	0.00	0.00	0.94	93.63
#2	0.29	1.91	27.19	46.22	10.95	0.00	0.01	6.07	0.00	0.01	1.00	93.65
#3	0.28	1.96	27.75	46.23	10.90	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.94	94.73
#4	0.23	1.87	28.39	46.75	10.95	0.00	0.00	5.53	0.00	0.02	0.89	94.62
#5	0.26	1.74	27.63	44.82	10.58	0.00	0.03	5.89	0.00	0.00	0.96	91.91
#6	0.27	1.81	27.79	45.52	10.77	0.00	0.03	6.11	0.00	0.01	0.94	93.26
#7	0.29	1.69	28.17	45.82	10.81	0.00	0.07	6.35	0.00	0.00	1.03	94.23
#8	0.29	1.49	28.87	44.89	10.64	0.00	0.01	6.63	0.00	0.02	0.92	93.77
#9	0.30	1.87	28.03	46.32	10.85	0.00	0.13	6.51	0.00	0.01	0.94	94.95
#10	0.33	1.91	27.76	45.67	10.99	0.00	0.00	6.99	0.00	0.00	0.90	94.55
#11	0.33	1.85	27.47	45.98	10.76	0.00	0.00	6.48	0.00	0.00	0.93	93.79
#12	0.22	1.88	27.76	45.98	10.82	0.00	0.09	6.07	0.00	0.00	0.86	93.69
#13	0.31	1.57	27.92	43.80	10.37	0.00	0.04	7.50	0.00	0.00	0.89	92.41
#14	0.37	1.52	29.11	44.60	10.69	0.03	0.00	7.38	0.00	0.02	0.86	94.59
#15	0.30	1.52	28.61	44.69	10.91	0.00	0.15	6.78	0.00	0.00	0.83	93.80
#16	0.35	1.55	28.63	44.65	10.92	0.00	0.03	7.07	0.00	0.00	1.00	94.20
#17	0.24	2.25	26.91	46.94	10.98	0.00	0.00	6.03	0.00	0.01	0.80	94.16
#18	0.23	2.22	27.30	47.49	10.76	0.05	0.05	5.57	0.00	0.00	0.91	94.56
#19	0.29	1.95	27.41	46.28	10.73	0.00	0.02	6.30	0.00	0.00	0.87	93.87
#20	0.33	1.47	28.09	44.49	10.51	0.03	0.11	6.63	0.00	0.00	0.90	92.57
#21	0.28	1.73	28.34	45.47	10.89	0.06	0.08	6.04	0.00	0.01	0.95	93.85
#22	0.36	1.58	28.21	45.47	10.97	0.00	0.07	6.37	0.00	0.00	0.93	93.96
#23	0.24	2.38	26.19	47.55	10.76	0.00	0.00	5.74	0.00	0.00	0.78	93.63
#24	0.25	2.16	26.75	45.91	10.86	0.00	0.06	5.90	0.00	0.01	0.92	92.80
#25	0.19	2.40	26.43	46.75	10.88	0.00	0.25	5.69	0.00	0.01	0.89	93.50
#26	0.20	1.99	27.53	46.18	10.76	0.00	0.14	6.64	0.00	0.00	1.03	94.48
#27	0.31	1.86	27.29	45.32	10.51	0.05	0.08	6.25	0.00	0.02	1.00	92.70
#28	0.26	1.92	27.48	46.46	10.82	0.00	0.00	5.74	0.00	0.00	0.99	93.68
#29	0.19	1.85	28.10	46.49	10.94	0.00	0.14	5.80	0.00	0.01	1.05	94.57
#30	0.26	2.13	26.59	47.72	10.62	0.00	0.07	5.56	0.00	0.00	0.93	93.88
#31	0.28	2.19	26.40	46.33	10.67	0.00	0.02	5.76	0.00	0.00	1.01	92.67
#32	0.29	2.14	26.45	46.12	10.50	0.00	0.05	5.90	0.00	0.00	0.99	92.44
#33	0.27	2.18	27.11	47.01	10.88	0.00	0.00	6.14	0.00	0.00	0.93	94.52
#34	0.27	1.41	29.24	44.95	10.97	0.00	0.00	6.01	0.00	0.00	1.21	94.06
#35	0.26	2.18	26.37	46.97	10.96	0.00	0.00	6.19	0.00	0.00	0.97	93.90
#36	0.28	2.11	26.58	46.55	10.91	0.00	0.01	6.05	0.00	0.01	0.99	93.48
#37	0.26	1.73	28.40	45.40	10.81	0.00	0.00	6.57	0.00	0.02	1.14	94.33
#38	0.20	2.08	27.17	47.53	10.96	0.00	0.10	6.05	0.00	0.01	0.94	95.04
#39	0.29	1.62	28.34	44.84	10.84	0.00	0.01	6.31	0.00	0.01	1.04	93.30
#40	0.24	1.63	28.43	45.32	11.14	0.00	0.12	6.82	0.00	0.00	1.06	94.76
#41	0.28	1.52	28.43	45.63	10.83	0.00	0.00	6.45	0.00	0.00	0.97	94.11
#42	0.21	1.78	28.37	46.17	11.23	0.00	0.00	5.66	0.00	0.01	0.95	94.38
#43	0.31	4.13	23.86	43.28	10.40	0.01	0.00	9.72	0.00	0.03	1.40	93.15
#44	0.40	1.86	27.59	46.23	10.33	0.00	0.06	5.83	0.00	0.01	0.90	93.21
#45	0.47	2.08	27.76	45.91	10.51	0.04	0.00	6.94	0.00	0.01	1.00	94.73
#46	0.36	1.91	27.80	46.87	10.27	0.00	0.00	6.39	0.00	0.01	0.91	94.53
#47	0.24	1.88	27.72	46.19	10.84	0.00	0.00	6.17	0.00	0.01	1.00	94.04
#48	0.31	1.50	28.63	44.75	10.82	0.00	0.12	6.83	0.00	0.00	1.00	93.96
#49	0.34	1.45	28.68	44.84	10.71	0.00	0.06	6.70	0.00	0.00	1.11	93.89
#50	0.23	2.05	27.02	46.81	10.96	0.00	0.08	6.05	0.00	0.00	0.87	94.07
#51	0.29	2.05	27.60	46.68	10.86	0.04	0.00	5.80	0.00	0.00	0.88	94.21
#52	0.27	1.60	28.41	44.78	10.64	0.00	0.00	5.98	0.00	0.02	1.04	92.74
#53	0.31	1.60	28.23	45.34	10.83	0.00	0.04	6.18	0.00	0.02	1.06	93.61
#54	0.35	1.55	28.40	44.68	10.61	0.00	0.01	6.67	0.00	0.01	1.09	93.37
#55	0.26	1.50	28.53	44.98	11.06	0.00	0.04	6.92	0.00	0.00	1.18	94.47

#56	0.31	1.51	28.94	44.92	10.69	0.00	0.04	6.44	0.00	0.00	1.20	94.05
#57	0.24	1.73	27.31	45.21	10.82	0.00	0.09	6.56	0.00	0.00	1.15	93.10
#58	0.27	1.75	27.86	45.60	10.70	0.00	0.05	6.39	0.00	0.01	1.09	93.72
#59	0.25	1.72	28.29	45.36	10.92	0.00	0.12	6.64	0.00	0.00	1.04	94.34
#60	0.27	1.79	27.78	45.68	10.85	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	1.20	94.25
#61	0.26	1.80	27.77	45.26	10.83	0.00	0.03	6.65	0.00	0.01	1.26	93.87
#62	0.30	1.79	27.30	44.72	10.81	0.00	0.12	6.89	0.00	0.00	1.18	93.12
#63	0.29	1.66	28.31	45.16	10.85	0.00	0.00	6.79	0.00	0.02	1.11	94.19
#64	0.29	1.74	28.22	45.82	10.87	0.00	0.04	6.18	0.00	0.00	1.09	94.26
#65	0.26	1.82	27.39	45.70	10.90	0.00	0.07	6.61	0.00	0.01	0.95	93.71
#66	0.21	2.03	27.44	46.54	10.83	0.00	0.11	5.89	0.00	0.00	0.87	93.92
#67	0.22	1.85	26.76	45.59	10.81	0.00	0.14	6.01	0.00	0.02	0.93	92.34
#68	0.25	2.44	26.55	46.87	10.63	0.00	0.15	6.41	0.00	0.00	0.87	94.18
#69	0.29	2.26	26.49	47.42	10.50	0.05	0.05	6.00	0.00	0.00	0.91	93.98
#70	0.33	1.48	28.32	44.93	10.80	0.00	0.09	6.62	0.00	0.00	1.08	93.64
#71	0.26	1.79	27.95	45.85	11.03	0.00	0.10	6.49	0.00	0.00	1.00	94.48
#72	0.28	1.42	29.38	45.53	10.86	0.00	0.19	6.32	0.00	0.00	1.03	95.01
#73	0.17	1.76	27.87	45.16	11.00	0.00	0.11	7.35	0.00	0.00	1.08	94.50
#74	0.29	2.54	25.77	47.77	10.86	0.00	0.06	6.48	0.00	0.02	0.83	94.63
#75	0.28	1.99	27.20	46.45	10.62	0.00	0.02	6.19	0.00	0.00	0.95	93.70
#76	0.25	1.39	28.70	45.08	10.86	0.00	0.10	6.60	0.00	0.01	0.93	93.91
#77	0.24	1.94	27.57	46.06	11.09	0.00	0.05	6.06	0.00	0.00	0.90	93.93

9.2.1.6. NOR4

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.19	1.97	28.24	47.65	9.31	0.00	0.00	6.39	0.00	0.00	0.92	94.67
#2	0.28	1.87	28.03	46.75	10.65	0.00	0.23	6.91	0.00	0.00	0.85	95.57
#3	0.26	1.80	28.19	46.08	10.58	0.00	0.05	7.05	0.00	0.00	0.84	94.86
#4	0.38	1.65	28.40	44.63	10.80	0.00	0.15	7.52	0.00	0.01	0.85	94.39
#5	0.30	1.69	28.56	45.35	10.77	0.00	0.06	7.16	0.00	0.00	0.84	94.74
#6	0.31	1.91	27.62	46.01	10.95	0.00	0.04	6.96	0.00	0.00	0.83	94.63
#7	0.29	1.77	27.68	45.68	10.87	0.00	0.02	7.06	0.00	0.00	0.77	94.13
#8	0.28	1.71	27.47	45.08	10.50	0.10	0.00	6.83	0.00	0.00	0.83	92.80
#9	0.27	1.90	28.48	45.93	10.92	0.00	0.00	5.90	0.00	0.00	0.87	94.28
#10	0.31	1.46	29.24	44.65	10.71	0.00	0.00	7.11	0.00	0.01	1.01	94.50
#11	0.28	1.81	28.59	44.77	10.80	0.00	0.08	7.58	0.00	0.02	0.92	94.85
#12	0.20	1.92	28.29	46.68	10.88	0.00	0.00	5.63	0.00	0.02	0.75	94.38
#13	0.25	1.49	29.35	45.01	11.11	0.02	0.00	6.24	0.00	0.00	0.98	94.45
#14	0.28	1.86	28.16	46.53	10.81	0.00	0.00	6.36	0.00	0.00	0.95	94.96
#15	0.32	1.70	29.01	45.67	10.75	0.00	0.00	6.87	0.00	0.01	0.97	95.31
#16	0.39	1.60	28.87	45.19	10.89	0.00	0.03	6.93	0.00	0.00	0.89	94.80
#17	0.32	1.69	28.58	45.42	10.87	0.00	0.00	6.48	0.00	0.00	0.93	94.29
#18	0.33	1.91	26.74	46.65	10.73	0.00	0.01	6.19	0.00	0.00	0.99	93.54
#19	0.26	1.52	29.19	45.32	10.80	0.00	0.07	5.61	0.00	0.03	1.10	93.90
#20	0.27	1.21	29.89	45.00	10.83	0.00	0.00	5.60	0.00	0.00	0.94	93.74
#21	0.39	1.50	28.48	44.77	10.22	0.03	0.04	6.65	0.00	0.03	0.98	93.11
#22	0.35	1.85	29.19	46.23	10.39	0.00	0.04	6.94	0.00	0.03	0.96	95.99
#23	0.37	2.00	27.42	46.16	10.36	0.00	0.03	6.03	0.00	0.04	0.96	93.39
#24	0.31	1.69	28.47	45.17	10.96	0.01	0.00	6.27	0.00	0.00	0.99	93.86
#25	0.23	1.49	29.03	44.86	10.91	0.00	0.16	6.59	0.00	0.02	0.90	94.19
#26	0.34	1.52	28.88	45.46	11.07	0.00	0.06	6.33	0.00	0.00	1.11	94.77
#27	0.21	2.12	27.19	47.40	11.22	0.00	0.09	6.26	0.00	0.00	0.91	95.41
#28	0.31	1.77	27.76	45.87	11.06	0.00	0.00	6.75	0.00	0.00	1.06	94.58
#29	0.29	1.90	28.12	45.94	11.11	0.00	0.06	5.96	0.00	0.02	0.94	94.35
#30	0.24	1.93	27.23	45.63	10.46	0.00	0.10	6.74	0.00	0.01	1.02	93.37
#31	0.21	1.88	27.89	46.49	11.05	0.00	0.20	6.14	0.00	0.00	0.98	94.83
#32	0.30	1.76	28.37	45.29	10.83	0.00	0.09	6.83	0.00	0.01	1.00	94.47

#33	0.25	2.37	24.84	46.43	10.64	0.00	0.10	6.24	0.00	0.01	0.79	91.67
#34	0.33	1.96	27.47	46.42	11.03	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	0.91	94.33
#35	0.33	1.60	29.12	44.04	10.81	0.00	0.08	6.91	0.00	0.00	1.01	93.89
#36	0.29	2.14	27.51	46.64	11.06	0.00	0.03	6.34	0.00	0.00	0.86	94.86
#37	0.33	1.43	29.72	45.34	10.77	0.00	0.10	6.59	0.00	0.00	1.00	95.28
#38	0.27	1.62	28.45	45.53	10.90	0.00	0.01	6.42	0.00	0.01	1.11	94.33
#39	0.25	1.88	27.82	46.15	11.06	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	1.14	94.43
#40	0.27	1.80	27.25	44.73	10.53	0.00	0.08	6.06	0.00	0.01	1.09	91.82
#41	0.26	1.60	27.51	44.60	10.82	0.00	0.08	6.44	0.00	0.00	1.13	92.43
#42	0.30	1.88	27.81	45.68	10.94	0.01	0.00	6.22	0.00	0.00	1.14	94.00
#43	0.29	1.54	28.50	45.25	10.99	0.00	0.17	6.52	0.00	0.00	1.09	94.34
#44	0.37	1.82	26.40	45.71	10.56	0.02	0.00	6.04	0.00	0.00	1.11	92.02
#45	0.43	1.55	28.00	44.04	10.60	0.00	0.00	6.45	0.00	0.03	0.98	92.08
#46	0.29	1.61	28.75	45.45	10.87	0.00	0.03	6.36	0.00	0.01	1.15	94.53
#47	0.36	1.73	27.92	45.76	10.95	0.00	0.05	6.78	0.00	0.00	1.13	94.68
#48	0.36	1.55	29.13	44.53	10.96	0.00	0.09	7.11	0.00	0.00	0.93	94.65
#49	0.23	1.86	28.28	46.07	11.03	0.00	0.00	6.27	0.00	0.00	1.27	95.01
#50	0.27	1.95	27.73	45.83	11.07	0.00	0.00	6.80	0.00	0.00	1.23	94.89
#51	0.27	1.87	26.74	45.29	10.67	0.00	0.02	6.45	0.00	0.01	1.18	92.49
#52	0.36	1.77	27.68	45.33	10.85	0.00	0.06	7.16	0.00	0.01	1.07	94.29
#53	0.32	1.93	27.53	46.22	10.94	0.02	0.02	6.31	0.00	0.00	1.21	94.50
#54	0.29	1.91	26.30	44.09	10.01	0.00	0.11	6.34	0.00	0.02	1.18	90.26
#55	0.36	1.69	27.17	44.81	10.33	0.00	0.01	7.13	0.00	0.00	1.08	92.58
#56	0.33	1.73	27.93	45.22	10.61	0.02	0.00	6.83	0.00	0.02	1.16	93.85
#57	0.37	1.76	28.10	45.79	10.78	0.00	0.02	6.76	0.00	0.00	1.10	94.68
#58	0.36	1.80	27.85	46.40	10.87	0.00	0.04	6.54	0.00	0.00	1.10	94.96
#59	0.29	1.85	27.78	46.23	10.87	0.00	0.00	6.52	0.00	0.00	1.13	94.67
#60	0.30	1.76	27.64	45.79	11.01	0.00	0.06	6.25	0.00	0.00	1.14	93.94
#61	0.28	1.92	27.90	45.90	11.00	0.00	0.00	6.97	0.00	0.00	1.23	95.19
#62	0.35	1.83	27.54	45.79	10.90	0.00	0.00	6.49	0.00	0.00	1.20	94.10
#63	0.32	1.98	27.18	46.78	10.85	0.00	0.01	6.62	0.00	0.01	1.15	94.91
#64	0.39	1.60	28.44	45.37	10.84	0.02	0.05	7.17	0.00	0.01	1.13	95.01
#65	0.42	1.48	28.81	44.73	10.83	0.00	0.00	6.89	0.00	0.00	0.91	94.07
#66	0.35	1.32	29.48	44.14	10.69	0.00	0.06	6.47	0.00	0.01	0.86	93.38
#67	0.46	1.20	29.67	44.87	10.60	0.00	0.12	6.86	0.00	0.02	0.93	94.73
#68	0.40	1.46	29.89	44.91	10.62	0.00	0.13	6.35	0.00	0.00	0.94	94.69
#69	0.38	1.39	29.79	44.94	10.82	0.00	0.00	6.29	0.00	0.00	0.96	94.59
#70	0.26	1.63	29.15	45.33	10.82	0.00	0.04	6.72	0.00	0.02	1.13	95.10
#71	0.32	1.86	28.51	46.68	11.03	0.00	0.17	5.89	0.00	0.02	1.19	95.67
#72	0.44	1.49	27.32	45.19	10.42	0.07	0.09	6.85	0.00	0.02	0.99	92.89
#73	0.26	1.97	27.80	46.47	10.84	0.01	0.00	6.52	0.00	0.02	1.17	95.06
#74	0.34	1.60	27.91	43.57	10.52	0.00	0.07	6.86	0.00	0.00	0.95	91.83
#75	0.28	2.57	27.09	45.20	10.77	0.00	0.08	7.32	0.00	0.00	0.94	94.26
#76	0.30	1.56	28.99	44.52	10.78	0.00	0.07	7.10	0.00	0.00	1.04	94.37
#77	0.40	1.56	27.48	44.78	10.66	0.00	0.06	6.42	0.00	0.00	1.07	92.42
#78	0.30	1.92	27.80	46.40	11.19	0.00	0.00	6.46	0.00	0.00	1.02	95.09
#79	0.31	1.81	28.12	46.13	10.89	0.00	0.00	6.64	0.00	0.00	1.24	95.15
#80	0.33	1.84	28.16	45.80	10.86	0.03	0.00	6.63	0.00	0.00	1.04	94.68
#81	0.32	1.72	27.87	45.54	10.47	0.00	0.00	6.85	0.00	0.01	1.22	94.00
#82	0.28	1.74	27.89	46.41	10.88	0.00	0.00	6.51	0.00	0.00	1.09	94.80
#83	0.34	1.67	27.86	45.46	10.93	0.00	0.00	6.59	0.00	0.00	1.06	93.91
#84	0.28	1.71	28.75	46.20	10.83	0.00	0.00	5.73	0.00	0.00	1.11	94.61
#85	0.29	1.94	27.57	46.26	10.84	0.00	0.00	6.69	0.00	0.01	1.10	94.71
#86	0.25	1.86	28.14	46.32	10.97	0.00	0.00	6.40	0.00	0.00	1.17	95.10
#87	0.28	1.64	28.57	45.46	11.12	0.00	0.11	6.42	0.00	0.00	1.05	94.65
#88	0.27	1.71	28.52	46.05	10.82	0.00	0.04	6.38	0.00	0.00	1.14	94.92
#89	0.36	1.71	28.44	44.76	10.87	0.00	0.12	7.32	0.00	0.00	1.00	94.59
#90	0.20	2.05	27.47	46.65	10.76	0.00	0.01	6.19	0.00	0.01	0.91	94.26

#91	0.31	2.23	27.08	47.13	10.82	0.00	0.00	6.24	0.00	0.00	0.96	94.77
#92	0.27	1.69	27.95	45.04	10.72	0.00	0.00	6.37	0.00	0.00	1.10	93.13
#93	0.22	2.32	26.70	46.70	10.94	0.00	0.10	6.17	0.00	0.01	0.88	94.04
#94	0.26	2.32	26.90	46.94	10.92	0.00	0.13	6.39	0.00	0.00	0.94	94.81
#95	0.32	1.67	28.44	45.43	10.84	0.00	0.18	6.60	0.00	0.00	1.11	94.59
#96	0.29	1.86	28.38	46.49	10.89	0.00	0.05	6.52	0.00	0.00	0.97	95.45
#97	0.17	4.27	25.80	43.67	10.60	0.00	0.13	9.69	0.00	0.02	1.27	95.62
#98	0.44	1.96	28.33	46.53	10.60	0.01	0.01	5.84	0.00	0.03	0.76	94.50
#99	0.42	1.48	29.04	44.65	10.72	0.00	0.12	6.89	0.00	0.00	0.88	94.20
#100	0.39	1.93	28.58	45.73	10.76	0.03	0.00	6.14	0.00	0.00	0.88	94.43
#101	0.50	1.75	29.34	46.21	10.43	0.04	0.00	4.99	0.00	0.00	0.96	94.24
#102	0.38	1.82	28.27	45.78	10.64	0.18	0.00	5.73	0.00	0.00	0.81	93.62

9.2.2. Données isotopiques

9.2.2.1. Matériau de départ

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K				³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K				³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K		% ⁴⁰ Ar*		⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K		Age (Ma)	
Spot #		(± 1σ)				(± 1 σ)				(± 1 σ)				(± 1 σ)		(± 1 σ)	
J = .2708E-02 ± .2828E-04																	
# 1	2.03E-05	2.76E-03	±	4.46E-04	-2.60E-03	±	6.82E-03	2.41E-03	±	8.35E-04	99.2	96.0	±	0.7	416.9	±	2.5
# 2	2.06E-05	3.33E-03	±	4.65E-04	8.70E-03	±	6.92E-03	-1.19E-03	±	9.99E-04	99.0	98.7	±	0.8	427.3	±	3.1
# 3	2.18E-05	3.12E-03	±	3.45E-04	1.04E-02	±	6.51E-03	-1.38E-03	±	1.12E-03	99.1	96.9	±	1.1	420.3	±	4.1
# 4	1.70E-05	6.05E-04	±	4.48E-04	4.22E-03	±	7.90E-03	-5.71E-04	±	8.68E-04	99.8	98.5	±	0.5	426.4	±	1.9
# 5	2.04E-05	3.40E-03	±	4.05E-04	2.26E-03	±	8.35E-03	3.67E-04	±	1.04E-03	99.0	97.1	±	0.8	421.0	±	3.0
# 6	1.60E-05	1.18E-03	±	4.48E-04	-1.76E-03	±	1.04E-02	-1.27E-03	±	1.74E-03	99.6	96.5	±	1.1	418.8	±	4.3
# 7	1.82E-05	2.15E-03	±	2.14E-04	-1.67E-04	±	8.14E-03	-4.88E-04	±	9.16E-04	99.4	99.8	±	1.0	431.7	±	3.8
# 8	1.54E-05	4.60E-03	±	3.44E-04	5.74E-03	±	1.12E-02	-9.60E-04	±	1.03E-03	98.6	98.3	±	1.4	425.9	±	5.5
# 9	1.96E-05	1.52E-02	±	3.91E-04	-5.54E-05	±	8.10E-03	-9.37E-04	±	9.47E-04	95.6	97.5	±	0.8	422.6	±	3.3
# 10	1.92E-05	7.72E-03	±	3.19E-04	3.86E-03	±	9.21E-03	2.16E-03	±	1.12E-03	97.8	99.0	±	0.7	428.5	±	2.7
# 11	2.04E-05	5.76E-03	±	2.17E-04	2.57E-04	±	7.59E-03	-8.64E-04	±	7.76E-04	98.3	97.0	±	0.7	420.7	±	2.8
# 12	1.92E-05	3.60E-03	±	2.78E-04	1.45E-02	±	8.08E-03	1.14E-03	±	6.61E-04	98.9	96.5	±	0.9	418.6	±	3.5
# 13	2.03E-05	7.40E-03	±	3.23E-04	2.93E-03	±	7.26E-03	-7.87E-04	±	1.06E-03	97.8	95.3	±	0.8	414.1	±	3.3
# 14	2.03E-05	1.38E-03	±	2.57E-04	-1.39E-03	±	7.41E-03	5.09E-04	±	8.46E-04	99.6	99.2	±	0.9	429.3	±	3.5
# 15	1.99E-05	1.18E-03	±	2.58E-04	4.78E-03	±	8.07E-03	-2.38E-03	±	6.87E-04	99.6	96.6	±	0.9	419.3	±	3.7
# 16	2.07E-05	2.32E-03	±	3.29E-04	9.93E-03	±	7.98E-03	-1.40E-03	±	6.13E-04	99.3	100.7	±	0.8	435.0	±	3.2
# 17	1.94E-05	-8.68E-05	±	2.86E-04	1.08E-02	±	8.71E-03	1.10E-03	±	8.54E-04	100.0	100.2	±	0.8	433.1	±	2.9
# 18	1.88E-05	3.68E-03	±	5.96E-04	3.37E-03	±	8.48E-03	-1.01E-03	±	1.07E-03	98.9	96.6	±	0.9	419.2	±	3.6
# 19	1.72E-05	2.15E-03	±	5.59E-04	6.48E-03	±	8.54E-03	-1.57E-03	±	7.12E-04	99.4	97.4	±	1.0	422.2	±	3.9
# 20	1.93E-05	1.33E-03	±	4.96E-04	-3.49E-03	±	7.74E-03	-1.92E-03	±	6.71E-04	99.6	97.0	±	1.3	420.8	±	5.0
# 21	1.26E-05	1.44E-03	±	7.69E-04	6.95E-03	±	1.34E-02	9.80E-04	±	1.17E-03	99.6	96.8	±	1.5	420.1	±	5.6
# 22	1.82E-05	8.27E-04	±	5.27E-04	-7.99E-03	±	8.12E-03	-4.64E-05	±	9.32E-04	99.8	98.3	±	0.9	425.6	±	3.5
# 23	2.59E-05	2.68E-03	±	3.98E-04	6.42E-03	±	6.84E-03	-1.24E-03	±	1.28E-03	99.2	98.4	±	0.8	426.2	±	2.9
# 24	1.34E-05	1.40E-03	±	7.14E-04	-4.70E-03	±	1.17E-02	2.04E-03	±	8.79E-04	99.6	97.9	±	1.4	424.2	±	5.6
# 25	1.30E-05	2.80E-03	±	7.33E-04	5.58E-04	±	1.16E-02	-2.22E-04	±	1.21E-03	99.2	96.2	±	1.2	417.5	±	4.7
# 26	1.94E-05	1.04E-03	±	4.97E-04	-5.68E-03	±	7.37E-03	9.64E-04	±	6.92E-04	99.7	97.2	±	1.2	421.4	±	4.5

# 27	1.89E-05	1.12E-03	±	5.09E-04	-3.32E-03	±	8.29E-03	-1.64E-03	±	1.21E-03	99.7	97.5	±	0.9	422.8	±	3.6
# 28	1.75E-05	1.41E-03	±	5.82E-04	-9.11E-03	±	8.26E-03	-6.24E-04	±	1.56E-03	99.6	94.8	±	1.1	412.0	±	4.2
# 29	8.10E-06	2.47E-03	±	9.39E-04	2.23E-02	±	2.12E-02	1.11E-03	±	2.17E-03	99.3	98.7	±	1.9	427.3	±	7.5
# 30	1.69E-05	1.27E-03	±	4.46E-04	-3.35E-03	±	8.59E-03	-1.76E-03	±	9.83E-04	99.6	96.0	±	1.0	416.7	±	4.1
# 31	1.90E-05	1.33E-03	±	4.05E-04	6.16E-03	±	9.29E-03	-1.41E-04	±	9.80E-04	99.6	95.4	±	1.1	414.5	±	4.2
# 32	1.37E-05	1.72E-03	±	5.73E-04	4.72E-03	±	1.11E-02	-7.54E-04	±	9.28E-04	99.5	96.7	±	1.5	419.5	±	5.7
# 33	1.46E-05	9.70E-04	±	5.05E-04	-7.40E-03	±	1.04E-02	-6.40E-04	±	9.61E-04	99.7	95.4	±	1.1	414.4	±	4.4
# 34	1.89E-05	2.91E-04	±	3.87E-04	-2.62E-04	±	8.38E-03	-7.04E-04	±	1.06E-03	99.9	96.4	±	1.0	418.3	±	3.9
# 35	1.65E-05	1.31E-03	±	4.49E-04	-7.51E-03	±	9.07E-03	-1.56E-03	±	7.82E-04	99.6	97.3	±	1.0	421.8	±	3.7
# 36	1.90E-05	9.71E-04	±	4.35E-04	-1.98E-03	±	7.93E-03	-1.43E-03	±	6.54E-04	99.7	97.2	±	1.0	421.6	±	3.8
# 37	1.10E-05	1.62E-03	±	7.05E-04	-8.32E-03	±	1.36E-02	-1.36E-03	±	1.45E-03	99.5	96.4	±	1.4	418.5	±	5.5
# 38	9.98E-06	1.37E-03	±	7.60E-04	-1.17E-03	±	1.53E-02	-2.49E-03	±	1.22E-03	99.6	98.6	±	1.8	427.0	±	7.0
# 39	1.27E-05	-2.95E-04	±	6.18E-04	-8.26E-04	±	1.18E-02	-2.75E-03	±	1.20E-03	100.1	99.0	±	1.3	428.4	±	5.1
# 40	2.11E-05	1.39E-01	±	1.93E-03	-6.62E-03	±	6.95E-03	-5.55E-04	±	1.82E-03	70.7	99.1	±	1.3	429.0	±	5.1
# 41	1.97E-05	2.44E-03	±	4.39E-04	-9.28E-03	±	7.77E-03	-1.23E-04	±	1.41E-03	99.3	98.8	±	1.6	427.7	±	6.2
# 42	1.92E-05	3.24E-04	±	4.11E-04	7.85E-03	±	9.68E-03	1.35E-03	±	8.29E-04	99.9	100.1	±	0.8	432.5	±	3.3
# 43	2.21E-05	2.24E-03	±	3.97E-04	-1.01E-02	±	6.50E-03	1.36E-03	±	9.29E-04	99.3	96.9	±	0.7	420.2	±	2.8
# 44	1.97E-05	5.20E-04	±	4.13E-04	1.05E-02	±	7.70E-03	-2.57E-03	±	8.27E-04	99.9	99.9	±	1.1	431.9	±	4.3
# 45	2.00E-05	3.35E-04	±	4.15E-04	-7.63E-03	±	7.29E-03	-3.27E-04	±	8.51E-04	99.9	96.9	±	1.1	420.2	±	4.1
# 46	2.05E-05	1.10E-03	±	4.35E-04	2.46E-03	±	7.65E-03	-2.17E-03	±	9.41E-04	99.7	96.9	±	1.1	420.2	±	4.1
# 47	1.64E-05	1.11E-03	±	5.08E-04	-1.58E-02	±	8.85E-03	-2.19E-03	±	8.47E-04	99.7	95.1	±	0.9	413.4	±	3.3
# 48	1.98E-05	1.86E-02	±	5.54E-04	-3.65E-03	±	7.49E-03	-1.81E-03	±	1.10E-03	94.7	97.6	±	0.8	422.9	±	3.2
# 49	1.95E-05	9.21E-04	±	4.17E-04	-3.97E-03	±	7.48E-03	-5.70E-04	±	9.04E-04	99.7	100.9	±	1.0	435.6	±	3.9
# 50	1.59E-05	1.35E-03	±	4.99E-04	-6.28E-03	±	9.42E-03	-2.77E-03	±	1.10E-03	99.6	98.0	±	1.0	424.5	±	3.8
# 51	1.98E-05	1.45E-03	±	4.16E-04	-3.17E-03	±	7.94E-03	-2.77E-04	±	1.02E-03	99.6	96.7	±	1.1	419.7	±	4.1
# 52	1.54E-05	1.25E-03	±	5.70E-04	7.71E-04	±	1.01E-02	-3.15E-03	±	8.74E-04	99.6	98.8	±	1.4	427.7	±	5.5
# 53	1.75E-05	1.16E-03	±	5.28E-04	4.87E-03	±	9.55E-03	-1.91E-03	±	8.87E-04	99.7	99.8	±	1.1	431.4	±	4.4
# 54	1.44E-05	8.44E-04	±	6.48E-04	-8.39E-03	±	1.02E-02	-8.18E-04	±	9.19E-04	99.8	98.1	±	1.2	424.9	±	4.8
# 55	1.99E-05	1.20E-03	±	5.12E-04	-7.23E-03	±	7.33E-03	-6.91E-04	±	1.21E-03	99.6	98.4	±	0.7	426.0	±	2.7
# 56	1.80E-05	1.43E-02	±	8.32E-04	6.16E-03	±	8.79E-03	1.05E-04	±	1.19E-03	95.9	98.5	±	1.1	426.5	±	4.2
# 57	1.83E-05	1.53E-02	±	6.30E-04	-1.30E-03	±	8.12E-03	-6.09E-04	±	1.01E-03	95.6	97.1	±	0.9	421.2	±	3.5
# 58	1.83E-05	8.23E-04	±	5.16E-04	-2.15E-03	±	8.03E-03	-1.01E-03	±	8.93E-04	99.8	99.2	±	0.9	429.2	±	3.4
# 59	1.80E-05	2.18E-04	±	4.85E-04	6.09E-03	±	8.65E-03	2.58E-04	±	1.08E-03	99.9	100.6	±	1.2	434.7	±	4.7
# 60	1.87E-05	7.70E-04	±	4.77E-04	-1.74E-03	±	7.98E-03	-8.45E-04	±	6.77E-04	99.8	99.2	±	0.8	429.1	±	3.2
# 61	1.79E-05	1.84E-03	±	5.15E-04	-5.10E-03	±	8.36E-03	-1.44E-03	±	8.38E-04	99.5	98.4	±	1.0	426.2	±	3.7
# 62	1.89E-05	6.49E-04	±	4.92E-04	-2.51E-04	±	7.97E-03	1.76E-03	±	7.02E-04	99.8	97.7	±	0.8	423.4	±	3.1

# 63	1.52E-05	5.79E-04	±	5.97E-04	-3.33E-03	±	1.01E-02	-1.87E-03	±	1.02E-03	99.8	98.3	±	1.4	425.5	±	5.4
# 64	1.80E-05	5.54E-04	±	5.03E-04	-8.74E-04	±	8.18E-03	-6.68E-04	±	8.83E-04	99.8	100.8	±	1.1	435.2	±	4.4
# 65	1.70E-05	7.59E-04	±	5.27E-04	5.39E-03	±	9.87E-03	3.49E-04	±	1.03E-03	99.8	100.0	±	1.2	432.3	±	4.5
# 66	1.49E-05	5.61E-02	±	1.08E-03	-2.23E-03	±	1.05E-02	-1.06E-03	±	1.10E-03	85.4	96.7	±	0.9	419.4	±	3.6
# 67	1.76E-05	1.47E-03	±	5.36E-04	6.99E-03	±	8.90E-03	-1.01E-05	±	1.15E-03	99.6	99.3	±	0.9	429.4	±	3.4
# 68	1.93E-05	2.46E-03	±	5.14E-04	3.57E-03	±	7.70E-03	-2.95E-03	±	9.64E-04	99.3	99.7	±	1.0	430.9	±	4.0
# 69	1.74E-05	7.57E-04	±	3.99E-04	-4.95E-03	±	9.29E-03	1.94E-03	±	1.93E-03	99.8	98.4	±	1.0	426.0	±	3.8
# 70	1.75E-05	5.06E-04	±	3.71E-04	1.13E-02	±	8.52E-03	3.98E-04	±	8.17E-04	99.9	97.3	±	1.2	422.0	±	4.8
# 71	1.46E-05	5.69E-04	±	4.16E-04	-2.85E-03	±	1.01E-02	-1.47E-03	±	8.10E-04	99.8	97.6	±	1.0	423.1	±	3.8
# 72	1.78E-05	5.96E-04	±	3.75E-04	-3.93E-03	±	8.23E-03	-1.87E-03	±	9.07E-04	99.8	98.0	±	0.9	424.4	±	3.3
# 73	1.84E-05	8.65E-04	±	3.52E-04	-2.68E-03	±	8.12E-03	-3.12E-03	±	8.37E-04	99.7	98.6	±	1.0	426.7	±	3.8
# 74	1.51E-05	2.07E-03	±	4.40E-04	-7.25E-03	±	9.74E-03	-3.81E-03	±	1.10E-03	99.4	97.9	±	0.9	424.3	±	3.5
# 75	1.43E-05	1.08E-03	±	4.33E-04	-1.11E-03	±	1.14E-02	-9.03E-04	±	1.10E-03	99.7	98.2	±	1.4	425.4	±	5.4
# 76	1.72E-05	3.21E-02	±	7.72E-04	-1.72E-03	±	8.92E-03	-8.11E-04	±	1.09E-03	91.3	99.2	±	1.1	429.2	±	4.2
# 77	1.68E-05	2.19E-03	±	4.23E-04	6.62E-03	±	9.97E-03	-1.17E-03	±	1.14E-03	99.3	96.8	±	1.1	419.8	±	4.1
# 78	1.68E-05	3.73E-03	±	4.61E-04	-5.68E-03	±	9.00E-03	-1.64E-03	±	1.02E-03	98.9	98.6	±	0.9	427.1	±	3.5
# 79	1.36E-05	1.05E-03	±	4.77E-04	-8.94E-04	±	1.08E-02	1.37E-03	±	1.25E-03	99.7	100.0	±	1.1	432.1	±	4.4
# 80	1.69E-05	4.17E-03	±	5.32E-04	3.38E-04	±	9.20E-03	-3.13E-03	±	9.14E-04	98.8	97.6	±	1.1	423.1	±	4.4
# 81	1.81E-05	6.56E-04	±	3.75E-04	1.12E-02	±	9.04E-03	-3.30E-03	±	1.06E-03	99.8	96.9	±	0.8	420.3	±	3.0
# 82	1.54E-05	1.87E-03	±	4.08E-04	-2.46E-03	±	1.05E-02	7.66E-04	±	1.17E-03	99.4	98.6	±	1.1	426.7	±	4.4
# 83	1.65E-05	6.04E-04	±	3.70E-04	1.09E-04	±	9.45E-03	-1.53E-03	±	7.40E-04	99.8	96.7	±	1.1	419.4	±	4.1
# 84	1.46E-05	5.75E-04	±	4.47E-04	-1.40E-03	±	1.03E-02	-3.38E-03	±	8.87E-04	99.8	96.3	±	1.0	417.9	±	4.0
# 85	1.27E-05	6.33E-04	±	4.69E-04	-5.43E-03	±	1.14E-02	-2.66E-03	±	1.30E-03	99.8	95.2	±	1.1	413.8	±	4.4
# 86	1.30E-05	-6.65E-05	±	5.16E-04	1.97E-04	±	1.19E-02	-6.65E-05	±	1.16E-03	100.0	96.7	±	1.1	419.5	±	4.1
# 87	1.50E-05	7.02E-04	±	4.52E-04	-3.55E-04	±	1.01E-02	-8.31E-05	±	1.21E-03	99.8	98.5	±	0.9	426.5	±	3.6
# 88	2.02E-05	6.67E-04	±	3.21E-04	4.17E-03	±	7.35E-03	9.57E-04	±	7.53E-04	99.8	97.8	±	0.8	423.7	±	3.1
# 89	1.63E-05	8.59E-04	±	4.24E-04	9.32E-03	±	9.69E-03	-3.82E-04	±	7.96E-04	99.7	98.0	±	1.1	424.4	±	4.1
# 90	1.62E-05	1.86E-03	±	3.94E-04	-6.89E-03	±	9.07E-03	1.25E-03	±	1.54E-03	99.5	98.7	±	1.3	427.3	±	4.8
# 91	1.42E-05	9.82E-04	±	4.84E-04	4.73E-03	±	1.19E-02	-9.97E-04	±	1.03E-03	99.7	98.4	±	1.2	426.0	±	4.5
# 92	1.55E-05	9.74E-04	±	4.03E-04	-8.57E-03	±	9.89E-03	3.44E-04	±	9.20E-04	99.7	100.8	±	1.0	435.2	±	4.0
# 93	1.40E-05	3.20E-03	±	6.25E-04	-7.94E-03	±	1.15E-02	5.58E-04	±	9.52E-04	99.1	99.5	±	1.2	430.3	±	4.4
# 94	1.04E-05	3.43E-03	±	8.60E-04	-6.28E-03	±	1.46E-02	-3.71E-04	±	1.17E-03	99.0	100.5	±	1.5	434.4	±	5.8
# 95	2.12E-05	2.77E-04	±	3.79E-04	-8.16E-03	±	7.17E-03	-1.06E-03	±	1.26E-03	99.9	96.3	±	0.8	417.9	±	3.0
# 96	1.81E-05	3.66E-04	±	4.65E-04	-1.47E-03	±	9.28E-03	-1.87E-03	±	9.55E-04	99.9	100.2	±	0.9	433.2	±	3.4
# 97	1.77E-05	2.66E-03	±	4.74E-04	-4.56E-03	±	8.96E-03	9.95E-04	±	1.17E-03	99.2	97.5	±	1.1	422.5	±	4.1
# 98	1.60E-05	4.84E-04	±	5.20E-04	-1.09E-03	±	9.91E-03	-2.54E-04	±	1.14E-03	99.9	97.3	±	1.3	422.0	±	4.9

# 99	1.84E-05	6.76E-04	±	4.23E-04	-1.11E-02	±	8.00E-03	-1.94E-03	±	7.42E-04	99.8	98.8	±	1.4	427.5	±	5.5
# 100	1.35E-05	4.04E-03	±	6.42E-04	1.03E-02	±	1.22E-02	-9.41E-04	±	1.07E-03	98.8	98.8	±	1.4	427.8	±	5.3
# 101	1.08E-05	1.93E-02	±	1.29E-03	-4.19E-05	±	1.42E-02	2.87E-05	±	1.81E-03	94.7	102.3	±	1.4	440.9	±	5.3
# 102	1.93E-05	9.61E-04	±	3.64E-04	-7.41E-03	±	8.07E-03	-8.90E-04	±	1.00E-03	99.7	98.1	±	1.2	425.1	±	4.5
# 103	1.44E-05	1.07E-04	±	5.02E-04	-1.12E-02	±	1.04E-02	-2.52E-03	±	1.10E-03	100.0	101.1	±	1.3	436.4	±	5.0
# 104	1.68E-05	1.31E-03	±	4.59E-04	6.77E-03	±	9.08E-03	-1.11E-03	±	1.18E-03	99.6	101.0	±	1.4	436.2	±	5.2
# 105	1.82E-05	1.33E-03	±	4.89E-04	-6.97E-03	±	8.48E-03	-2.01E-03	±	1.10E-03	99.6	100.3	±	1.1	433.5	±	4.1
# 106	9.96E-06	1.24E-03	±	7.70E-04	-3.89E-03	±	1.49E-02	1.44E-03	±	1.66E-03	99.6	101.2	±	1.8	436.9	±	7.0
# 107	1.03E-05	3.87E-03	±	7.74E-04	-4.51E-03	±	1.42E-02	-1.60E-03	±	1.34E-03	98.9	100.0	±	1.5	432.4	±	5.8
# 108	1.72E-05	1.38E-03	±	4.50E-04	2.28E-04	±	9.61E-03	6.83E-04	±	1.07E-03	99.6	100.3	±	0.9	433.5	±	3.3
# 109	1.68E-05	3.90E-04	±	4.51E-04	-1.25E-03	±	9.10E-03	-8.77E-04	±	1.15E-03	99.9	97.9	±	1.1	424.4	±	4.3
# 110	1.85E-05	2.32E-04	±	3.66E-04	-1.79E-04	±	8.46E-03	-6.39E-04	±	1.17E-03	99.9	100.0	±	0.9	432.2	±	3.4
# 111	1.85E-05	1.55E-03	±	4.03E-04	-6.45E-03	±	8.36E-03	-1.70E-03	±	7.85E-04	99.5	98.2	±	1.0	425.4	±	4.0
# 112	1.62E-05	2.45E-03	±	4.95E-04	-1.33E-02	±	9.49E-03	-3.44E-03	±	7.33E-04	99.3	96.2	±	1.1	417.5	±	4.1
# 113	1.72E-05	-5.65E-05	±	4.09E-04	1.45E-02	±	9.82E-03	-1.67E-03	±	1.04E-03	100.0	98.9	±	1.3	428.1	±	5.1
# 114	1.76E-05	1.57E-04	±	4.03E-04	-3.58E-03	±	9.45E-03	-1.58E-03	±	6.24E-04	100.0	99.8	±	0.9	431.5	±	3.6
# 115	1.78E-05	1.03E-03	±	4.62E-04	-3.17E-04	±	8.65E-03	2.47E-03	±	1.21E-03	99.7	99.8	±	1.2	431.6	±	4.5
# 116	1.11E-05	5.08E-03	±	6.89E-04	1.22E-02	±	1.49E-02	-3.81E-04	±	1.43E-03	98.5	97.1	±	1.4	421.2	±	5.3
# 117	1.42E-05	5.38E-03	±	5.87E-04	-9.18E-03	±	1.04E-02	8.91E-05	±	1.05E-03	98.4	96.3	±	1.4	418.1	±	5.3
# 118	1.38E-05	2.80E-03	±	4.87E-04	-5.98E-03	±	1.07E-02	-1.12E-03	±	9.11E-04	99.2	97.9	±	1.1	424.1	±	4.3
# 119	7.98E-06	5.29E-03	±	9.95E-04	-1.24E-03	±	1.91E-02	-2.12E-03	±	1.18E-03	98.4	94.9	±	1.9	412.4	±	7.2
# 120	1.61E-05	3.10E-03	±	4.67E-04	-5.79E-03	±	9.97E-03	8.52E-04	±	9.84E-04	99.1	99.3	±	0.9	429.5	±	3.6
# 121	1.66E-05	2.34E-03	±	4.72E-04	-7.67E-03	±	8.98E-03	-1.92E-03	±	8.58E-04	99.3	100.4	±	1.0	433.8	±	3.7
# 122	1.83E-05	3.66E-03	±	4.70E-04	3.41E-03	±	9.30E-03	5.46E-04	±	1.10E-03	98.9	97.7	±	0.9	423.2	±	3.6
# 123	1.48E-05	1.87E-03	±	5.10E-04	-2.98E-03	±	1.00E-02	1.99E-03	±	1.42E-03	99.4	97.5	±	1.0	422.7	±	3.8
# 124	1.49E-05	1.13E-03	±	5.25E-04	1.03E-03	±	1.01E-02	1.09E-03	±	1.10E-03	99.7	100.7	±	0.9	434.9	±	3.4
# 125	1.65E-05	5.44E-03	±	5.07E-04	-1.45E-03	±	8.92E-03	-4.36E-04	±	1.07E-03	98.4	97.2	±	1.5	421.6	±	5.7
# 126	1.64E-05	3.62E-03	±	5.58E-04	4.61E-03	±	9.88E-03	4.62E-04	±	1.32E-03	98.9	99.2	±	1.0	429.2	±	3.8
# 127	1.62E-05	4.27E-03	±	5.41E-04	8.43E-03	±	9.30E-03	-3.72E-04	±	1.11E-03	98.8	99.7	±	1.1	431.0	±	4.3
# 128	1.68E-05	6.35E-02	±	1.22E-03	-7.48E-03	±	9.00E-03	3.53E-03	±	1.12E-03	84.4	101.6	±	1.0	438.3	±	4.0
# 129	1.51E-05	2.51E-02	±	9.88E-04	7.38E-03	±	1.02E-02	-2.60E-03	±	8.72E-04	93.0	98.7	±	1.1	427.3	±	4.2
# 130	1.50E-05	1.95E-02	±	7.68E-04	6.26E-04	±	9.86E-03	-2.85E-03	±	1.06E-03	94.5	99.0	±	0.8	428.6	±	3.0
# 131	1.42E-05	3.78E-03	±	5.48E-04	-6.69E-03	±	1.11E-02	-2.02E-03	±	1.07E-03	98.9	99.9	±	1.2	431.8	±	4.5
# 132	1.55E-05	5.37E-04	±	5.05E-04	1.53E-03	±	1.08E-02	-7.74E-04	±	1.04E-03	99.8	97.3	±	1.2	422.0	±	4.5
# 133	1.56E-05	5.54E-03	±	5.74E-04	-6.32E-03	±	9.72E-03	7.13E-04	±	8.80E-04	98.4	100.0	±	0.9	432.2	±	3.5
# 134	1.69E-05	9.64E-03	±	4.97E-04	-2.85E-04	±	9.79E-03	-1.68E-03	±	6.88E-04	97.2	98.3	±	1.2	425.6	±	4.7

# 135	1.66E-05	1.21E-02	±	5.01E-04	1.01E-02	±	1.07E-02	-2.54E-04	±	1.48E-03	96.5	99.5	±	0.8	430.3	±	3.3
# 136	1.51E-05	3.82E-02	±	1.03E-03	1.02E-02	±	1.09E-02	6.63E-04	±	1.27E-03	89.9	100.5	±	1.1	434.1	±	4.1
# 137	1.56E-05	3.53E-02	±	8.17E-04	-6.16E-03	±	9.83E-03	2.81E-03	±	8.52E-04	90.6	100.3	±	0.8	433.5	±	3.1
# 138	1.63E-05	1.61E-02	±	7.27E-04	-6.58E-03	±	9.45E-03	-1.30E-03	±	1.04E-03	95.4	99.8	±	0.8	431.3	±	3.2
# 139	1.62E-05	4.30E-03	±	5.08E-04	-5.70E-03	±	9.78E-03	-8.84E-04	±	1.36E-03	98.7	99.7	±	1.1	431.2	±	4.1
# 140	1.65E-05	1.49E-03	±	5.23E-04	-1.20E-02	±	9.63E-03	-1.00E-03	±	9.40E-04	99.6	98.3	±	1.2	425.9	±	4.6
# 141	1.43E-05	1.74E-03	±	5.54E-04	-3.72E-03	±	1.18E-02	-1.88E-03	±	1.00E-03	99.5	99.3	±	1.2	429.4	±	4.5
# 142	1.72E-05	2.01E-03	±	5.26E-04	1.15E-03	±	8.72E-03	-2.23E-03	±	5.98E-04	99.4	96.9	±	1.1	420.4	±	4.4
# 143	1.66E-05	8.73E-04	±	4.85E-04	-1.01E-02	±	8.98E-03	-2.39E-04	±	1.69E-03	99.7	97.4	±	1.2	422.3	±	4.7
# 144	9.85E-06	1.06E-03	±	7.79E-04	-2.34E-02	±	1.53E-02	-2.25E-03	±	1.05E-03	99.7	97.5	±	1.7	422.7	±	6.5
# 145	1.26E-05	7.00E-04	±	6.14E-04	-7.86E-03	±	1.19E-02	-8.92E-04	±	9.88E-04	99.8	97.4	±	0.9	422.3	±	3.5
# 146	1.58E-05	4.85E-04	±	4.73E-04	-1.18E-02	±	9.60E-03	-1.21E-03	±	6.86E-04	99.9	97.4	±	1.0	422.1	±	3.8
# 147	1.61E-05	4.83E-04	±	4.56E-04	-7.39E-03	±	9.62E-03	6.86E-04	±	8.37E-04	99.9	98.5	±	0.9	426.3	±	3.4
# 148	1.51E-05	4.57E-04	±	5.15E-04	-1.05E-02	±	1.11E-02	-1.96E-03	±	9.51E-04	99.9	100.1	±	1.1	432.6	±	4.4
# 149	1.12E-05	2.30E-03	±	7.53E-04	-1.44E-02	±	1.34E-02	1.58E-03	±	1.23E-03	99.3	98.5	±	1.4	426.6	±	5.2
# 150	1.69E-05	3.95E-04	±	4.41E-04	-7.63E-04	±	9.72E-03	-2.88E-03	±	9.56E-04	99.9	98.2	±	0.8	425.3	±	3.0
# 151	1.55E-05	-2.67E-04	±	4.95E-04	-1.11E-02	±	9.72E-03	-2.37E-03	±	8.31E-04	100.1	97.0	±	1.1	420.7	±	4.2
# 152	1.56E-05	3.04E-04	±	5.23E-04	1.05E-03	±	1.02E-02	-4.50E-04	±	7.27E-04	99.9	99.2	±	0.8	429.2	±	3.2
# 153	1.61E-05	7.76E-04	±	4.99E-04	1.42E-03	±	1.02E-02	6.61E-04	±	1.25E-03	99.8	97.4	±	1.3	422.3	±	5.0
# 154	1.66E-05	2.24E-03	±	5.74E-04	-4.22E-03	±	9.72E-03	1.34E-03	±	9.34E-04	99.3	98.2	±	0.9	425.4	±	3.4
# 155	1.21E-05	3.86E-04	±	6.50E-04	-1.52E-02	±	1.26E-02	-2.75E-03	±	1.12E-03	99.9	98.2	±	1.4	425.4	±	5.5
# 156	1.32E-05	5.91E-04	±	5.89E-04	-7.01E-03	±	1.18E-02	-2.00E-03	±	1.01E-03	99.8	99.3	±	1.2	429.7	±	4.7
# 157	1.67E-05	1.59E-03	±	4.77E-04	-4.45E-03	±	9.03E-03	1.01E-04	±	1.00E-03	99.5	98.2	±	0.8	425.4	±	3.0
# 158	1.20E-05	2.02E-04	±	6.55E-04	5.93E-04	±	1.39E-02	-1.72E-03	±	1.39E-03	99.9	100.2	±	1.0	433.1	±	3.9
# 159	1.06E-05	5.11E-04	±	7.19E-04	-7.02E-03	±	1.52E-02	-5.49E-05	±	1.11E-03	99.9	105.2	±	1.3	452.3	±	4.9
# 160	1.39E-05	-4.01E-05	±	5.54E-04	9.42E-03	±	1.25E-02	-3.26E-04	±	1.42E-03	100.0	100.8	±	1.1	435.2	±	4.2
# 161	1.34E-05	2.21E-04	±	5.58E-04	-6.47E-04	±	1.18E-02	2.46E-04	±	8.09E-04	99.9	101.0	±	1.1	436.3	±	4.2
# 162	1.36E-05	2.75E-04	±	5.80E-04	-8.97E-03	±	1.16E-02	-1.60E-03	±	8.76E-04	99.9	98.8	±	1.0	427.5	±	3.8
# 163	1.74E-05	1.80E-03	±	4.44E-04	1.06E-03	±	9.35E-03	-2.31E-03	±	9.72E-04	99.5	97.9	±	1.0	424.0	±	3.7
# 164	1.81E-05	1.49E-03	±	4.33E-04	-5.82E-03	±	8.34E-03	-1.93E-03	±	8.54E-04	99.6	97.6	±	0.8	423.0	±	3.0
# 165	1.82E-05	8.67E-04	±	4.42E-04	-4.96E-03	±	9.42E-03	-1.68E-03	±	8.96E-04	99.7	98.4	±	0.6	426.1	±	2.4
# 166	1.81E-05	3.31E-03	±	5.47E-04	5.18E-03	±	9.22E-03	-3.19E-03	±	6.86E-04	99.0	98.8	±	1.1	427.5	±	4.3
# 167	1.72E-05	1.85E-02	±	6.49E-04	4.17E-03	±	9.14E-03	-2.37E-03	±	9.18E-04	94.7	97.2	±	1.0	421.6	±	4.0
# 168	1.05E-05	3.23E-03	±	7.75E-04	-1.44E-02	±	1.47E-02	-2.98E-03	±	1.57E-03	99.0	98.9	±	0.9	428.2	±	3.6
# 169	1.49E-05	1.23E-02	±	5.75E-04	-5.63E-03	±	1.06E-02	-3.13E-03	±	1.15E-03	96.4	98.9	±	0.9	428.2	±	3.5
# 170	1.39E-05	1.63E-06	±	5.74E-04	-6.18E-04	±	1.18E-02	1.44E-04	±	1.24E-03	100.0	98.9	±	1.0	428.0	±	4.0

# 171	1.39E-05	8.91E-04	±	5.57E-04	-2.72E-03	±	1.16E-02	-2.29E-03	±	9.29E-04	99.7	98.7	±	0.9	427.2	±	3.5
# 172	1.65E-05	7.10E-04	±	4.84E-04	-4.77E-03	±	9.35E-03	-2.06E-03	±	7.78E-04	99.8	99.3	±	0.9	429.7	±	3.4
# 173	9.07E-06	9.41E-04	±	8.75E-04	-9.20E-04	±	1.80E-02	6.51E-04	±	1.44E-03	99.7	98.6	±	1.1	426.8	±	4.2
# 174	1.06E-05	2.31E-03	±	7.77E-04	-5.77E-03	±	1.43E-02	-6.35E-04	±	1.18E-03	99.3	99.4	±	1.2	430.0	±	4.5
# 175	1.56E-05	1.10E-03	±	5.00E-04	2.05E-03	±	9.98E-03	-9.14E-04	±	1.07E-03	99.7	97.5	±	1.0	422.8	±	3.8
# 176	1.70E-05	7.04E-04	±	4.66E-04	9.54E-04	±	1.00E-02	-2.40E-03	±	1.13E-03	99.8	98.4	±	0.8	426.0	±	3.0
# 177	1.75E-05	6.42E-04	±	4.50E-04	-2.14E-03	±	8.32E-03	-2.19E-03	±	9.33E-04	99.8	97.2	±	0.7	421.6	±	2.8
# 178	1.63E-05	1.01E-03	±	4.81E-04	-2.98E-03	±	9.92E-03	-1.93E-03	±	7.14E-04	99.7	96.5	±	1.0	418.8	±	3.7
# 179	1.39E-05	2.13E-03	±	5.86E-04	-5.82E-03	±	1.12E-02	1.20E-03	±	8.97E-04	99.4	98.4	±	1.2	426.0	±	4.7
# 180	1.19E-05	1.11E-02	±	7.41E-04	3.41E-03	±	1.38E-02	9.60E-04	±	8.62E-04	96.8	98.4	±	1.3	426.3	±	5.1
# 181	9.00E-06	7.95E-03	±	9.04E-04	-1.02E-02	±	1.72E-02	-1.05E-03	±	1.99E-03	97.7	97.7	±	1.4	423.3	±	5.2
# 182	8.59E-06	2.72E-03	±	8.43E-04	-1.05E-02	±	1.84E-02	6.40E-04	±	1.85E-03	99.2	96.4	±	1.8	418.3	±	6.8
# 183	1.13E-05	2.83E-03	±	7.00E-04	7.51E-03	±	1.42E-02	-2.50E-03	±	1.11E-03	99.2	97.7	±	0.9	423.6	±	3.5
# 184	1.02E-05	5.51E-04	±	7.22E-04	-6.24E-03	±	1.59E-02	-5.13E-04	±	1.31E-03	99.8	95.7	±	1.3	415.8	±	5.1
# 185	1.17E-05	3.14E-04	±	6.06E-04	-1.10E-02	±	1.32E-02	-1.35E-03	±	1.51E-03	99.9	98.0	±	1.4	424.6	±	5.4
# 186	1.24E-05	3.78E-04	±	5.80E-04	5.94E-03	±	1.39E-02	-2.00E-03	±	1.03E-03	99.9	99.6	±	1.4	430.8	±	5.5
# 187	9.97E-06	2.15E-04	±	7.94E-04	7.18E-03	±	1.67E-02	-4.29E-04	±	1.57E-03	99.9	99.3	±	1.2	429.4	±	4.5
# 191	1.74E-05	1.91E-03	±	4.44E-04	-4.80E-03	±	9.69E-03	-1.51E-03	±	7.57E-04	99.4	99.1	±	0.8	429.0	±	3.2
# 192	1.70E-05	1.63E-02	±	6.66E-04	2.72E-03	±	8.70E-03	-1.15E-03	±	9.47E-04	95.4	99.9	±	1.0	431.8	±	3.8
# 193	1.50E-05	6.62E-03	±	5.40E-04	4.81E-03	±	9.81E-03	1.37E-05	±	1.35E-03	98.0	98.0	±	1.4	424.8	±	5.3
# 194	1.98E-05	6.64E-03	±	5.18E-04	1.90E-03	±	7.39E-03	4.70E-04	±	8.16E-04	98.0	96.2	±	0.8	417.7	±	3.2
# 195	1.72E-05	2.32E-03	±	5.25E-04	-1.52E-04	±	9.08E-03	8.75E-05	±	1.02E-03	99.3	96.5	±	1.0	418.6	±	4.0
# 196	8.73E-06	1.96E-03	±	8.55E-04	1.84E-02	±	1.83E-02	6.15E-03	±	2.51E-03	99.4	101.2	±	1.4	437.0	±	5.4
# 197	1.39E-05	6.59E-05	±	5.80E-04	-1.41E-02	±	1.07E-02	-3.86E-03	±	8.96E-04	100.0	99.8	±	1.3	431.5	±	5.0
# 198	1.63E-05	4.77E-04	±	4.51E-04	9.96E-03	±	9.92E-03	-2.36E-03	±	8.62E-04	99.9	97.9	±	0.9	424.2	±	3.4
# 199	1.63E-05	1.66E-04	±	4.46E-04	-8.20E-03	±	9.39E-03	1.62E-03	±	1.16E-03	100.0	98.2	±	0.9	425.5	±	3.5
# 200	1.62E-05	-2.05E-04	±	4.24E-04	2.58E-05	±	1.01E-02	-4.10E-03	±	6.66E-04	100.1	98.6	±	1.1	426.8	±	4.2
# 201	1.57E-05	7.00E-04	±	3.91E-04	-2.88E-03	±	1.01E-02	-2.12E-04	±	1.20E-03	99.8	96.3	±	1.1	418.0	±	4.3
# 202	8.34E-06	-4.73E-04	±	6.74E-04	1.64E-03	±	1.94E-02	4.26E-03	±	1.82E-03	100.1	98.8	±	1.3	427.5	±	4.8
# 203	7.50E-06	9.59E-04	±	7.74E-04	3.47E-03	±	2.02E-02	1.63E-03	±	2.07E-03	99.7	99.2	±	1.2	429.1	±	4.8
# 204	1.29E-05	9.57E-05	±	5.01E-04	-6.56E-03	±	1.27E-02	2.00E-03	±	1.61E-03	100.0	97.3	±	1.2	421.9	±	4.5
# 205	1.31E-05	2.21E-04	±	4.60E-04	-1.07E-02	±	1.24E-02	-2.28E-03	±	1.26E-03	99.9	98.9	±	1.3	427.9	±	4.9
# 206	1.17E-05	1.58E-03	±	4.80E-04	-9.37E-03	±	1.31E-02	-1.78E-03	±	1.07E-03	99.5	100.6	±	1.8	434.8	±	7.0
# 210	1.24E-05	1.59E-03	±	4.43E-04	3.90E-03	±	1.28E-02	1.79E-03	±	9.63E-04	99.5	99.9	±	0.8	432.0	±	3.2
# 211	1.37E-05	2.52E-04	±	5.03E-04	6.13E-03	±	1.24E-02	-1.70E-03	±	9.14E-04	99.9	98.6	±	0.9	427.0	±	3.5
# 212	1.15E-05	-4.81E-04	±	5.59E-04	-5.50E-03	±	1.37E-02	1.97E-03	±	2.01E-03	100.1	100.4	±	1.2	433.7	±	4.6

# 213	1.07E-05	2.81E-04	±	6.20E-04	-1.31E-02	±	1.44E-02	-6.46E-04	±	1.60E-03	99.9	99.8	±	1.5	431.6	±	5.9
# 214	1.46E-05	7.67E-03	±	5.45E-04	-8.57E-03	±	1.04E-02	-1.82E-03	±	8.47E-04	97.8	100.7	±	1.0	434.9	±	4.0
# 218	1.04E-05	6.73E-03	±	7.96E-04	7.13E-03	±	1.59E-02	-4.13E-05	±	1.78E-03	98.1	100.4	±	1.5	433.9	±	5.7
# 219	1.24E-05	2.79E-03	±	6.68E-04	1.33E-03	±	1.31E-02	-2.84E-03	±	6.80E-04	99.2	97.0	±	1.1	420.8	±	4.3
# 220	1.05E-05	3.61E-03	±	6.36E-04	-1.54E-02	±	1.44E-02	-6.25E-04	±	1.55E-03	98.9	99.9	±	1.0	432.1	±	4.0
# 221	1.20E-05	2.92E-03	±	6.02E-04	-1.75E-02	±	1.24E-02	-1.10E-03	±	1.23E-03	99.1	98.6	±	1.1	427.0	±	4.1
# 222	1.30E-05	1.19E-03	±	5.49E-04	-1.67E-03	±	1.16E-02	1.17E-03	±	1.19E-03	99.7	101.3	±	1.0	437.1	±	3.8
# 223	9.45E-06	-4.64E-04	±	7.40E-04	1.51E-02	±	1.96E-02	-6.59E-04	±	1.47E-03	100.1	99.9	±	2.0	432.0	±	7.6
# 224	9.57E-06	1.92E-03	±	7.92E-04	2.15E-02	±	1.72E-02	-7.97E-04	±	1.36E-03	99.4	97.8	±	1.3	423.6	±	5.1
# 225	1.26E-05	2.46E-03	±	5.91E-04	-4.22E-03	±	1.23E-02	-2.23E-03	±	1.07E-03	99.3	96.8	±	1.2	420.0	±	4.5
# 226	1.24E-05	2.28E-03	±	5.85E-04	-1.56E-03	±	1.35E-02	-3.90E-04	±	1.12E-03	99.3	97.5	±	1.1	422.5	±	4.2
# 228	8.67E-06	5.77E-03	±	9.51E-04	-1.48E-02	±	1.77E-02	-3.91E-03	±	1.20E-03	98.4	101.4	±	1.5	437.7	±	5.9
# 229	1.08E-05	3.04E-03	±	6.75E-04	-2.59E-03	±	1.41E-02	-1.65E-04	±	1.15E-03	99.1	102.2	±	1.7	440.7	±	6.6
# 231	1.03E-05	1.30E-03	±	7.67E-04	-2.17E-03	±	1.57E-02	-1.24E-03	±	1.41E-03	99.6	104.2	±	1.2	448.4	±	4.5
# 232	1.24E-05	7.09E-03	±	7.76E-04	1.99E-03	±	1.48E-02	-1.17E-03	±	1.24E-03	97.9	99.1	±	1.0	428.7	±	3.8
# 233	1.13E-05	3.24E-03	±	6.63E-04	6.70E-03	±	1.43E-02	-2.95E-03	±	1.27E-03	99.0	99.3	±	1.3	429.6	±	5.2
# 234	1.15E-05	1.52E-03	±	5.60E-04	4.30E-03	±	1.51E-02	-5.09E-03	±	9.73E-04	99.6	98.8	±	1.3	427.7	±	5.1
# 235	1.10E-05	1.78E-03	±	5.79E-04	4.89E-03	±	1.37E-02	-1.20E-03	±	1.11E-03	99.5	98.6	±	1.3	426.7	±	4.9
# 236	1.52E-05	6.75E-04	±	4.87E-04	-1.47E-02	±	9.85E-03	-4.90E-04	±	1.06E-03	99.8	101.5	±	0.8	438.0	±	3.0
# 238	9.00E-06	4.60E-03	±	7.10E-04	-6.72E-03	±	1.68E-02	-4.73E-03	±	1.35E-03	98.7	102.6	±	1.2	442.3	±	4.6
# 239	1.26E-05	1.52E-03	±	5.19E-04	-3.99E-03	±	1.22E-02	1.41E-03	±	1.02E-03	99.6	100.9	±	1.4	435.6	±	5.3
# 240	9.96E-06	2.53E-03	±	6.54E-04	-2.97E-04	±	1.58E-02	1.84E-03	±	1.24E-03	99.3	101.4	±	1.3	437.5	±	4.9
# 241	1.02E-05	1.51E-03	±	6.08E-04	5.64E-03	±	1.44E-02	-3.22E-03	±	1.26E-03	99.6	104.1	±	1.2	448.1	±	4.4
# 242	1.20E-05	1.61E-03	±	5.38E-04	-4.33E-03	±	1.30E-02	7.04E-04	±	1.23E-03	99.5	100.7	±	1.0	435.1	±	3.9
# 243	1.59E-05	1.18E-03	±	4.79E-04	6.33E-03	±	1.01E-02	-3.10E-03	±	8.75E-04	99.7	99.7	±	0.9	431.2	±	3.6
# 244	9.40E-06	1.20E-03	±	6.64E-04	4.14E-03	±	1.72E-02	-2.77E-03	±	1.00E-03	99.6	99.1	±	1.1	428.6	±	4.1
# 245	1.03E-05	4.55E-03	±	6.96E-04	2.31E-03	±	1.62E-02	-2.22E-04	±	1.06E-03	98.7	101.8	±	1.4	439.3	±	5.5
# 246	1.55E-05	6.61E-03	±	3.64E-04	1.43E-02	±	1.08E-02	-2.23E-03	±	9.51E-04	98.1	101.8	±	0.9	439.0	±	3.3
# 247	1.47E-05	2.68E-03	±	4.33E-04	-5.09E-03	±	1.08E-02	-1.25E-03	±	1.35E-03	99.2	100.2	±	0.9	432.9	±	3.3
# 248	1.77E-05	1.93E-03	±	3.38E-04	7.51E-04	±	9.31E-03	-8.82E-04	±	8.90E-04	99.4	99.6	±	0.7	430.9	±	2.5
# 249	1.53E-05	1.29E-03	±	3.84E-04	-5.62E-03	±	1.02E-02	-1.20E-03	±	1.00E-03	99.6	98.8	±	1.0	427.6	±	3.8
# 250	1.77E-05	6.09E-04	±	3.34E-04	-3.86E-03	±	8.97E-03	-1.04E-03	±	9.57E-04	99.8	98.7	±	1.1	427.4	±	4.4
# 251	1.57E-05	1.06E-03	±	3.79E-04	-2.86E-03	±	1.01E-02	-1.40E-04	±	1.02E-03	99.7	98.1	±	1.5	425.1	±	5.7
# 252	1.29E-05	1.35E-03	±	3.97E-04	-3.40E-03	±	1.27E-02	2.32E-03	±	9.90E-04	99.6	101.8	±	1.2	439.3	±	4.7
# 253	1.78E-05	3.03E-04	±	3.70E-04	-1.77E-03	±	9.39E-03	-4.06E-04	±	1.09E-03	99.9	98.2	±	0.8	425.3	±	3.1
# 254	1.82E-05	2.31E-03	±	3.76E-04	-2.91E-03	±	9.16E-03	-5.51E-04	±	1.27E-03	99.3	99.7	±	0.7	431.0	±	2.9

# 255	1.81E-05	1.47E-03	±	2.63E-04	1.51E-02	±	9.76E-03	-3.89E-03	±	9.09E-04	99.6	97.4	±	0.7	422.4	±	2.9
# 256	1.97E-05	9.15E-04	±	2.63E-04	6.95E-03	±	7.88E-03	-1.89E-03	±	8.24E-04	99.7	97.9	±	1.1	424.3	±	4.2
# 257	4.43E-06	3.74E-03	±	1.21E-03	1.93E-02	±	4.35E-02	-3.19E-03	±	1.96E-03	98.9	101.7	±	2.1	438.8	±	8.1
# 258	1.41E-05	1.03E-03	±	4.15E-04	8.20E-03	±	1.22E-02	-7.44E-04	±	8.09E-04	99.7	94.5	±	0.9	411.2	±	3.6
# 259	1.37E-05	1.32E-03	±	3.83E-04	3.41E-03	±	1.14E-02	-2.36E-03	±	1.18E-03	99.6	97.9	±	1.5	424.0	±	6.0
# 260	9.98E-06	1.69E-03	±	4.99E-04	-1.72E-02	±	1.47E-02	1.58E-03	±	9.63E-04	99.5	96.1	±	1.5	417.2	±	5.7
# 262	1.47E-05	4.44E-04	±	3.63E-04	1.59E-05	±	1.08E-02	-3.67E-04	±	9.74E-04	99.9	96.3	±	0.7	418.0	±	2.7
# 263	8.78E-06	9.74E-04	±	6.16E-04	-1.18E-02	±	1.74E-02	-1.78E-03	±	1.42E-03	99.7	95.9	±	1.3	416.3	±	4.9
Total	3.86E-03	4.30E-03	±	3.40E-05	-1.03E-03	±	6.61E-04	-8.33E-04	±	6.90E-05	98.7	98.5	±	0.1	426.5	±	4.0

9.2.2.2. NOR1

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2828E-02 ± .2848E-04																	
# 1	9.63E-06	6.76E-03	±	6.56E-04	-1.70E-01	±	2.27E-01	-2.02E-05	±	1.92E-03	98.0	96.9	±	1.5	436.7	±	5.9
# 2	7.93E-06	3.09E-03	±	7.71E-04	4.94E-02	±	2.76E-01	-3.95E-03	±	1.17E-03	99.1	98.7	±	0.8	444.3	±	3.3
# 3	8.94E-06	2.25E-03	±	6.39E-04	-9.99E-02	±	2.40E-01	-1.39E-03	±	1.29E-03	99.3	99.0	±	1.1	445.4	±	4.5
# 4	9.66E-06	7.27E-03	±	8.25E-04	-1.01E-01	±	2.35E-01	-2.85E-03	±	9.91E-04	97.9	97.6	±	1.2	439.7	±	5.0
# 5	1.08E-05	7.08E-03	±	5.39E-04	-3.29E-01	±	1.88E-01	1.87E-03	±	1.62E-03	97.9	95.9	±	0.9	433.0	±	3.6
# 6	1.04E-05	5.56E-03	±	4.90E-04	-1.74E-01	±	1.92E-01	8.41E-04	±	1.22E-03	98.3	94.9	±	0.8	428.7	±	3.2
# 7	6.34E-06	2.72E-03	±	7.02E-04	-1.40E-01	±	3.51E-01	4.36E-04	±	1.50E-03	99.2	96.5	±	1.6	435.3	±	6.3
# 8	1.20E-05	8.17E-03	±	4.25E-04	-2.87E-01	±	1.69E-01	-5.46E-03	±	1.00E-03	97.4	90.0	±	0.8	409.1	±	3.1
# 9	1.16E-05	9.18E-03	±	7.14E-04	2.54E-02	±	1.98E-01	-1.26E-03	±	9.85E-04	97.3	97.3	±	1.0	438.6	±	4.0
# 10	1.11E-05	7.79E-03	±	4.96E-04	-1.26E-01	±	1.96E-01	3.89E-04	±	1.63E-03	97.7	97.4	±	1.0	439.1	±	4.0
# 11	1.08E-05	6.77E-03	±	5.55E-04	-1.61E-01	±	1.91E-01	8.85E-04	±	1.46E-03	98.0	97.4	±	0.7	438.8	±	2.9
# 12	1.18E-05	1.49E-03	±	4.08E-04	-3.38E-03	±	1.87E-01	-1.55E-03	±	1.07E-03	99.6	97.3	±	0.6	438.3	±	2.6
# 13	2.93E-06	1.43E-02	±	1.58E-03	1.04E-01	±	7.19E-01	-6.60E-03	±	3.49E-03	95.8	95.9	±	2.9	433.1	±	11.8
# 14	8.86E-08	8.53E-02	±	6.12E-02	-1.66E+01	±	2.41E+01	-6.77E-03	±	7.61E-02	88.1	186.9	±	68.9	765.6	±	229.8
# 15	1.12E-05	7.96E-04	±	3.73E-04	-1.22E-01	±	1.87E-01	1.47E-03	±	1.27E-03	99.8	97.6	±	0.8	439.7	±	3.2
# 16	1.14E-05	7.82E-04	±	4.18E-04	-2.60E-01	±	1.82E-01	-3.42E-03	±	1.49E-03	99.8	96.4	±	0.9	434.8	±	3.5
# 17	1.15E-05	3.35E-04	±	3.46E-04	-1.48E-01	±	1.75E-01	-3.94E-04	±	1.12E-03	99.9	94.4	±	0.8	427.1	±	3.1
# 18	1.09E-05	9.00E-04	±	4.15E-04	4.09E-02	±	1.93E-01	3.52E-03	±	1.41E-03	99.7	95.7	±	1.2	431.9	±	4.9

# 19	1.10E-05	4.14E-03	±	4.54E-04	2.71E-01	±	1.94E-01	-2.64E-03	±	9.78E-04	98.7	92.3	±	1.0	418.3	±	4.2
# 20	1.06E-05	7.95E-03	±	6.20E-04	-3.80E-02	±	1.91E-01	-1.00E-03	±	1.48E-03	97.6	95.1	±	1.2	429.8	±	4.6
# 21	1.06E-05	9.38E-03	±	9.23E-04	-3.41E-02	±	2.10E-01	-3.37E-03	±	8.88E-04	97.2	95.2	±	1.2	429.9	±	4.8
# 22	1.55E-07	4.10E-01	±	1.09E-01	-5.86E+00	±	1.48E+01	-4.51E-03	±	5.70E-02	43.2	92.0	±	27.4	417.0	±	110.8
# 23	9.02E-07	2.20E-01	±	1.79E-02	-9.06E-01	±	2.32E+00	1.54E-03	±	1.32E-02	58.6	91.7	±	6.4	416.2	±	25.8
# 24	1.21E-06	2.89E-02	±	6.85E-03	-9.66E-01	±	1.73E+00	1.66E-04	±	7.88E-03	91.9	97.2	±	4.9	438.1	±	19.7
# 25	2.34E-06	2.28E-02	±	4.11E-03	8.20E-01	±	9.91E-01	-4.08E-04	±	4.23E-03	93.5	97.7	±	2.2	440.1	±	8.8
# 26	2.90E-06	1.75E-02	±	3.35E-03	9.71E-01	±	8.21E-01	3.91E-03	±	3.23E-03	94.9	97.2	±	2.3	438.3	±	9.2
# 27	1.42E-05	1.61E-02	±	7.87E-04	9.83E-02	±	1.50E-01	4.73E-04	±	1.40E-03	95.0	91.4	±	0.9	414.6	±	3.7
# 28	1.32E-05	1.31E-03	±	7.04E-04	-7.16E-03	±	1.73E-01	1.37E-03	±	1.13E-03	99.6	94.7	±	0.6	428.0	±	2.6
# 29	1.20E-05	1.65E-02	±	9.70E-04	9.73E-02	±	1.74E-01	-2.90E-04	±	1.28E-03	95.1	93.7	±	1.2	423.9	±	5.0
# 30	1.18E-05	3.51E-03	±	7.51E-04	9.71E-02	±	1.83E-01	5.00E-04	±	1.39E-03	98.9	95.4	±	0.7	430.8	±	2.9
# 31	1.10E-05	3.46E-02	±	1.12E-03	-5.60E-02	±	1.96E-01	-1.30E-03	±	1.33E-03	88.4	78.2	±	0.6	360.5	±	2.6
# 32	1.33E-05	3.33E-03	±	6.47E-04	7.89E-02	±	1.59E-01	-2.52E-04	±	1.54E-03	99.0	95.1	±	1.0	429.8	±	4.1
# 33	1.31E-05	1.08E-03	±	6.41E-04	-2.94E-02	±	1.66E-01	1.31E-03	±	1.39E-03	99.7	93.5	±	0.9	423.3	±	3.6
# 34	3.66E-06	1.94E-02	±	2.89E-03	6.56E-01	±	6.72E-01	-1.05E-03	±	3.08E-03	94.2	92.7	±	2.4	420.1	±	9.7
# 35	2.62E-06	4.91E-01	±	1.47E-02	1.25E+00	±	8.38E-01	-1.04E-03	±	5.85E-03	28.7	58.4	±	2.4	275.9	±	10.5
# 36	2.67E-06	5.26E-01	±	1.13E-02	4.04E+00	±	8.11E-01	-1.48E-02	±	5.11E-03	35.2	84.4	±	2.3	385.9	±	9.4
# 37	2.09E-06	1.35E+00	±	3.54E-02	1.43E+00	±	1.12E+00	2.35E-02	±	1.72E-02	7.7	33.4	±	4.7	162.8	±	22.0
# 38	3.26E-08	1.49E+02	±	1.34E+02	2.44E+02	±	2.28E+02	-3.03E-01	±	6.14E-01	2.1	936.6	±	920.5	2335.0	±	1287.0
# 39	5.21E-06	1.55E-02	±	1.67E-03	5.34E-01	±	4.38E-01	1.15E-03	±	2.42E-03	95.2	91.6	±	1.6	415.6	±	6.3
# 40	2.96E-06	1.66E-02	±	3.07E-03	5.11E-01	±	7.62E-01	-5.50E-03	±	2.75E-03	95.0	92.7	±	2.3	420.1	±	9.1
# 41	7.94E-06	1.09E-02	±	1.30E-03	-1.50E-01	±	2.60E-01	-3.22E-03	±	1.30E-03	96.7	93.9	±	0.9	424.9	±	3.5
# 42	7.30E-06	2.29E-02	±	1.52E-03	4.11E-01	±	2.82E-01	-2.23E-03	±	1.59E-03	93.1	90.8	±	1.8	412.3	±	7.1
# 43	1.43E-05	2.99E-03	±	6.15E-04	-1.14E-01	±	1.41E-01	-2.17E-03	±	8.51E-04	99.0	86.9	±	0.9	396.6	±	3.6
# 44	1.20E-05	8.57E-03	±	7.77E-04	-1.13E-02	±	1.78E-01	-8.92E-04	±	1.02E-03	96.9	78.1	±	0.7	359.9	±	2.9
# 45	2.04E-07	8.73E-01	±	1.58E-01	1.90E+01	±	1.12E+01	2.04E-02	±	4.44E-02	19.5	62.5	±	19.4	293.5	±	84.1
# 46	1.82E-05	1.45E-02	±	5.83E-04	1.00E-01	±	1.24E-01	-1.21E-03	±	8.13E-04	95.5	89.6	±	0.9	407.5	±	3.6
# 47	1.08E-05	4.21E-03	±	8.30E-04	7.99E-02	±	2.03E-01	-1.13E-03	±	1.77E-03	98.7	93.4	±	1.0	422.7	±	4.1
# 48	3.90E-08	1.74E+00	±	1.47E+00	-2.14E+01	±	6.96E+01	2.09E-01	±	2.91E-01	16.2	99.5	±	102.9	447.4	±	409.8
# 49	8.71E-08	6.75E-01	±	2.92E-01	-9.98E+00	±	2.90E+01	-1.06E-01	±	9.43E-02	39.6	130.7	±	60.5	567.6	±	225.3
# 50	1.59E-05	6.26E-03	±	4.85E-04	4.08E-01	±	1.64E-01	-1.27E-03	±	6.69E-04	98.4	114.0	±	1.2	504.0	±	4.5
# 51	1.60E-05	4.14E-03	±	5.50E-04	4.71E-02	±	1.43E-01	-8.08E-04	±	1.10E-03	98.4	75.6	±	0.6	349.4	±	2.5
# 52	1.87E-05	3.21E-03	±	4.67E-04	4.86E-02	±	1.37E-01	-1.33E-03	±	5.78E-04	98.8	76.2	±	0.6	351.9	±	2.6
# 53	1.21E-05	4.82E-03	±	7.15E-04	9.22E-03	±	1.98E-01	-3.00E-03	±	8.98E-04	98.1	75.0	±	0.7	346.8	±	2.8
# 54	1.10E-05	1.01E-01	±	2.57E-03	8.05E-02	±	2.07E-01	-1.18E-03	±	1.49E-03	59.8	44.2	±	0.9	212.6	±	3.9

# 55	1.14E-05	6.09E-02	±	1.18E-03	4.51E-01	±	2.38E-01	-5.76E-04	±	2.39E-03	70.9	43.9	±	0.5	211.1	±	2.4
# 56	1.95E-05	2.70E-02	±	6.79E-04	-1.10E-01	±	1.25E-01	5.20E-04	±	9.52E-04	83.9	41.5	±	0.4	200.2	±	1.7
# 57	1.60E-05	3.89E-02	±	7.80E-04	9.72E-02	±	1.78E-01	-1.66E-03	±	1.11E-03	79.9	45.7	±	0.4	219.2	±	2.0
# 58	1.26E-05	8.19E-02	±	1.17E-03	-1.71E-01	±	1.93E-01	-6.03E-03	±	1.64E-03	66.0	47.1	±	0.5	225.5	±	2.1
# 59	1.63E-05	9.25E-03	±	4.57E-04	-4.34E-02	±	1.46E-01	-2.16E-04	±	1.27E-03	97.2	94.3	±	0.9	426.3	±	3.7
# 60	2.12E-06	8.55E-02	±	5.42E-03	3.61E-01	±	1.17E+00	-1.37E-02	±	4.65E-03	69.7	58.1	±	2.6	274.2	±	11.5
# 61	1.24E-05	7.17E-03	±	6.85E-04	3.48E-01	±	2.11E-01	-2.24E-03	±	1.08E-03	97.6	84.4	±	0.6	386.1	±	2.5
# 62	4.71E-06	2.06E-02	±	1.78E-03	1.35E-01	±	5.33E-01	-9.77E-03	±	1.93E-03	92.5	74.7	±	1.8	345.6	±	7.8
# 63	8.39E-06	1.11E-02	±	1.07E-03	5.81E-01	±	3.05E-01	-3.11E-03	±	1.47E-03	95.8	74.1	±	0.9	343.3	±	3.9
# 64	1.08E-05	2.35E-02	±	7.51E-04	-1.56E-01	±	2.23E-01	-1.36E-03	±	2.34E-03	93.1	93.1	±	0.8	421.6	±	3.2
# 65	1.23E-05	1.43E-02	±	7.51E-04	-5.61E-02	±	2.13E-01	2.16E-03	±	1.29E-03	95.7	93.6	±	0.8	423.5	±	3.3
# 66	5.41E-06	4.54E-02	±	2.64E-03	-1.77E-02	±	4.65E-01	-1.58E-04	±	2.19E-03	86.1	83.2	±	1.4	381.2	±	6.0
# 67	4.85E-06	1.01E-01	±	2.81E-03	8.72E-03	±	5.43E-01	-4.22E-03	±	3.32E-03	63.7	52.3	±	1.2	248.8	±	5.3
# 68	4.60E-06	2.19E-01	±	5.04E-03	-1.60E-01	±	5.77E-01	-1.07E-02	±	2.10E-03	49.0	62.0	±	1.5	291.4	±	6.5
# 69	3.25E-06	4.96E-02	±	2.47E-03	-9.81E-01	±	7.64E-01	-7.00E-03	±	2.47E-03	85.0	83.0	±	1.8	380.3	±	7.3
# 70	8.98E-06	2.02E-02	±	7.68E-04	-2.51E-01	±	2.73E-01	8.23E-05	±	1.59E-03	90.1	54.5	±	0.6	258.4	±	2.5
Total	6.15E-04	3.47E-02	±	1.60E-04	5.64E-02	±	3.11E-02	-1.17E-03	±	2.02E-04	89.2	84.7	±	0.1	387.4	±	3.6

9.2.2.3. NOR2a

	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$			$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$			$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$			$\% ^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$			Age (Ma)		
Spot #		$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$				$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$		
J = .2806E-02 $\pm$.2870E-04																	
# 1	5.88E-06	1.64E-03	$\pm$	1.14E-03	-3.91E-02	$\pm$	2.94E-02	-2.67E-03	$\pm$	1.83E-03	99.5	98.8	$\pm$	1.1	441.5	$\pm$	4.3
# 2	1.91E-05	2.86E-04	$\pm$	3.25E-04	-1.00E-02	$\pm$	8.91E-03	-3.33E-04	$\pm$	9.22E-04	99.9	97.0	$\pm$	0.8	434.2	$\pm$	3.1
# 3	2.00E-05	2.89E-03	$\pm$	3.85E-04	-7.47E-03	$\pm$	9.14E-03	-2.82E-03	$\pm$	7.10E-04	99.1	93.6	$\pm$	0.7	420.7	$\pm$	2.7
# 4	2.32E-05	8.97E-04	$\pm$	2.76E-04	2.14E-03	$\pm$	7.85E-03	-3.26E-03	$\pm$	8.78E-04	99.7	94.5	$\pm$	0.9	424.1	$\pm$	3.8
# 5	2.17E-05	1.03E-03	$\pm$	2.80E-04	-4.52E-03	$\pm$	8.00E-03	-2.42E-03	$\pm$	6.56E-04	99.7	91.8	$\pm$	0.6	413.5	$\pm$	2.6
# 6	2.05E-05	1.44E-03	$\pm$	3.33E-04	-7.37E-03	$\pm$	8.39E-03	-2.52E-03	$\pm$	7.21E-04	99.6	94.7	$\pm$	0.9	425.1	$\pm$	3.5
# 7	7.40E-06	6.74E-03	$\pm$	1.00E-03	-2.47E-03	$\pm$	2.41E-02	-3.37E-04	$\pm$	1.33E-03	98.0	97.9	$\pm$	1.3	437.7	$\pm$	5.0
# 8	4.76E-06	1.06E-02	$\pm$	1.72E-03	-2.47E-02	$\pm$	3.76E-02	-1.68E-03	$\pm$	2.06E-03	96.7	92.6	$\pm$	1.9	416.8	$\pm$	7.7
# 9	1.32E-05	3.28E-03	$\pm$	5.32E-04	-1.17E-02	$\pm$	1.27E-02	-3.64E-03	$\pm$	8.24E-04	98.9	86.6	$\pm$	0.6	392.2	$\pm$	2.4
# 10	1.20E-05	4.14E-03	$\pm$	5.80E-04	9.30E-03	$\pm$	1.52E-02	-8.45E-04	$\pm$	9.05E-04	98.7	92.5	$\pm$	1.1	416.4	$\pm$	4.2

# 11	1.92E-05	1.38E-03	±	3.43E-04	-3.65E-03	±	8.85E-03	-8.55E-05	±	8.40E-04	99.6	92.7	±	0.7	416.9	±	2.6
# 12	1.03E-05	1.55E-04	±	6.00E-04	4.63E-03	±	1.77E-02	5.35E-05	±	1.18E-03	100.0	94.4	±	0.7	424.0	±	2.6
# 13	1.32E-05	2.16E-03	±	5.13E-04	3.71E-03	±	1.34E-02	-1.02E-03	±	1.06E-03	99.3	93.3	±	0.6	419.6	±	2.4
# 14	1.65E-05	2.85E-03	±	3.84E-04	1.03E-03	±	1.06E-02	-1.25E-03	±	8.15E-04	99.1	94.5	±	0.6	424.2	±	2.5
# 15	1.39E-05	2.25E-03	±	4.62E-04	2.44E-03	±	1.28E-02	-5.47E-04	±	1.02E-03	99.3	95.2	±	0.8	427.0	±	3.3
# 16	2.27E-05	1.10E-03	±	3.43E-04	2.06E-03	±	7.97E-03	6.82E-04	±	7.46E-04	99.7	92.0	±	0.7	414.1	±	2.8
# 17	2.39E-05	4.88E-04	±	2.74E-04	-2.28E-03	±	7.27E-03	-1.10E-03	±	4.93E-04	99.9	93.9	±	0.7	421.8	±	3.0
# 18	2.06E-05	1.07E-03	±	3.61E-04	-1.27E-03	±	8.59E-03	-7.92E-04	±	7.18E-04	99.6	73.3	±	0.7	337.4	±	2.9
# 19	1.45E-05	2.03E-03	±	4.79E-04	2.54E-03	±	1.15E-02	-3.45E-03	±	6.42E-04	99.4	92.1	±	0.6	414.5	±	2.2
# 20	2.14E-05	4.15E-04	±	2.86E-04	5.02E-03	±	8.22E-03	8.67E-05	±	1.11E-03	99.9	92.7	±	0.7	417.1	±	2.8
# 21	2.32E-05	1.38E-03	±	2.66E-04	5.09E-03	±	7.53E-03	-2.74E-04	±	7.92E-04	99.6	94.3	±	0.9	423.3	±	3.7
# 22	2.15E-05	2.01E-03	±	3.18E-04	-4.52E-03	±	7.79E-03	-5.84E-05	±	1.05E-03	99.4	94.4	±	0.9	424.0	±	3.6
# 23	2.34E-05	7.72E-04	±	4.73E-04	1.29E-04	±	7.56E-03	1.37E-04	±	9.09E-04	99.8	95.0	±	0.8	426.1	±	3.1
# 24	2.34E-05	1.12E-03	±	4.76E-04	8.85E-04	±	7.45E-03	-1.76E-03	±	8.69E-04	99.7	95.4	±	0.4	427.9	±	1.5
# 25	2.26E-05	5.68E-04	±	4.81E-04	-8.78E-04	±	7.71E-03	-2.57E-04	±	9.35E-04	99.8	94.0	±	0.8	422.3	±	3.0
# 26	1.60E-05	2.26E-03	±	6.90E-04	7.45E-03	±	1.08E-02	1.71E-03	±	9.72E-04	99.3	93.4	±	1.0	419.9	±	3.9
# 27	1.05E-05	5.36E-03	±	1.03E-03	2.28E-02	±	1.74E-02	-1.01E-03	±	1.39E-03	98.3	92.3	±	0.8	415.4	±	3.0
# 28	2.32E-05	2.67E-03	±	5.49E-04	1.24E-03	±	7.51E-03	1.23E-03	±	7.17E-04	99.2	94.3	±	0.5	423.3	±	1.8
# 29	2.07E-05	2.65E-03	±	5.42E-04	-6.83E-03	±	8.20E-03	-3.67E-04	±	4.97E-04	99.2	91.9	±	0.8	413.9	±	3.3
# 30	2.20E-05	4.47E-03	±	6.03E-04	-5.16E-04	±	7.85E-03	-5.86E-04	±	6.68E-04	98.6	92.1	±	0.4	414.5	±	1.8
# 31	2.37E-05	2.36E-03	±	4.88E-04	4.31E-03	±	7.55E-03	6.53E-04	±	8.56E-04	99.3	91.9	±	0.9	413.9	±	3.8
# 32	1.97E-05	3.01E-03	±	5.68E-04	5.60E-03	±	9.60E-03	-3.98E-04	±	7.50E-04	99.1	93.8	±	0.7	421.4	±	2.8
# 33	2.04E-05	1.11E-03	±	5.50E-04	-4.16E-03	±	8.36E-03	9.97E-04	±	7.47E-04	99.7	95.4	±	0.8	428.0	±	3.1
# 34	2.03E-05	8.44E-04	±	5.35E-04	-6.53E-04	±	8.83E-03	-2.21E-04	±	8.44E-04	99.7	96.2	±	0.6	431.2	±	2.3
# 35	1.17E-05	4.15E-03	±	9.29E-04	2.19E-02	±	1.52E-02	9.91E-04	±	1.49E-03	98.7	94.5	±	0.9	424.1	±	3.4
# 36	1.82E-05	2.44E-03	±	6.04E-04	9.73E-04	±	9.44E-03	-1.95E-03	±	7.77E-04	99.3	95.5	±	0.6	428.2	±	2.6
# 37	1.37E-05	7.71E-03	±	8.78E-04	1.11E-02	±	1.28E-02	-1.77E-03	±	1.29E-03	97.7	96.3	±	0.9	431.5	±	3.7
# 38	1.93E-05	6.43E-03	±	6.55E-04	-7.00E-03	±	8.94E-03	-7.51E-04	±	9.20E-04	98.1	96.4	±	0.6	431.8	±	2.4
# 39	2.10E-05	2.60E-03	±	5.35E-04	-2.13E-03	±	8.63E-03	-2.08E-03	±	6.06E-04	99.2	96.8	±	0.8	433.4	±	3.1
# 40	1.96E-05	2.56E-03	±	5.60E-04	5.73E-03	±	8.60E-03	-1.71E-03	±	8.67E-04	99.2	96.1	±	0.9	430.8	±	3.5
# 41	1.86E-05	1.91E-03	±	6.38E-04	-9.02E-05	±	9.85E-03	-1.89E-03	±	9.24E-04	99.4	97.4	±	1.0	435.7	±	4.0
# 42	2.07E-05	1.49E-03	±	5.30E-04	-3.30E-03	±	8.43E-03	-8.58E-04	±	1.05E-03	99.6	96.7	±	0.9	433.2	±	3.7
# 43	2.07E-05	1.49E-03	±	5.73E-04	-6.35E-03	±	8.84E-03	-1.93E-03	±	6.42E-04	99.5	96.1	±	0.5	430.8	±	2.0
# 44	1.81E-05	2.04E-03	±	6.36E-04	-3.31E-03	±	9.55E-03	-1.50E-03	±	5.27E-04	99.4	95.4	±	0.6	427.7	±	2.5
# 45	1.98E-05	7.45E-04	±	5.44E-04	-4.65E-04	±	8.64E-03	-1.70E-04	±	1.21E-03	99.8	97.1	±	0.9	434.7	±	3.5
# 46	1.99E-05	6.28E-04	±	5.60E-04	-1.94E-03	±	8.70E-03	1.33E-03	±	8.97E-04	99.8	97.8	±	1.1	437.6	±	4.3

# 47	1.92E-05	1.63E-04	±	5.82E-04	-7.96E-03	±	8.86E-03	6.15E-04	±	8.08E-04	100.0	96.6	±	1.1	432.8	±	4.2
# 48	2.03E-05	1.03E-03	±	5.33E-04	-1.10E-02	±	8.37E-03	-1.12E-03	±	5.52E-04	99.7	94.9	±	0.9	426.0	±	3.6
# 49	1.96E-05	2.17E-03	±	5.87E-04	-2.89E-03	±	8.81E-03	6.32E-04	±	7.86E-04	99.3	97.0	±	0.9	434.1	±	3.6
# 50	1.93E-05	1.71E-03	±	5.90E-04	-5.59E-03	±	9.12E-03	-9.16E-04	±	7.73E-04	99.5	96.2	±	0.7	430.9	±	2.9
# 51	1.82E-05	1.64E-03	±	6.18E-04	-1.13E-02	±	9.25E-03	-6.27E-04	±	7.38E-04	99.5	96.1	±	0.9	430.5	±	3.6
# 52	1.40E-05	4.42E-03	±	8.21E-04	-9.60E-03	±	1.21E-02	4.81E-04	±	1.00E-03	98.7	97.1	±	1.0	434.7	±	3.9
# 53	1.98E-05	2.91E-03	±	5.74E-04	-8.88E-03	±	8.57E-03	1.22E-04	±	9.12E-04	99.1	92.8	±	0.8	417.3	±	3.1
# 54	2.39E-05	9.38E-03	±	1.24E-03	7.70E-03	±	8.50E-03	6.70E-04	±	8.77E-04	97.1	93.9	±	0.8	422.0	±	3.4
# 55	2.31E-05	6.02E-03	±	7.89E-04	9.56E-03	±	7.83E-03	-1.40E-03	±	7.26E-04	98.1	93.7	±	0.8	421.0	±	3.2
# 56	2.10E-05	1.38E-04	±	3.73E-04	1.95E-02	±	1.00E-02	-8.43E-04	±	5.69E-04	100.0	95.5	±	0.8	428.3	±	3.3
# 57	1.92E-05	1.47E-03	±	3.45E-04	2.01E-03	±	9.54E-03	-3.29E-04	±	9.93E-04	99.6	95.7	±	0.5	429.0	±	2.2
# 58	1.55E-05	1.28E-03	±	4.33E-04	-3.48E-03	±	1.11E-02	3.02E-04	±	7.73E-04	99.6	97.9	±	0.9	438.0	±	3.7
# 59	4.27E-06	8.39E-03	±	1.74E-03	-2.15E-02	±	4.16E-02	-7.03E-03	±	1.81E-03	97.4	93.0	±	1.8	418.1	±	7.4
# 60	1.20E-05	2.18E-03	±	5.93E-04	1.71E-02	±	1.50E-02	-2.99E-04	±	7.43E-04	99.4	98.2	±	0.7	439.1	±	2.9
# 61	1.14E-05	1.90E-03	±	6.42E-04	-3.61E-03	±	1.55E-02	-9.04E-04	±	1.19E-03	99.4	88.8	±	1.2	401.4	±	4.7
# 62	1.47E-05	8.01E-04	±	4.34E-04	-1.08E-02	±	1.18E-02	3.60E-05	±	1.06E-03	99.8	95.3	±	0.8	427.5	±	3.4
# 63	1.66E-05	1.97E-03	±	3.93E-04	-1.20E-03	±	1.09E-02	1.42E-03	±	1.05E-03	99.4	95.5	±	0.8	428.3	±	3.1
# 64	2.09E-05	1.40E-03	±	2.97E-04	-2.73E-03	±	8.23E-03	-6.43E-04	±	6.10E-04	99.6	96.0	±	0.4	430.2	±	1.7
# 65	2.00E-05	5.50E-04	±	3.36E-04	-7.98E-03	±	8.58E-03	-6.51E-04	±	9.96E-04	99.8	94.9	±	0.7	425.9	±	2.6
# 66	1.93E-05	1.37E-03	±	3.53E-04	-2.10E-03	±	8.62E-03	-1.13E-03	±	8.24E-04	99.6	95.4	±	0.6	427.8	±	2.4
# 67	8.91E-06	3.55E-03	±	6.88E-04	-9.30E-03	±	1.92E-02	-1.27E-03	±	1.31E-03	99.0	99.8	±	0.9	445.2	±	3.5
# 68	7.62E-07	1.58E-01	±	1.43E-02	7.94E-01	±	2.36E-01	-2.28E-02	±	9.36E-03	68.1	99.6	±	7.0	444.4	±	27.6
# 69	6.20E-06	5.88E-03	±	1.11E-03	-2.71E-02	±	2.76E-02	-2.95E-04	±	1.81E-03	98.3	102.0	±	1.4	454.0	±	5.6
# 70	7.69E-06	5.16E-03	±	8.82E-04	-6.22E-03	±	2.21E-02	4.70E-04	±	2.08E-03	98.5	99.5	±	1.5	444.2	±	5.9
# 71	1.97E-05	1.65E-03	±	3.79E-04	4.42E-03	±	8.75E-03	-7.59E-04	±	1.59E-03	99.5	95.7	±	0.9	428.9	±	3.5
# 72	2.02E-05	1.25E-03	±	4.41E-04	-7.46E-03	±	8.26E-03	9.27E-05	±	9.11E-04	99.6	96.9	±	0.5	433.9	±	2.1
# 73	1.82E-05	1.44E-03	±	4.97E-04	-3.68E-03	±	9.54E-03	1.47E-04	±	5.81E-04	99.5	90.4	±	0.7	408.0	±	2.7
# 74	6.84E-06	9.69E-03	±	1.42E-03	9.40E-03	±	2.66E-02	-2.13E-03	±	1.27E-03	97.2	97.5	±	1.6	436.3	±	6.3
# 75	2.05E-05	1.40E-03	±	4.26E-04	-2.94E-03	±	8.33E-03	-1.10E-03	±	8.18E-04	99.6	93.7	±	1.0	421.2	±	4.1
# 76	2.09E-05	2.01E-03	±	4.42E-04	-7.35E-03	±	7.97E-03	-6.76E-04	±	9.12E-04	99.4	93.8	±	0.7	421.4	±	2.7
# 77	1.29E-05	1.88E-03	±	6.82E-04	-7.45E-03	±	1.38E-02	-1.91E-03	±	1.03E-03	99.5	100.3	±	0.8	447.2	±	3.2
# 78	5.17E-06	5.03E-03	±	1.70E-03	-1.87E-02	±	3.28E-02	-1.14E-03	±	2.43E-03	98.5	95.2	±	1.9	427.2	±	7.7
# 79	1.41E-05	1.79E-03	±	6.02E-04	-1.20E-03	±	1.28E-02	1.99E-03	±	9.06E-04	99.5	96.2	±	1.2	430.9	±	4.6
# 80	1.46E-05	9.92E-04	±	6.19E-04	-2.59E-03	±	1.19E-02	2.21E-03	±	1.54E-03	99.7	95.3	±	0.5	427.3	±	2.0
# 81	4.84E-06	8.67E-03	±	2.06E-03	1.75E-02	±	3.60E-02	-4.24E-03	±	1.79E-03	97.5	98.2	±	1.4	439.0	±	5.6
# 82	1.10E-05	4.13E-03	±	8.06E-04	7.14E-03	±	1.65E-02	-7.54E-04	±	1.74E-03	98.7	95.4	±	1.0	427.9	±	4.1

# 83	1.79E-05	2.01E-03	±	5.13E-04	-1.75E-03	±	9.76E-03	-1.89E-03	±	7.61E-04	99.4	96.4	±	0.7	431.8	±	2.7
# 84	1.60E-05	1.53E-03	±	5.42E-04	-5.08E-03	±	1.08E-02	-2.28E-03	±	7.41E-04	99.5	95.7	±	1.1	429.2	±	4.4
# 85	1.80E-05	1.49E-03	±	4.92E-04	1.27E-02	±	9.98E-03	-2.56E-03	±	5.53E-04	99.5	94.0	±	0.6	422.3	±	2.6
# 86	1.46E-05	3.78E-03	±	6.22E-04	1.27E-02	±	1.26E-02	-2.51E-03	±	7.79E-04	98.8	94.6	±	0.8	424.7	±	3.1
# 87	5.92E-06	2.45E-02	±	1.69E-03	1.32E-02	±	2.85E-02	1.60E-03	±	1.87E-03	92.7	92.1	±	1.3	414.5	±	5.3
# 88	2.72E-06	1.51E-02	±	3.37E-03	-9.84E-03	±	6.42E-02	-4.30E-03	±	2.56E-03	95.8	102.6	±	2.6	456.5	±	10.1
Total	1.46E-03	2.45E-03	±	6.31E-05	-4.58E-04	±	1.13E-03	-7.21E-04	±	1.01E-04	99.2	94.6	±	0.1	424.6	±	3.9

9.2.2.4. NOR2b

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2810E-02 ± .2874E-04																	
# 1	1.99E-05	9.65E-03	±	4.59E-04	2.01E-04	±	6.76E-03	8.52E-04	±	6.31E-04	97.1	95.1	±	0.9	427.3	±	3.7
# 2	2.01E-05	2.51E-03	±	3.60E-04	-4.57E-03	±	6.42E-03	1.88E-03	±	6.92E-04	99.2	94.0	±	0.9	422.8	±	3.7
# 3	2.12E-05	4.63E-03	±	3.71E-04	-2.56E-03	±	6.19E-03	3.87E-04	±	8.39E-04	98.6	95.5	±	0.7	428.8	±	2.8
# 4	2.36E-05	1.28E-03	±	2.94E-04	-2.02E-04	±	5.83E-03	1.13E-04	±	8.22E-04	99.6	96.0	±	0.9	431.0	±	3.7
# 5	2.29E-05	1.63E-03	±	2.92E-04	6.02E-04	±	6.07E-03	-6.01E-04	±	9.01E-04	99.5	95.0	±	0.5	426.9	±	1.9
# 6	2.43E-05	1.29E-03	±	3.15E-04	-5.04E-03	±	5.36E-03	5.14E-04	±	1.10E-03	99.6	94.7	±	0.8	425.8	±	3.0
# 7	1.85E-05	2.47E-03	±	3.92E-04	-6.10E-03	±	7.24E-03	-1.11E-03	±	1.11E-03	99.3	96.4	±	0.5	432.4	±	1.9
# 8	2.34E-05	7.15E-04	±	2.92E-04	4.59E-03	±	5.90E-03	-4.92E-04	±	6.19E-04	99.8	94.9	±	0.5	426.3	±	2.2
# 9	2.35E-05	2.97E-03	±	3.08E-04	5.94E-03	±	5.83E-03	-1.27E-03	±	5.99E-04	99.1	93.6	±	0.6	421.4	±	2.4
# 10	1.57E-05	1.17E-03	±	4.40E-04	-1.15E-02	±	8.07E-03	2.12E-04	±	8.10E-04	99.6	94.5	±	0.5	424.6	±	1.9
# 11	1.72E-05	9.07E-03	±	5.81E-04	4.09E-03	±	7.87E-03	-1.40E-03	±	7.38E-04	97.3	95.0	±	0.9	426.8	±	3.6
# 12	2.18E-05	6.48E-04	±	3.18E-04	-9.18E-03	±	5.80E-03	-1.23E-03	±	7.45E-04	99.8	92.6	±	0.7	417.3	±	2.8
# 13	2.21E-05	4.85E-04	±	3.08E-04	-6.37E-03	±	5.95E-03	-8.24E-05	±	9.37E-04	99.9	96.0	±	1.0	430.8	±	4.0
# 14	1.49E-05	3.38E-03	±	5.48E-04	4.87E-03	±	8.39E-03	1.69E-04	±	1.25E-03	99.0	94.8	±	0.8	426.0	±	3.2
# 15	1.89E-05	3.25E-03	±	4.24E-04	-6.94E-04	±	7.16E-03	1.80E-04	±	5.65E-04	99.0	94.7	±	0.7	425.5	±	2.8
# 16	2.09E-05	4.33E-04	±	3.29E-04	3.74E-03	±	6.36E-03	2.50E-03	±	9.01E-04	99.9	95.1	±	0.8	427.1	±	3.1
# 17	2.25E-05	6.01E-04	±	3.02E-04	-5.22E-03	±	5.75E-03	-9.45E-04	±	4.69E-04	99.8	95.4	±	0.5	428.5	±	1.8
# 18	2.13E-05	1.42E-03	±	3.39E-04	3.10E-03	±	6.54E-03	4.31E-05	±	5.45E-04	99.6	94.9	±	0.8	426.6	±	3.2
# 19	2.21E-05	1.06E-03	±	3.06E-04	8.33E-03	±	6.72E-03	-1.15E-03	±	5.75E-04	99.7	95.8	±	0.9	430.0	±	3.7
# 20	2.31E-05	4.89E-04	±	2.98E-04	-6.66E-03	±	5.82E-03	2.21E-03	±	1.11E-03	99.9	94.6	±	0.8	425.1	±	3.2

# 21	2.12E-05	7.31E-04	±	3.26E-04	1.38E-03	±	6.27E-03	-6.99E-04	±	5.63E-04	99.8	92.8	±	0.4	418.1	±	1.7
# 22	2.24E-05	8.28E-04	±	3.08E-04	6.03E-04	±	5.91E-03	-1.85E-04	±	5.46E-04	99.7	95.7	±	0.8	429.6	±	3.0
# 23	1.83E-05	2.77E-03	±	4.06E-04	2.63E-03	±	7.54E-03	-1.25E-03	±	7.84E-04	99.1	88.0	±	0.7	398.4	±	3.0
# 24	2.26E-05	1.01E-03	±	3.23E-04	1.54E-03	±	6.17E-03	-2.32E-04	±	6.41E-04	99.7	89.5	±	0.6	404.8	±	2.6
# 25	1.43E-05	2.36E-03	±	6.33E-04	-2.32E-03	±	9.74E-03	-1.78E-03	±	9.68E-04	99.3	91.6	±	1.0	413.3	±	4.0
# 26	2.20E-05	1.08E-03	±	3.38E-04	-4.54E-03	±	6.15E-03	-1.30E-04	±	6.26E-04	99.7	95.8	±	0.8	430.0	±	3.3
# 27	1.85E-05	8.39E-04	±	3.83E-04	-9.13E-03	±	7.05E-03	-1.41E-03	±	6.75E-04	99.7	94.7	±	0.8	425.6	±	3.1
# 28	2.05E-05	9.33E-04	±	4.21E-04	-1.75E-03	±	7.11E-03	-4.37E-04	±	6.94E-04	99.7	92.6	±	0.4	417.3	±	1.7
# 29	2.24E-05	6.50E-04	±	3.03E-04	-9.62E-03	±	5.69E-03	-1.71E-03	±	8.12E-04	99.8	95.6	±	0.6	429.2	±	2.6
# 30	2.22E-05	1.04E-03	±	3.57E-04	-4.84E-03	±	5.70E-03	1.18E-03	±	8.18E-04	99.7	95.4	±	1.0	428.3	±	4.0
# 31	5.30E-06	3.44E-03	±	1.33E-03	-3.55E-02	±	2.38E-02	3.38E-04	±	2.08E-03	99.0	96.8	±	1.3	434.1	±	5.1
# 32	2.03E-05	8.40E-04	±	3.62E-04	5.00E-03	±	6.70E-03	-1.31E-03	±	7.36E-04	99.7	75.1	±	0.5	345.6	±	2.1
# 33	1.49E-05	2.89E-03	±	4.97E-04	-6.97E-04	±	9.18E-03	-3.31E-03	±	9.96E-04	99.1	97.2	±	1.0	435.5	±	3.9
# 34	1.55E-05	1.40E-03	±	4.36E-04	-2.33E-03	±	8.91E-03	-9.68E-04	±	6.74E-04	99.6	95.7	±	0.9	429.5	±	3.4
# 35	8.29E-06	6.45E-03	±	9.97E-04	6.85E-03	±	1.64E-02	-8.40E-04	±	1.17E-03	98.0	94.4	±	0.9	424.2	±	3.8
# 36	2.37E-05	1.77E-03	±	2.87E-04	-5.41E-03	±	5.43E-03	-6.87E-05	±	6.41E-04	99.5	94.7	±	0.8	425.8	±	3.2
# 37	2.37E-05	1.57E-03	±	3.24E-04	-4.41E-03	±	5.46E-03	-1.05E-03	±	7.08E-04	99.5	95.1	±	0.6	427.3	±	2.2
# 38	2.34E-05	9.53E-04	±	3.40E-04	-5.51E-03	±	5.74E-03	1.83E-03	±	5.77E-04	99.7	94.8	±	0.7	425.9	±	2.7
# 39	2.40E-05	1.50E-03	±	3.35E-04	-5.84E-03	±	5.37E-03	3.62E-04	±	7.53E-04	99.5	93.6	±	0.9	421.4	±	3.6
# 40	2.30E-05	9.75E-04	±	2.99E-04	-4.19E-03	±	5.61E-03	9.53E-05	±	9.84E-04	99.7	94.3	±	0.4	424.1	±	1.7
# 41	1.68E-05	1.55E-03	±	4.37E-04	3.75E-03	±	8.51E-03	-2.04E-03	±	6.44E-04	99.5	93.1	±	1.0	419.2	±	4.1
# 42	9.03E-06	1.74E-03	±	7.89E-04	-7.33E-03	±	1.53E-02	-7.29E-04	±	1.51E-03	99.5	93.0	±	1.1	418.6	±	4.3
# 43	1.13E-05	4.75E-03	±	6.84E-04	-7.75E-03	±	1.16E-02	-1.52E-03	±	7.91E-04	98.5	93.8	±	1.1	422.0	±	4.2
# 44	1.11E-05	7.45E-03	±	7.03E-04	-1.27E-02	±	1.17E-02	6.04E-04	±	1.02E-03	97.7	93.3	±	0.9	419.9	±	3.6
# 45	6.61E-06	7.37E-03	±	1.16E-03	3.77E-03	±	2.09E-02	-6.11E-03	±	1.31E-03	97.5	83.5	±	1.4	380.0	±	5.6
# 46	1.51E-05	5.79E-03	±	4.93E-04	4.95E-03	±	1.01E-02	-1.99E-03	±	1.14E-03	98.2	91.9	±	1.0	414.5	±	4.0
# 47	1.74E-05	4.35E-03	±	5.13E-04	-9.79E-04	±	8.93E-03	7.77E-04	±	5.80E-04	98.6	93.3	±	0.6	419.9	±	2.5
# 48	1.12E-05	4.08E-03	±	6.98E-04	1.72E-04	±	1.20E-02	-1.38E-03	±	9.67E-04	98.2	66.7	±	0.6	309.9	±	2.7
# 49	2.37E-05	5.89E-03	±	3.53E-04	3.52E-03	±	5.81E-03	-5.17E-04	±	8.75E-04	98.1	90.1	±	0.5	407.2	±	2.2
# 50	2.50E-05	4.76E-03	±	2.66E-04	-2.52E-03	±	5.44E-03	-7.85E-04	±	8.61E-04	98.5	92.1	±	0.6	415.1	±	2.4
# 51	2.26E-05	2.10E-03	±	3.40E-04	-9.48E-04	±	5.94E-03	7.04E-04	±	8.82E-04	99.4	94.3	±	0.5	423.9	±	2.0
# 52	2.16E-05	1.38E-03	±	3.47E-04	8.80E-04	±	5.93E-03	4.37E-05	±	7.22E-04	99.6	92.4	±	0.5	416.2	±	2.1
# 53	1.43E-05	4.10E-03	±	5.30E-04	1.17E-02	±	9.18E-03	-4.35E-03	±	8.10E-04	98.7	92.2	±	0.7	415.6	±	3.0
# 54	9.71E-06	1.71E-02	±	8.78E-04	-7.50E-03	±	1.29E-02	8.59E-04	±	1.72E-03	94.9	93.2	±	1.4	419.6	±	5.7
# 55	2.16E-05	1.61E-03	±	3.18E-04	-6.98E-03	±	5.86E-03	1.09E-03	±	6.58E-04	99.5	94.1	±	0.6	423.1	±	2.5
# 56	2.36E-05	1.04E-03	±	2.94E-04	-2.70E-03	±	5.48E-03	-1.67E-03	±	1.06E-03	99.7	94.7	±	0.7	425.7	±	2.8

# 57	2.36E-05	7.84E-04	±	2.98E-04	1.23E-03	±	5.65E-03	-4.06E-04	±	9.06E-04	99.8	93.9	±	0.8	422.5	±	3.3
# 58	2.26E-05	2.27E-03	±	3.67E-04	-6.46E-03	±	5.70E-03	-1.76E-03	±	7.90E-04	99.3	92.6	±	0.8	417.0	±	3.2
# 59	2.38E-05	1.62E-03	±	3.26E-04	1.41E-03	±	6.57E-03	-9.29E-04	±	6.74E-04	99.5	92.9	±	0.7	418.4	±	2.8
# 60	2.02E-05	1.38E-03	±	3.51E-04	-8.41E-03	±	6.49E-03	-2.63E-04	±	1.19E-03	99.6	94.7	±	0.6	425.6	±	2.5
# 61	2.10E-05	7.19E-03	±	3.89E-04	-3.25E-03	±	6.34E-03	-7.65E-04	±	1.21E-03	97.8	94.8	±	0.4	425.9	±	1.7
# 62	2.02E-05	1.59E-03	±	3.41E-04	1.60E-04	±	6.85E-03	-1.05E-03	±	8.04E-04	99.5	95.7	±	0.5	429.8	±	2.1
# 63	2.17E-05	1.58E-03	±	3.28E-04	5.07E-03	±	7.44E-03	-6.62E-04	±	8.04E-04	99.5	95.0	±	0.7	427.0	±	3.0
# 64	2.07E-05	1.92E-03	±	3.26E-04	1.90E-03	±	6.74E-03	-4.90E-04	±	1.03E-03	99.4	93.5	±	0.7	420.6	±	3.0
# 65	1.71E-05	2.13E-03	±	4.19E-04	2.64E-03	±	7.73E-03	-2.02E-03	±	9.43E-04	99.3	95.1	±	0.9	427.3	±	3.7
# 66	9.04E-06	7.76E-03	±	8.97E-04	1.95E-03	±	1.51E-02	-4.33E-03	±	1.00E-03	97.6	93.1	±	1.7	419.2	±	6.9
# 67	8.02E-06	1.64E-02	±	9.94E-04	1.94E-03	±	1.69E-02	1.40E-03	±	2.17E-03	95.2	95.9	±	0.8	430.5	±	3.1
# 68	2.18E-05	1.73E-03	±	3.27E-04	-1.72E-03	±	5.80E-03	9.21E-05	±	7.26E-04	99.5	94.6	±	0.7	425.2	±	2.7
# 69	1.91E-05	2.74E-03	±	4.00E-04	-3.85E-03	±	6.88E-03	1.17E-03	±	5.45E-04	99.2	94.7	±	1.1	425.7	±	4.4
# 70	1.27E-05	1.58E-03	±	5.90E-04	-1.82E-03	±	1.14E-02	-2.27E-04	±	7.76E-04	99.5	94.8	±	0.7	425.8	±	3.0
# 71	2.10E-05	1.19E-03	±	3.63E-04	3.66E-03	±	6.74E-03	-1.24E-03	±	6.70E-04	99.6	92.5	±	0.8	416.9	±	3.2
# 72	2.20E-05	6.35E-04	±	3.88E-04	-4.59E-03	±	5.84E-03	-3.29E-04	±	9.14E-04	99.8	94.1	±	0.5	423.0	±	2.2
# 73	2.31E-05	6.88E-04	±	3.51E-04	5.37E-03	±	6.39E-03	-3.20E-04	±	6.25E-04	99.8	94.9	±	0.6	426.4	±	2.5
# 74	2.22E-05	6.71E-04	±	3.29E-04	-6.17E-03	±	5.81E-03	-9.88E-04	±	5.22E-04	99.8	93.6	±	0.9	421.1	±	3.4
# 75	1.86E-05	3.49E-03	±	4.79E-04	4.20E-03	±	7.27E-03	-3.60E-03	±	4.46E-04	98.9	93.7	±	0.9	421.5	±	3.7
# 76	2.17E-05	2.03E-03	±	3.40E-04	-8.57E-03	±	5.77E-03	-1.61E-03	±	7.12E-04	99.4	94.0	±	0.9	422.9	±	3.7
# 77	2.09E-05	1.86E-03	±	3.87E-04	-2.39E-04	±	6.23E-03	-9.11E-05	±	1.13E-03	99.4	94.7	±	0.5	425.6	±	1.9
# 78	2.28E-05	4.70E-04	±	3.18E-04	-1.88E-04	±	5.91E-03	1.31E-03	±	9.44E-04	99.9	92.1	±	0.7	415.0	±	3.0
# 79	1.17E-05	1.48E-03	±	6.31E-04	-5.40E-03	±	1.17E-02	-7.52E-05	±	1.37E-03	99.5	95.4	±	0.7	428.3	±	2.9
# 80	9.90E-06	2.92E-03	±	7.87E-04	5.39E-03	±	1.48E-02	-3.70E-03	±	1.28E-03	99.1	96.1	±	1.3	431.1	±	5.1
# 81	1.70E-05	-2.92E-04	±	4.22E-04	3.90E-04	±	8.04E-03	2.64E-03	±	1.22E-03	100.1	94.5	±	0.9	424.9	±	3.6
# 82	1.59E-05	5.32E-04	±	4.94E-04	-9.34E-03	±	8.04E-03	6.56E-04	±	1.00E-03	99.8	95.1	±	0.9	427.3	±	3.6
# 83	1.91E-05	6.78E-04	±	3.80E-04	4.63E-03	±	7.79E-03	2.92E-04	±	9.31E-04	99.8	95.5	±	0.8	428.6	±	3.2
# 84	1.97E-05	6.19E-04	±	3.82E-04	-1.80E-03	±	6.69E-03	-2.42E-03	±	9.87E-04	99.8	95.5	±	0.9	429.0	±	3.7
# 85	2.03E-05	2.13E-03	±	4.09E-04	6.19E-03	±	6.88E-03	-2.42E-03	±	6.78E-04	99.4	96.4	±	0.8	432.3	±	3.1
# 86	1.87E-05	2.64E-03	±	4.75E-04	6.43E-03	±	7.74E-03	-6.85E-04	±	1.04E-03	99.2	94.2	±	0.5	423.6	±	2.1
# 87	2.01E-05	1.10E-03	±	3.93E-04	-6.79E-03	±	6.40E-03	1.24E-03	±	7.60E-04	99.7	94.5	±	0.6	424.6	±	2.4
# 88	2.09E-05	1.54E-03	±	4.13E-04	1.17E-03	±	6.70E-03	1.27E-04	±	6.43E-04	99.5	94.3	±	0.5	424.0	±	1.9
# 89	1.80E-05	1.48E-03	±	4.63E-04	4.09E-03	±	7.70E-03	-1.04E-03	±	9.30E-04	99.5	91.1	±	0.6	411.0	±	2.4
# 90	2.00E-05	6.04E-04	±	3.72E-04	-4.20E-03	±	6.31E-03	-8.97E-05	±	1.28E-03	99.8	94.3	±	1.1	424.2	±	4.4
# 91	1.95E-05	1.58E-03	±	3.94E-04	-1.21E-03	±	6.93E-03	-2.61E-03	±	1.03E-03	99.5	95.0	±	0.7	427.0	±	2.8
# 92	2.07E-05	8.34E-04	±	3.89E-04	-3.91E-03	±	6.33E-03	1.40E-03	±	9.45E-04	99.7	93.1	±	0.8	419.0	±	3.2

# 93	1.97E-05	5.46E-04	±	3.87E-04	1.47E-03	±	7.11E-03	-3.96E-04	±	5.90E-04	99.8	94.8	±	0.9	426.0	±	3.5
# 94	2.07E-05	1.74E-03	±	3.81E-04	-2.29E-03	±	7.07E-03	-1.32E-03	±	1.24E-03	99.5	94.1	±	0.8	423.4	±	3.3
# 95	1.93E-05	1.35E-03	±	4.13E-04	-6.82E-03	±	7.05E-03	-1.49E-03	±	7.85E-04	99.6	95.0	±	0.8	426.9	±	3.4
# 96	1.83E-05	1.24E-03	±	4.10E-04	4.56E-04	±	7.66E-03	2.96E-04	±	1.21E-03	99.6	94.0	±	0.7	422.8	±	3.0
# 97	1.94E-05	1.24E-02	±	4.90E-04	1.05E-03	±	6.78E-03	-1.52E-04	±	1.02E-03	96.2	93.2	±	0.6	419.7	±	2.3
# 98	1.48E-05	4.03E-03	±	6.14E-04	-5.37E-03	±	8.93E-03	-8.51E-04	±	1.30E-03	98.8	95.1	±	0.9	427.1	±	3.5
# 99	1.96E-05	1.14E-03	±	4.13E-04	-6.74E-03	±	6.56E-03	-7.46E-04	±	8.42E-04	99.6	93.1	±	0.8	419.3	±	3.4
# 100	1.86E-05	1.82E-03	±	4.50E-04	-6.26E-05	±	7.01E-03	-1.67E-03	±	5.81E-04	99.4	95.6	±	0.8	429.3	±	3.0
# 101	1.92E-05	6.63E-04	±	3.89E-04	-6.16E-03	±	6.63E-03	-1.56E-03	±	7.66E-04	99.8	94.4	±	0.7	424.3	±	3.0
# 102	1.89E-05	6.14E-04	±	3.93E-04	2.79E-04	±	6.98E-03	5.96E-04	±	8.58E-04	99.8	95.2	±	0.9	427.5	±	3.5
# 103	1.68E-05	1.92E-03	±	4.40E-04	-3.35E-04	±	8.23E-03	-1.04E-03	±	8.43E-04	99.4	93.0	±	0.7	418.7	±	2.8
# 104	2.05E-05	1.92E-03	±	2.90E-04	3.55E-03	±	6.78E-03	-1.59E-03	±	7.91E-04	99.4	92.3	±	1.0	416.1	±	4.1
# 105	1.93E-05	1.11E-03	±	3.31E-04	2.95E-03	±	7.16E-03	-7.65E-04	±	7.58E-04	99.7	95.2	±	0.8	427.5	±	3.3
# 106	1.65E-05	1.89E-03	±	4.08E-04	-1.93E-03	±	8.22E-03	1.74E-04	±	1.34E-03	99.4	96.0	±	0.9	430.8	±	3.4
# 107	1.64E-05	1.95E-03	±	3.56E-04	-2.99E-03	±	8.56E-03	-8.17E-05	±	8.44E-04	99.4	93.5	±	0.6	420.7	±	2.4
# 108	9.92E-06	5.69E-03	±	6.70E-04	6.31E-04	±	1.36E-02	-8.97E-04	±	1.19E-03	97.9	77.7	±	1.2	356.3	±	4.9
# 109	1.78E-05	1.59E-03	±	3.47E-04	-4.06E-03	±	7.57E-03	-2.10E-03	±	6.14E-04	99.5	97.1	±	0.7	435.1	±	2.6
# 110	1.05E-05	1.84E-03	±	5.63E-04	1.05E-02	±	1.48E-02	1.52E-03	±	1.62E-03	99.3	76.5	±	0.9	351.0	±	3.9
# 111	1.74E-05	7.99E-04	±	3.70E-04	3.87E-03	±	7.72E-03	-2.86E-03	±	6.07E-04	99.8	93.0	±	0.9	418.6	±	3.6
# 112	1.30E-05	2.09E-03	±	5.31E-04	-3.23E-03	±	9.69E-03	-2.72E-03	±	7.74E-04	99.0	63.2	±	0.6	294.8	±	2.5
# 113	1.77E-05	2.44E-03	±	3.63E-04	2.97E-04	±	7.67E-03	4.34E-05	±	1.42E-03	98.8	61.3	±	0.4	286.9	±	1.8
# 114	1.78E-05	1.39E-03	±	3.61E-04	5.60E-03	±	7.89E-03	1.72E-03	±	1.51E-03	99.6	94.4	±	0.5	424.2	±	2.2
# 115	1.55E-05	1.94E-03	±	4.11E-04	1.13E-02	±	8.87E-03	-2.71E-03	±	8.77E-04	99.4	93.5	±	0.9	420.8	±	3.4
Total	2.15E-03	2.20E-03	±	3.76E-05	-1.13E-03	±	6.77E-04	-5.25E-04	±	8.34E-05	99.3	93.2	±	0.1	419.7	±	3.8

9.2.2.5. NOR3

Première partie :

	$^{39}\text{Ar}_\text{K}$	$^{36}\text{Ar}_\text{atm}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$			$^{37}\text{Ar}_\text{Ca}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$			$^{38}\text{Ar}_\text{Cl}/^{39}\text{Ar}_\text{K}$			$\% ^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_\text{K}$			Age (Ma)		
Spot #		(\(\pm 1\sigma\))			(\(\pm 1\sigma\))			(\(\pm 1\sigma\))				(\(\pm 1\sigma\))			(\(\pm 1\sigma\))		
J = .2823E-02 \(\pm\) .2889E-04																	
# 1	2.07E-05	1.59E-02	\(\pm\)	6.04E-04	7.98E-03	\(\pm\)	7.98E-03	-2.78E-03	\(\pm\)	7.91E-04	94.0	74.0	\(\pm\)	0.6	342.0	\(\pm\)	2.4
# 2	2.44E-05	6.62E-03	\(\pm\)	5.29E-04	-2.35E-03	\(\pm\)	6.17E-03	-4.88E-04	\(\pm\)	7.28E-04	97.4	72.7	\(\pm\)	0.7	337.0	\(\pm\)	3.0

# 3	5.10E-06	2.02E-01	±	4.95E-03	3.06E-03	±	2.65E-02	-5.65E-03	±	2.37E-03	53.2	67.7	±	1.6	316.0	±	6.8
# 4	2.36E-05	7.68E-03	±	5.52E-04	-4.66E-03	±	5.69E-03	9.46E-04	±	9.95E-04	97.4	83.3	±	0.6	381.0	±	2.6
# 5	2.35E-05	7.88E-03	±	6.86E-04	4.43E-03	±	6.36E-03	1.11E-03	±	7.69E-04	97.2	80.0	±	0.5	367.0	±	1.9
# 6	1.52E-05	4.53E-02	±	1.14E-03	-1.11E-03	±	9.60E-03	-1.74E-03	±	1.32E-03	83.7	68.5	±	0.8	319.0	±	3.2
# 7	1.36E-05	3.75E-02	±	1.12E-03	4.48E-03	±	1.10E-02	-9.42E-04	±	1.33E-03	86.1	68.8	±	0.5	320.0	±	2.3
# 8	2.46E-05	9.21E-03	±	5.41E-04	-2.20E-03	±	5.64E-03	-8.24E-05	±	1.02E-03	96.9	85.6	±	0.6	391.0	±	2.5
# 9	2.33E-05	7.54E-03	±	5.47E-04	-3.97E-03	±	6.31E-03	-4.36E-04	±	1.00E-03	97.5	86.2	±	0.7	393.0	±	2.8
# 10	2.20E-05	1.08E-02	±	5.64E-04	1.19E-03	±	6.67E-03	-9.12E-05	±	9.39E-04	96.3	83.1	±	0.5	380.0	±	2.2
# 11	2.37E-05	1.14E-02	±	6.00E-04	1.36E-03	±	5.98E-03	-1.91E-03	±	6.95E-04	96.2	85.5	±	0.4	390.0	±	1.6
# 12	2.07E-05	1.71E-02	±	7.08E-04	1.35E-03	±	7.02E-03	-9.61E-04	±	9.11E-04	93.4	70.8	±	0.4	329.0	±	1.9
# 13	1.70E-05	1.70E-02	±	6.75E-04	1.86E-02	±	9.11E-03	-1.31E-03	±	7.60E-04	93.6	73.8	±	0.7	342.0	±	2.8
# 14	6.37E-06	9.67E-02	±	3.32E-03	1.04E-01	±	3.02E-02	-1.93E-03	±	2.61E-03	65.8	55.0	±	1.3	261.0	±	5.9
# 15	1.64E-05	2.30E-02	±	7.79E-04	1.10E-02	±	8.58E-03	-3.07E-03	±	1.13E-03	92.2	80.4	±	0.7	369.0	±	3.1
# 16	1.13E-05	3.76E-02	±	1.04E-03	4.57E-02	±	1.44E-02	1.49E-03	±	2.69E-03	88.2	83.3	±	1.4	381.0	±	5.7
# 17	8.91E-06	3.98E-02	±	9.05E-04	-1.01E-02	±	1.56E-02	-1.85E-04	±	1.48E-03	86.5	75.2	±	0.8	347.0	±	3.6
# 18	9.91E-06	9.21E-02	±	1.93E-03	1.51E-02	±	1.58E-02	-3.83E-03	±	1.58E-03	73.4	74.9	±	1.0	346.0	±	4.1
# 19	1.78E-05	2.01E-02	±	5.94E-04	-1.43E-04	±	8.69E-03	-3.47E-03	±	9.17E-04	92.2	69.8	±	0.5	325.0	±	2.3
# 20	2.25E-05	7.80E-03	±	4.83E-04	-6.25E-03	±	6.20E-03	-1.13E-03	±	1.06E-03	97.3	84.0	±	0.5	384.0	±	2.2
# 21	1.89E-05	1.77E-02	±	5.56E-04	-4.00E-03	±	7.18E-03	-3.99E-03	±	8.32E-04	94.0	81.7	±	0.6	375.0	±	2.7
# 22	1.91E-05	1.63E-02	±	3.82E-04	-6.25E-03	±	7.46E-03	9.53E-04	±	9.88E-04	93.6	70.9	±	0.7	329.0	±	2.8
# 23	2.11E-05	1.67E-02	±	5.17E-04	1.66E-03	±	7.00E-03	-4.09E-04	±	8.29E-04	93.7	73.2	±	0.3	339.0	±	1.5
# 24	1.91E-05	1.53E-02	±	4.90E-04	-2.70E-03	±	7.58E-03	-1.77E-03	±	6.98E-04	94.8	82.7	±	0.5	378.0	±	2.0
# 25	1.22E-05	2.65E-02	±	1.03E-03	1.94E-02	±	1.29E-02	1.09E-03	±	1.52E-03	91.2	81.5	±	0.8	374.0	±	3.5
# 26	1.91E-05	9.45E-03	±	3.54E-04	6.76E-03	±	7.26E-03	-1.69E-03	±	9.23E-04	97.0	89.0	±	0.7	404.0	±	3.0
# 27	2.09E-05	5.49E-03	±	3.17E-04	1.58E-03	±	6.46E-03	-3.68E-04	±	8.43E-04	98.3	90.9	±	0.5	412.0	±	1.9
# 28	1.50E-05	1.46E-02	±	6.54E-04	2.65E-03	±	9.40E-03	8.20E-04	±	1.32E-03	95.4	90.4	±	0.7	410.0	±	2.8
# 29	1.24E-05	8.55E-03	±	6.92E-04	-4.69E-03	±	1.18E-02	-4.95E-05	±	1.20E-03	97.4	93.5	±	0.8	423.0	±	3.2
# 30	1.19E-05	1.18E-02	±	8.05E-04	-7.60E-03	±	1.19E-02	-1.48E-03	±	1.09E-03	96.5	95.6	±	0.8	431.0	±	3.2
# 31	1.95E-05	4.74E-03	±	3.17E-04	3.89E-03	±	7.88E-03	1.48E-03	±	9.96E-04	98.5	93.4	±	0.7	422.0	±	2.8
# 32	2.19E-05	3.96E-03	±	3.89E-04	-3.92E-03	±	6.55E-03	-1.67E-04	±	9.74E-04	98.7	90.0	±	0.8	408.0	±	3.3
# 33	2.21E-05	3.44E-03	±	3.11E-04	8.64E-03	±	8.51E-03	3.28E-04	±	8.87E-04	98.9	90.9	±	0.5	412.0	±	2.2
# 34	1.79E-05	9.19E-03	±	4.61E-04	2.40E-03	±	8.92E-03	6.67E-04	±	7.09E-04	97.0	86.5	±	0.6	394.0	±	2.7
# 35	7.55E-07	7.62E-02	±	1.23E-02	7.87E-02	±	1.81E-01	-1.14E-03	±	1.13E-02	78.7	83.3	±	6.2	381.0	±	25.6
# 36	8.63E-06	8.53E-03	±	9.08E-04	2.37E-02	±	1.66E-02	-2.85E-04	±	1.47E-03	96.2	64.2	±	0.9	301.0	±	4.0
# 37	1.70E-05	3.69E-03	±	5.15E-04	-6.18E-03	±	8.26E-03	1.31E-03	±	9.67E-04	98.9	93.5	±	0.9	423.0	±	3.5
# 38	1.13E-05	1.98E-03	±	7.39E-04	-5.43E-03	±	1.31E-02	-3.00E-03	±	1.10E-03	99.4	92.5	±	1.0	419.0	±	4.1

# 39	2.15E-05	1.60E-03	±	3.80E-04	-2.70E-03	±	6.61E-03	-9.35E-04	±	9.90E-04	99.5	95.9	±	0.6	432.0	±	2.4
# 40	5.11E-06	1.65E-03	±	1.48E-03	-4.36E-02	±	2.63E-02	1.17E-03	±	3.53E-03	99.5	93.4	±	1.4	422.0	±	5.8
# 41	1.98E-05	8.38E-03	±	4.85E-04	4.43E-03	±	7.17E-03	5.36E-04	±	8.93E-04	97.4	94.4	±	0.6	426.0	±	2.4
# 42	1.12E-05	3.16E-02	±	1.04E-03	2.51E-02	±	1.33E-02	-3.51E-03	±	1.70E-03	88.5	71.7	±	0.8	332.0	±	3.6
# 43	1.87E-05	4.11E-03	±	5.28E-04	-9.72E-03	±	7.56E-03	-1.12E-03	±	9.71E-04	98.5	77.5	±	0.3	357.0	±	1.3
# 44	1.29E-05	6.41E-03	±	6.47E-04	-1.12E-02	±	1.08E-02	1.13E-03	±	1.40E-03	96.8	57.8	±	0.7	273.0	±	3.2
# 45	1.54E-05	5.20E-03	±	5.49E-04	1.31E-02	±	9.46E-03	-3.77E-03	±	9.80E-04	97.8	67.8	±	0.6	316.0	±	2.7
# 46	1.41E-05	1.57E-02	±	8.05E-04	1.86E-02	±	1.24E-02	-9.85E-04	±	9.08E-04	93.6	68.0	±	0.6	317.0	±	2.5
# 47	1.47E-05	3.69E-03	±	5.75E-04	-1.58E-03	±	9.40E-03	-1.77E-03	±	1.26E-03	98.8	91.3	±	0.9	414.0	±	3.7
# 48	1.72E-05	2.05E-03	±	4.71E-04	7.27E-03	±	9.22E-03	-9.97E-05	±	1.25E-03	99.4	94.0	±	0.6	425.0	±	2.6
# 49	1.93E-05	2.96E-03	±	4.06E-04	2.22E-03	±	7.46E-03	8.42E-04	±	9.58E-04	99.1	93.0	±	1.0	421.0	±	4.0
# 50	1.25E-05	5.10E-03	±	7.17E-04	-3.48E-03	±	1.13E-02	-4.77E-04	±	9.66E-04	98.4	91.4	±	0.8	414.0	±	3.2
# 51	1.75E-05	5.19E-03	±	4.59E-04	5.25E-03	±	8.32E-03	-3.53E-03	±	9.67E-04	98.2	83.2	±	0.8	381.0	±	3.5
# 52	1.86E-05	3.63E-03	±	4.91E-04	-4.38E-03	±	7.60E-03	-9.98E-04	±	8.47E-04	98.8	90.6	±	0.7	411.0	±	3.0
# 53	1.81E-05	2.93E-03	±	4.17E-04	-5.27E-03	±	7.57E-03	-5.65E-04	±	1.17E-03	99.1	95.0	±	0.9	429.0	±	3.5
# 54	1.94E-05	4.11E-03	±	4.44E-04	3.30E-03	±	7.96E-03	-1.70E-03	±	7.65E-04	98.7	91.7	±	1.0	415.0	±	4.1
# 55	1.73E-05	3.53E-03	±	4.84E-04	1.87E-03	±	8.51E-03	-2.18E-03	±	8.46E-04	98.9	92.2	±	0.8	417.0	±	3.4
# 56	1.88E-05	3.00E-03	±	4.28E-04	9.50E-04	±	8.08E-03	-7.00E-04	±	1.07E-03	99.0	90.6	±	0.7	411.0	±	3.0
# 57	1.17E-05	7.13E-03	±	9.29E-04	-3.63E-03	±	1.29E-02	-1.68E-03	±	1.46E-03	97.5	82.9	±	1.0	380.0	±	4.0
# 58	1.40E-05	3.58E-03	±	6.72E-04	-1.32E-03	±	1.05E-02	-1.13E-03	±	6.61E-04	98.9	92.7	±	0.7	420.0	±	3.0
# 59	1.13E-05	3.78E-03	±	8.34E-04	5.53E-03	±	1.26E-02	-4.04E-03	±	9.50E-04	98.8	93.9	±	0.9	424.0	±	3.5
# 60	1.98E-05	1.71E-03	±	5.42E-04	-3.54E-03	±	7.29E-03	2.01E-04	±	4.65E-04	99.5	94.2	±	0.5	425.0	±	2.1
# 61	2.01E-05	4.63E-03	±	5.20E-04	-6.83E-03	±	7.07E-03	-1.39E-03	±	1.06E-03	98.6	92.8	±	0.4	420.0	±	1.8
# 62	1.87E-05	3.73E-03	±	5.54E-04	1.63E-04	±	7.80E-03	-1.88E-03	±	9.00E-04	98.8	89.3	±	0.7	406.0	±	2.7
# 63	1.53E-05	-6.36E-05	±	6.43E-04	-1.15E-02	±	9.17E-03	-1.71E-03	±	9.73E-04	100.0	91.8	±	0.6	416.0	±	2.3
# 64	6.94E-07	4.48E-02	±	8.90E-03	2.61E-01	±	2.41E-01	5.95E-03	±	9.88E-03	89.5	113.0	±	7.1	500.0	±	27.6
# 65	1.62E-05	3.87E-03	±	4.27E-04	4.35E-03	±	9.97E-03	6.07E-04	±	1.12E-03	98.8	93.7	±	0.9	424.0	±	3.5
# 66	1.83E-05	2.40E-03	±	3.39E-04	-5.47E-03	±	8.56E-03	-1.88E-03	±	1.34E-03	99.2	91.3	±	0.7	414.0	±	2.9
# 67	1.60E-05	4.18E-03	±	5.59E-04	-7.51E-03	±	9.57E-03	5.66E-04	±	9.21E-04	98.7	94.9	±	0.8	428.0	±	3.4
# 68	1.77E-05	3.82E-03	±	4.36E-04	-2.83E-03	±	8.61E-03	3.96E-05	±	1.27E-03	98.8	92.2	±	0.8	417.0	±	3.2
# 69	1.84E-05	4.21E-03	±	4.17E-04	4.59E-03	±	8.65E-03	-6.41E-04	±	7.87E-04	98.6	88.7	±	0.8	403.0	±	3.4
# 70	1.89E-05	2.98E-03	±	3.35E-04	-2.36E-03	±	9.58E-03	8.56E-04	±	8.37E-04	99.1	95.0	±	0.8	429.0	±	3.1
# 71	1.61E-05	1.03E-02	±	4.55E-04	4.95E-03	±	1.07E-02	-9.89E-04	±	1.11E-03	96.8	93.3	±	0.7	422.0	±	2.8
# 72	1.67E-05	1.03E-02	±	4.88E-04	6.03E-03	±	1.03E-02	-1.54E-03	±	6.78E-04	96.8	90.7	±	1.0	411.0	±	4.0
# 73	1.74E-05	3.92E-03	±	3.69E-04	-2.16E-03	±	8.94E-03	-1.73E-03	±	9.62E-04	98.8	93.6	±	0.9	423.0	±	3.5
# 74	1.46E-05	1.59E-02	±	5.48E-04	-1.90E-03	±	1.15E-02	-4.33E-04	±	1.11E-03	94.9	86.4	±	0.8	394.0	±	3.5

# 75	8.01E-06	2.80E-02	±	9.70E-04	-1.81E-02	±	1.89E-02	-2.06E-03	±	1.12E-03	91.4	87.7	±	1.0	399.0	±	4.0
# 76	5.72E-06	3.40E-02	±	1.58E-03	-2.09E-02	±	2.71E-02	1.85E-03	±	2.28E-03	89.5	85.8	±	1.6	391.0	±	6.5
# 77	1.51E-05	9.85E-03	±	4.90E-04	-4.83E-03	±	1.04E-02	1.37E-03	±	1.16E-03	96.8	88.8	±	0.9	403.0	±	3.6
# 78	6.89E-06	3.42E-02	±	1.59E-03	1.42E-02	±	2.42E-02	-3.49E-03	±	2.25E-03	89.6	86.6	±	1.0	395.0	±	4.0
# 79	1.40E-05	1.72E-02	±	7.90E-04	2.36E-02	±	1.33E-02	-1.31E-03	±	1.48E-03	94.0	79.5	±	0.8	365.0	±	3.5
# 80	1.40E-05	8.44E-03	±	6.09E-04	9.09E-03	±	1.09E-02	-2.11E-03	±	1.34E-03	97.1	82.6	±	0.8	378.0	±	3.5
# 81	1.37E-05	9.90E-03	±	7.03E-04	3.23E-03	±	1.25E-02	-1.77E-03	±	7.44E-04	96.9	91.1	±	0.8	413.0	±	3.2
# 82	1.67E-05	3.82E-03	±	5.27E-04	-8.57E-04	±	1.08E-02	-1.61E-03	±	1.02E-03	98.8	92.1	±	0.6	417.0	±	2.2
# 83	1.71E-05	8.92E-03	±	5.71E-04	-8.37E-03	±	8.69E-03	1.39E-03	±	1.25E-03	96.9	82.4	±	0.7	377.0	±	2.9
# 84	4.93E-06	6.40E-02	±	2.34E-03	-1.37E-02	±	3.10E-02	-2.27E-03	±	2.19E-03	83.8	97.5	±	1.7	439.0	±	6.8
# 85	1.52E-05	1.05E-02	±	6.77E-04	5.05E-03	±	1.08E-02	-3.37E-03	±	8.91E-04	96.7	91.5	±	0.5	415.0	±	2.0
# 86	1.38E-05	1.97E-02	±	7.33E-04	-3.95E-03	±	1.13E-02	-3.31E-04	±	7.75E-04	93.9	90.2	±	1.0	409.0	±	4.2
# 87	1.53E-05	7.77E-03	±	6.92E-04	1.02E-03	±	1.06E-02	-2.03E-03	±	1.20E-03	97.6	93.2	±	1.0	421.0	±	4.1
# 88	9.32E-06	5.77E-02	±	1.35E-03	2.65E-03	±	1.68E-02	-1.96E-03	±	1.22E-03	84.2	90.7	±	1.0	411.0	±	4.2
# 89	4.35E-06	9.96E-02	±	2.73E-03	1.18E-02	±	3.54E-02	-6.11E-03	±	2.17E-03	70.3	69.7	±	1.4	324.0	±	6.0
# 90	1.87E-06	1.86E-01	±	7.57E-03	2.42E-02	±	8.83E-02	-4.08E-03	±	4.92E-03	54.3	65.3	±	2.8	305.0	±	12.2
# 91	6.32E-06	1.29E-02	±	1.45E-03	-6.97E-03	±	2.58E-02	-2.14E-03	±	2.19E-03	92.7	48.1	±	0.9	230.0	±	3.9
# 92	1.62E-05	2.00E-03	±	5.26E-04	1.35E-03	±	9.86E-03	7.22E-04	±	8.52E-04	99.1	67.8	±	0.5	316.0	±	2.0
# 93	1.48E-05	1.32E-02	±	8.64E-04	-1.71E-02	±	1.01E-02	-3.59E-05	±	1.24E-03	92.3	46.8	±	0.7	224.0	±	3.0
# 94	5.22E-06	4.20E-02	±	2.71E-03	-1.30E-02	±	2.88E-02	-3.01E-04	±	2.01E-03	85.4	72.6	±	1.5	337.0	±	6.2
# 95	1.25E-05	5.64E-02	±	1.13E-03	5.56E-03	±	1.18E-02	-2.19E-03	±	1.54E-03	78.4	60.4	±	0.6	284.0	±	2.8
# 96	1.95E-05	1.96E-02	±	7.82E-04	-1.17E-02	±	7.63E-03	-1.39E-03	±	1.11E-03	93.1	78.7	±	0.6	362.0	±	2.4
# 97	1.40E-05	4.69E-02	±	1.60E-03	3.23E-03	±	1.21E-02	4.56E-04	±	8.58E-04	83.2	68.4	±	1.2	319.0	±	5.1
# 98	1.32E-05	4.12E-02	±	9.75E-04	-8.14E-04	±	1.13E-02	-2.24E-03	±	1.05E-03	86.8	79.8	±	0.9	367.0	±	3.8
# 99	1.03E-05	9.90E-02	±	1.96E-03	-9.59E-04	±	1.60E-02	3.39E-03	±	2.39E-03	74.2	84.1	±	0.9	384.0	±	3.7
# 100	1.48E-05	3.94E-02	±	1.01E-03	-9.82E-03	±	1.04E-02	-2.28E-03	±	1.35E-03	87.9	84.8	±	0.7	387.0	±	2.8
# 101	1.60E-05	5.20E-02	±	1.38E-03	-2.84E-03	±	9.84E-03	-2.12E-03	±	9.91E-04	84.2	81.6	±	0.8	374.0	±	3.5
# 102	1.75E-05	1.70E-02	±	6.88E-04	-2.24E-03	±	9.13E-03	3.62E-04	±	1.02E-03	92.4	61.0	±	0.4	287.0	±	1.6
# 103	1.32E-05	1.84E-02	±	6.00E-04	-8.86E-03	±	1.22E-02	-2.92E-03	±	1.11E-03	89.8	47.7	±	0.6	228.0	±	2.7
# 104	2.11E-05	2.12E-02	±	6.63E-04	-6.92E-03	±	7.19E-03	-8.71E-04	±	7.82E-04	89.2	51.7	±	0.3	246.0	±	1.5
# 105	1.12E-05	2.71E-02	±	1.25E-03	-4.39E-03	±	1.40E-02	-1.46E-03	±	1.41E-03	83.5	40.5	±	0.5	195.0	±	2.3
# 106	4.73E-06	7.65E-02	±	2.79E-03	-4.61E-02	±	3.24E-02	-4.80E-03	±	4.10E-03	53.4	25.9	±	0.9	127.0	±	4.1
# 107	9.18E-06	9.10E-03	±	9.16E-04	-1.24E-02	±	1.67E-02	-2.25E-03	±	1.29E-03	97.2	91.6	±	1.4	415.0	±	5.5
# 108	1.44E-05	5.86E-03	±	5.57E-04	5.16E-03	±	1.17E-02	-1.96E-04	±	7.65E-04	96.1	42.4	±	0.3	204.0	±	1.4
Total	1.62E-03	1.52E-02	±	7.02E-05	6.92E-04	±	9.79E-04	-9.20E-04	±	1.09E-04	94.8	82.4	±	0.1	377.0	±	3.5

Deuxième partie :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2816E-02 ± .2881E-04																	
# 1	1.79E-05	1.56E-03	±	2.35E-04	-4.57E-03	±	6.93E-03	-8.85E-04	±	1.30E-03	99.5	93.7	±	0.8	423.0	±	3.3
# 2	1.71E-05	4.46E-04	±	2.60E-04	-4.78E-03	±	7.66E-03	1.32E-04	±	7.23E-04	99.9	95.7	±	0.8	430.0	±	3.1
# 3	1.76E-05	9.02E-04	±	2.02E-04	-4.45E-03	±	7.05E-03	8.88E-04	±	1.02E-03	99.7	92.7	±	0.6	419.0	±	2.3
# 4	1.69E-05	2.73E-03	±	3.03E-04	-3.77E-03	±	7.16E-03	-1.96E-03	±	9.84E-04	99.1	92.8	±	0.7	419.0	±	2.7
# 5	1.03E-05	5.52E-03	±	5.28E-04	6.82E-03	±	1.23E-02	-2.01E-04	±	1.49E-03	98.3	93.2	±	0.8	420.0	±	3.1
# 6	1.31E-05	2.89E-03	±	3.55E-04	3.94E-03	±	1.13E-02	-1.20E-03	±	9.25E-04	99.1	96.1	±	1.3	432.0	±	5.1
# 7	1.62E-05	9.17E-04	±	2.50E-04	1.28E-02	±	8.00E-03	-2.06E-04	±	1.30E-03	99.7	92.3	±	0.9	417.0	±	3.7
# 8	1.50E-05	2.10E-03	±	2.86E-04	-7.85E-03	±	8.16E-03	2.11E-03	±	1.06E-03	99.3	92.9	±	1.0	419.0	±	4.0
# 9	1.71E-05	1.81E-03	±	3.36E-04	-2.80E-03	±	7.49E-03	4.91E-05	±	9.82E-04	99.4	93.1	±	0.7	420.0	±	3.0
# 10	1.54E-05	5.68E-04	±	5.30E-04	-1.41E-03	±	8.08E-03	-4.79E-04	±	7.88E-04	99.8	94.4	±	0.6	425.0	±	2.6
# 11	1.54E-05	1.08E-03	±	4.92E-04	-8.38E-03	±	7.93E-03	-1.51E-03	±	8.89E-04	99.7	95.0	±	0.8	428.0	±	3.3
# 12	1.57E-05	3.11E-03	±	4.97E-04	6.02E-03	±	7.76E-03	-2.47E-03	±	9.62E-04	99.0	90.4	±	0.7	409.0	±	2.9
# 13	9.45E-06	5.34E-03	±	9.17E-04	2.17E-03	±	1.42E-02	6.10E-04	±	1.34E-03	98.3	93.5	±	0.9	422.0	±	3.8
# 14	1.26E-05	5.81E-03	±	6.81E-04	6.67E-03	±	9.57E-03	5.74E-04	±	1.27E-03	98.2	92.5	±	0.7	418.0	±	3.0
# 15	1.08E-05	5.04E-03	±	6.98E-04	-2.62E-03	±	1.06E-02	-2.09E-03	±	1.21E-03	98.4	90.9	±	1.0	411.0	±	3.9
# 16	1.36E-05	6.09E-03	±	6.49E-04	5.99E-03	±	9.93E-03	-1.42E-03	±	8.74E-04	98.1	90.3	±	0.7	409.0	±	2.9
# 17	1.50E-05	6.23E-03	±	6.38E-04	-1.18E-03	±	8.56E-03	-1.45E-03	±	1.05E-03	98.1	92.5	±	0.8	418.0	±	3.3
# 18	1.47E-05	5.33E-03	±	5.12E-04	-2.28E-03	±	8.10E-03	-1.35E-03	±	1.33E-03	98.4	94.6	±	0.8	426.0	±	3.3
# 19	1.47E-05	2.59E-03	±	5.57E-04	5.01E-04	±	8.29E-03	-7.05E-04	±	1.18E-03	99.2	94.5	±	1.0	426.0	±	3.9
# 20	1.39E-05	4.78E-03	±	6.18E-04	-1.15E-02	±	8.76E-03	-4.02E-03	±	9.90E-04	98.5	92.6	±	1.1	418.0	±	4.2
# 21	1.26E-05	2.36E-03	±	6.13E-04	8.00E-03	±	1.10E-02	-1.85E-03	±	7.12E-04	99.3	93.6	±	0.7	422.0	±	2.8
# 22	1.14E-05	2.31E-03	±	6.63E-04	8.49E-03	±	1.22E-02	-1.49E-03	±	1.46E-03	99.3	92.6	±	1.2	418.0	±	4.7
# 23	1.27E-05	1.45E-03	±	6.01E-04	-1.92E-03	±	1.01E-02	-1.14E-03	±	1.16E-03	99.5	92.7	±	0.8	418.0	±	3.0
# 24	1.26E-05	3.41E-03	±	6.12E-04	7.63E-04	±	1.11E-02	-3.66E-03	±	1.00E-03	99.0	95.9	±	0.9	431.0	±	3.6
# 25	1.54E-05	4.73E-03	±	4.92E-04	-2.24E-04	±	8.35E-03	1.32E-03	±	1.26E-03	98.5	94.0	±	0.8	424.0	±	3.1
# 26	1.37E-05	2.42E-03	±	5.91E-04	5.80E-03	±	9.23E-03	-2.24E-04	±	1.41E-03	99.3	95.0	±	1.1	428.0	±	4.2
# 27	1.21E-05	7.65E-03	±	7.14E-04	-6.84E-03	±	9.86E-03	2.65E-04	±	7.57E-04	97.7	93.9	±	0.9	423.0	±	3.6
# 28	1.27E-05	3.76E-03	±	6.81E-04	8.35E-03	±	1.06E-02	2.63E-04	±	1.33E-03	98.8	95.1	±	0.8	428.0	±	3.1
# 29	6.36E-06	4.54E-02	±	2.07E-03	-2.71E-03	±	1.90E-02	-2.86E-03	±	1.86E-03	84.5	72.8	±	1.5	336.0	±	6.4
# 30	1.10E-05	2.32E-02	±	1.12E-03	1.58E-02	±	1.20E-02	-1.95E-03	±	1.50E-03	91.0	69.6	±	1.1	323.0	±	4.6

# 31	1.26E-05	1.42E-02	±	7.56E-04	5.85E-03	±	1.26E-02	-3.60E-04	±	1.10E-03	95.1	82.1	±	0.9	375.0	±	3.9
# 32	1.16E-05	1.06E-02	±	7.45E-04	8.22E-03	±	1.08E-02	-6.88E-04	±	1.11E-03	96.5	85.7	±	1.4	390.0	±	5.9
# 33	1.42E-05	6.20E-03	±	5.98E-04	5.08E-03	±	1.00E-02	-1.49E-03	±	6.49E-04	97.9	87.2	±	1.0	396.0	±	3.9
# 34	1.18E-05	1.75E-02	±	8.29E-04	6.33E-03	±	1.22E-02	1.23E-03	±	1.52E-03	93.9	79.6	±	0.8	365.0	±	3.3
# 35	1.35E-05	1.54E-02	±	8.94E-04	-9.43E-03	±	8.98E-03	-1.82E-03	±	9.00E-04	94.6	80.0	±	0.8	366.0	±	3.4
# 36	1.32E-05	1.39E-02	±	7.20E-04	-7.83E-03	±	9.41E-03	8.45E-04	±	8.61E-04	94.9	76.4	±	0.9	351.0	±	3.7
# 37	1.39E-05	5.78E-03	±	6.50E-04	-9.95E-03	±	8.64E-03	-1.75E-03	±	1.34E-03	98.2	93.9	±	1.0	423.0	±	3.9
# 38	1.32E-05	1.42E-03	±	5.54E-04	1.37E-04	±	9.48E-03	-1.21E-03	±	9.74E-04	99.6	97.3	±	1.0	437.0	±	3.8
# 39	1.33E-05	4.56E-03	±	5.34E-04	5.20E-03	±	9.45E-03	2.09E-03	±	1.36E-03	98.6	95.5	±	1.2	430.0	±	4.9
# 40	1.29E-05	3.07E-03	±	5.42E-04	-2.18E-03	±	1.11E-02	-1.51E-03	±	1.34E-03	99.1	94.5	±	1.1	426.0	±	4.5
# 41	1.30E-05	6.46E-03	±	7.60E-04	-3.97E-03	±	9.56E-03	-8.52E-04	±	1.26E-03	97.9	89.8	±	1.0	407.0	±	4.0
# 42	1.22E-05	6.43E-03	±	6.28E-04	2.66E-03	±	1.14E-02	-3.27E-03	±	1.19E-03	97.9	90.5	±	0.8	410.0	±	3.1
# 43	1.32E-05	4.29E-03	±	5.21E-04	-5.77E-04	±	9.04E-03	-1.71E-03	±	8.28E-04	98.7	95.1	±	0.9	428.0	±	3.4
# 44	1.27E-05	6.40E-03	±	7.28E-04	5.94E-03	±	9.56E-03	-1.89E-03	±	1.02E-03	97.9	89.1	±	1.0	404.0	±	4.1
# 45	1.29E-05	2.63E-03	±	5.43E-04	3.92E-03	±	1.03E-02	9.57E-04	±	1.26E-03	99.2	95.6	±	0.7	430.0	±	2.9
# 46	1.30E-05	3.57E-03	±	5.82E-04	-9.55E-03	±	9.65E-03	1.19E-03	±	1.39E-03	98.9	95.2	±	1.1	429.0	±	4.5
# 47	1.24E-05	3.22E-03	±	5.98E-04	-2.08E-03	±	1.07E-02	-1.14E-03	±	1.02E-03	99.0	97.7	±	1.1	439.0	±	4.4
# 48	1.38E-05	2.66E-03	±	5.20E-04	-3.47E-03	±	9.32E-03	2.47E-05	±	7.88E-04	99.2	93.1	±	1.0	420.0	±	3.9
# 49	1.33E-05	7.77E-04	±	5.46E-04	-3.49E-03	±	1.01E-02	-8.74E-04	±	1.45E-03	99.8	94.8	±	0.9	427.0	±	3.8
# 50	1.36E-05	2.48E-03	±	5.77E-04	-2.03E-03	±	9.31E-03	-8.16E-04	±	1.12E-03	99.3	97.3	±	0.9	437.0	±	3.5
# 51	1.20E-05	4.88E-03	±	6.17E-04	-9.23E-03	±	1.00E-02	-6.02E-04	±	1.18E-03	98.4	87.9	±	1.1	399.0	±	4.5
# 52	8.21E-06	3.58E-02	±	1.22E-03	-1.28E-02	±	1.47E-02	2.31E-03	±	2.89E-03	87.4	73.3	±	0.9	339.0	±	3.9
# 53	4.70E-06	3.68E-02	±	2.38E-03	7.72E-03	±	2.72E-02	-8.27E-05	±	2.04E-03	89.7	94.6	±	1.9	426.0	±	7.8
# 54	9.07E-06	1.38E-02	±	9.95E-04	-8.81E-03	±	1.34E-02	-2.07E-03	±	1.52E-03	95.6	89.3	±	1.1	405.0	±	4.4
# 55	1.34E-05	6.04E-03	±	5.41E-04	-3.23E-03	±	9.18E-03	-1.93E-03	±	7.56E-04	98.1	93.5	±	0.8	422.0	±	3.2
# 56	1.30E-05	4.66E-03	±	6.62E-04	-2.78E-03	±	9.41E-03	9.17E-05	±	1.11E-03	98.6	94.5	±	1.3	426.0	±	5.1
# 57	9.84E-06	6.64E-03	±	7.95E-04	-3.02E-03	±	1.29E-02	-3.98E-05	±	1.52E-03	98.0	95.0	±	1.3	428.0	±	5.0
# 58	1.22E-05	3.99E-03	±	6.21E-04	-7.77E-04	±	1.10E-02	2.36E-04	±	8.87E-04	98.7	89.0	±	1.0	403.0	±	4.1
# 59	1.03E-05	1.53E-02	±	8.68E-04	-9.55E-03	±	1.15E-02	-2.45E-04	±	1.84E-03	94.5	77.5	±	1.0	356.0	±	4.2
# 60	1.18E-05	1.83E-02	±	1.09E-03	-4.99E-03	±	1.04E-02	-7.50E-04	±	1.55E-03	92.3	64.5	±	0.7	301.0	±	3.1
# 61	1.26E-05	2.95E-03	±	5.38E-04	3.73E-03	±	1.05E-02	-1.86E-03	±	1.03E-03	99.1	94.8	±	0.8	427.0	±	3.3
# 62	9.17E-06	3.03E-02	±	1.36E-03	-5.48E-03	±	1.32E-02	-1.05E-03	±	1.78E-03	87.5	62.5	±	0.8	293.0	±	3.3
# 63	1.98E-05	3.28E-03	±	2.78E-04	-1.54E-03	±	6.39E-03	-2.00E-03	±	6.33E-04	99.0	95.2	±	0.9	428.0	±	3.5
# 64	1.95E-05	9.46E-03	±	3.70E-04	1.27E-03	±	6.08E-03	-2.39E-04	±	1.03E-03	96.9	87.4	±	0.6	397.0	±	2.3
# 65	1.66E-05	8.44E-03	±	4.33E-04	1.17E-02	±	7.37E-03	-1.09E-03	±	9.81E-04	97.2	87.6	±	0.8	398.0	±	3.4
# 66	1.86E-05	4.73E-03	±	4.00E-04	1.64E-03	±	6.84E-03	-7.31E-04	±	7.67E-04	98.6	94.7	±	0.6	427.0	±	2.2

# 67	1.87E-05	3.81E-03	±	3.29E-04	-4.34E-03	±	6.76E-03	1.12E-03	±	1.33E-03	98.8	93.5	±	0.7	422.0	±	2.7
# 68	1.86E-05	3.10E-03	±	3.56E-04	-1.06E-03	±	6.66E-03	3.46E-04	±	9.04E-04	99.0	92.2	±	0.6	417.0	±	2.5
# 69	1.48E-05	3.23E-02	±	7.19E-04	-2.77E-05	±	9.12E-03	-6.01E-05	±	1.85E-03	87.9	69.3	±	0.7	322.0	±	3.1
# 70	9.48E-06	3.45E-02	±	1.23E-03	-7.21E-03	±	1.29E-02	5.23E-05	±	2.35E-03	88.4	77.8	±	0.9	357.0	±	3.9
# 71	1.24E-05	7.27E-03	±	4.87E-04	-1.08E-02	±	9.86E-03	-4.28E-04	±	8.50E-04	97.5	84.3	±	0.8	384.0	±	3.4
# 72	9.74E-06	9.08E-03	±	7.04E-04	-1.96E-03	±	1.42E-02	1.83E-03	±	1.64E-03	97.2	92.7	±	1.2	418.0	±	4.8
# 73	4.32E-06	7.95E-03	±	1.25E-03	-1.48E-02	±	2.78E-02	1.45E-03	±	1.92E-03	97.6	95.3	±	1.9	429.0	±	7.6
# 74	1.49E-05	8.06E-03	±	5.15E-04	-9.06E-03	±	7.78E-03	-2.03E-03	±	8.33E-04	97.4	90.1	±	0.9	408.0	±	3.5
# 75	1.90E-05	1.56E-03	±	3.52E-04	-5.12E-03	±	6.05E-03	-6.43E-04	±	6.14E-04	99.5	93.4	±	0.8	421.0	±	3.1
# 76	2.08E-05	1.71E-03	±	2.75E-04	-1.84E-03	±	5.86E-03	-1.69E-03	±	8.89E-04	99.5	94.7	±	0.9	427.0	±	3.5
# 77	1.52E-05	3.82E-03	±	4.50E-04	4.32E-03	±	8.19E-03	1.47E-04	±	1.40E-03	98.8	94.8	±	0.9	427.0	±	3.4
# 78	2.03E-05	8.80E-04	±	2.67E-04	4.67E-03	±	6.24E-03	-2.18E-03	±	7.69E-04	99.7	94.1	±	0.6	424.0	±	2.4
# 79	2.02E-05	1.77E-03	±	2.91E-04	4.16E-03	±	6.08E-03	8.08E-07	±	9.07E-04	99.5	94.1	±	0.6	424.0	±	2.3
# 80	1.56E-05	3.75E-03	±	3.54E-04	4.75E-03	±	8.43E-03	-2.52E-03	±	8.31E-04	98.8	92.8	±	0.9	419.0	±	3.5
# 81	2.00E-05	3.01E-03	±	3.49E-04	3.26E-03	±	6.28E-03	-1.44E-03	±	1.03E-03	99.0	91.8	±	0.6	415.0	±	2.3
# 82	1.76E-05	5.26E-03	±	3.22E-04	1.88E-03	±	6.88E-03	-1.71E-03	±	9.31E-04	98.3	90.5	±	0.7	410.0	±	2.9
# 83	1.97E-05	2.77E-04	±	2.84E-04	7.04E-03	±	7.06E-03	-1.71E-03	±	8.82E-04	99.9	93.0	±	0.6	420.0	±	2.6
# 84	1.89E-05	3.57E-03	±	2.97E-04	2.69E-03	±	6.59E-03	6.91E-04	±	9.33E-04	98.9	95.5	±	0.6	430.0	±	2.3
# 85	1.85E-05	2.18E-03	±	2.90E-04	7.24E-05	±	7.17E-03	-1.18E-03	±	9.63E-04	99.3	92.8	±	0.8	419.0	±	3.1
# 86	1.92E-05	2.94E-03	±	3.10E-04	5.64E-03	±	7.06E-03	-2.95E-04	±	5.31E-04	99.1	91.5	±	0.5	414.0	±	2.2
# 87	1.73E-05	7.61E-04	±	3.45E-04	1.23E-02	±	7.66E-03	-1.71E-03	±	7.40E-04	99.8	95.0	±	0.7	428.0	±	2.7
Total	1.22E-03	6.06E-03	±	5.98E-05	-3.10E-05	±	9.76E-04	-7.49E-04	±	1.21E-04	98.1	90.9	±	0.1	411.0	±	3.8

9.2.2.6. NOR4

Première partie :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2800E-02 ± .2864E-04																	
# 1	1.23E-05	1.03E-01	±	1.74E-03	2.27E-03	±	1.13E-02	-1.85E-03	±	1.51E-03	73.0	82.3	±	0.9	374.2	±	3.8
# 2	9.75E-07	2.24E+00	±	1.43E-01	-1.35E-01	±	1.30E-01	2.80E-02	±	1.50E-02	14.4	111.5	±	9.5	490.2	±	36.4
# 3	1.62E-05	1.02E-01	±	1.27E-03	-7.57E-03	±	7.42E-03	-1.72E-03	±	1.74E-03	71.5	75.4	±	0.7	345.4	±	3.1
# 4	1.35E-05	9.70E-02	±	2.36E-03	-4.17E-03	±	9.35E-03	1.47E-03	±	1.25E-03	75.0	86.1	±	1.2	389.8	±	5.0

# 5	1.62E-05	5.26E-02	±	1.18E-03	1.53E-02	±	8.93E-03	-1.24E-03	±	1.10E-03	85.4	90.8	±	0.8	408.6	±	3.2
# 6	1.59E-05	1.26E-01	±	1.97E-03	-4.87E-03	±	7.60E-03	3.03E-03	±	1.64E-03	67.1	76.2	±	0.8	348.8	±	3.2
# 7	1.62E-05	9.29E-02	±	1.26E-03	1.47E-04	±	7.77E-03	2.64E-03	±	1.02E-03	74.0	78.3	±	0.8	357.5	±	3.2
# 8	1.73E-05	5.09E-02	±	9.83E-04	-4.21E-03	±	7.02E-03	-2.39E-03	±	7.33E-04	85.1	85.5	±	0.8	387.4	±	3.4
# 9	1.57E-05	7.48E-02	±	1.31E-03	-7.18E-03	±	7.64E-03	-7.56E-04	±	2.05E-03	77.4	75.5	±	0.6	346.0	±	2.3
# 10	1.69E-05	7.44E-02	±	2.01E-03	1.32E-03	±	7.72E-03	-9.07E-04	±	1.11E-03	76.0	69.6	±	0.9	321.3	±	3.6
# 11	1.72E-05	4.65E-02	±	8.68E-04	1.10E-03	±	7.08E-03	-3.49E-03	±	1.15E-03	86.3	86.3	±	0.8	390.5	±	3.2
# 12	1.70E-05	1.99E-02	±	7.61E-04	1.73E-02	±	9.36E-03	7.50E-05	±	1.18E-03	94.1	93.7	±	0.6	420.3	±	2.3
# 13	5.53E-06	7.40E-02	±	2.30E-03	2.33E-02	±	2.41E-02	-4.25E-03	±	2.37E-03	79.8	86.3	±	1.6	390.5	±	6.3
# 14	8.08E-06	5.51E-02	±	1.46E-03	7.78E-03	±	1.77E-02	-7.07E-04	±	2.09E-03	83.6	82.7	±	0.9	375.9	±	3.8
# 15	5.40E-06	3.91E-02	±	2.07E-03	-1.03E-03	±	2.37E-02	-3.24E-03	±	2.18E-03	89.2	95.2	±	1.8	426.3	±	7.2
# 16	4.92E-06	9.86E-02	±	3.27E-03	-4.93E-03	±	2.39E-02	-7.07E-03	±	2.20E-03	73.6	81.1	±	1.6	369.4	±	6.5
# 17	5.17E-06	2.20E-01	±	5.10E-03	1.95E-02	±	2.16E-02	3.23E-04	±	4.19E-03	52.6	72.2	±	1.6	332.3	±	6.8
# 18	7.54E-06	8.96E-02	±	2.38E-03	1.77E-03	±	1.67E-02	-3.79E-03	±	2.71E-03	72.9	71.1	±	1.3	327.4	±	5.6
# 19	7.95E-06	7.36E-02	±	2.97E-03	-1.28E-03	±	1.52E-02	-1.34E-03	±	2.30E-03	76.8	72.1	±	1.6	331.9	±	6.7
# 20	7.42E-06	9.43E-02	±	2.75E-03	1.04E-02	±	1.58E-02	1.86E-04	±	1.80E-03	69.7	64.0	±	1.4	297.5	±	6.2
# 21	7.72E-06	6.94E-02	±	2.12E-03	2.29E-02	±	1.66E-02	-5.59E-04	±	2.73E-03	81.6	90.9	±	1.5	409.3	±	6.0
# 22	4.62E-06	2.24E-01	±	6.29E-03	4.19E-03	±	2.64E-02	-6.98E-03	±	3.88E-03	57.3	88.7	±	2.2	400.0	±	8.7
# 23	6.56E-06	1.47E-01	±	3.27E-03	-2.97E-03	±	1.86E-02	-3.89E-03	±	2.32E-03	63.8	76.4	±	1.3	349.5	±	5.3
# 24	7.86E-06	8.71E-02	±	2.58E-03	-2.46E-03	±	1.60E-02	-7.38E-04	±	2.74E-03	73.3	70.8	±	1.6	326.2	±	6.7
# 25	8.23E-06	7.06E-02	±	1.61E-03	-2.85E-03	±	1.55E-02	-4.93E-03	±	1.56E-03	76.9	69.4	±	1.0	320.4	±	4.4
# 26	2.71E-06	1.09E-01	±	4.68E-03	-1.82E-02	±	4.39E-02	-1.02E-02	±	4.53E-03	70.7	77.8	±	2.5	355.5	±	10.2
# 27	5.98E-06	7.27E-02	±	2.40E-03	-7.90E-03	±	2.01E-02	2.13E-03	±	2.66E-03	79.9	85.3	±	1.5	386.4	±	5.9
# 28	6.98E-06	7.43E-02	±	2.17E-03	-1.19E-02	±	1.66E-02	2.48E-04	±	2.25E-03	76.3	70.8	±	1.1	326.4	±	4.8
# 29	7.47E-06	9.08E-02	±	2.04E-03	-2.48E-03	±	1.59E-02	-6.30E-03	±	1.78E-03	71.2	66.4	±	1.1	307.8	±	4.7
# 30	5.33E-06	1.38E-01	±	2.85E-03	5.09E-03	±	2.33E-02	6.65E-03	±	2.93E-03	64.1	72.7	±	1.2	334.4	±	5.0
# 31	8.25E-06	3.90E-02	±	1.39E-03	-8.63E-04	±	1.60E-02	-1.62E-03	±	2.00E-03	88.8	90.9	±	1.1	409.1	±	4.3
# 32	8.23E-06	5.15E-02	±	1.72E-03	8.74E-03	±	1.39E-02	-4.50E-03	±	1.47E-03	83.7	78.0	±	1.1	356.6	±	4.6
# 33	8.41E-06	3.17E-02	±	1.60E-03	-4.91E-03	±	1.39E-02	-2.71E-03	±	1.70E-03	90.5	88.9	±	1.1	400.9	±	4.3
# 34	8.61E-06	2.87E-02	±	1.13E-03	-2.01E-03	±	1.50E-02	-2.18E-03	±	1.62E-03	91.1	86.5	±	1.0	391.4	±	4.1
# 35	4.39E-06	1.64E-01	±	4.24E-03	1.83E-02	±	3.51E-02	-1.22E-03	±	2.64E-03	64.3	87.1	±	1.8	393.7	±	7.1
# 36	1.28E-05	8.63E-02	±	1.42E-03	1.23E-03	±	9.78E-03	-4.43E-03	±	1.79E-03	75.1	76.9	±	0.7	351.8	±	2.9
# 37	1.66E-05	3.97E-02	±	8.12E-04	1.44E-04	±	7.40E-03	3.96E-04	±	1.62E-03	88.2	87.8	±	0.9	396.7	±	3.7
# 38	1.28E-05	4.84E-02	±	9.36E-04	3.66E-03	±	1.00E-02	2.26E-03	±	1.42E-03	85.4	83.5	±	1.0	379.1	±	4.1
# 39	1.46E-05	3.71E-02	±	1.51E-03	-4.42E-03	±	8.77E-03	1.77E-04	±	1.33E-03	89.0	88.7	±	1.2	400.4	±	4.9
# 40	1.08E-05	6.51E-02	±	1.56E-03	5.69E-03	±	1.30E-02	-2.47E-03	±	1.88E-03	81.1	82.5	±	1.4	375.0	±	5.9

# 41	1.28E-05	5.16E-02	±	8.66E-04	-4.36E-03	±	9.40E-03	1.57E-03	±	1.62E-03	85.5	90.2	±	0.7	406.3	±	2.9
# 42	4.20E-06	3.09E-01	±	7.16E-03	7.56E-02	±	3.84E-02	-5.80E-03	±	3.56E-03	45.6	76.6	±	2.0	350.7	±	8.3
# 43	8.87E-06	2.12E-01	±	3.07E-03	1.65E-02	±	1.46E-02	3.41E-03	±	2.28E-03	44.2	49.6	±	0.8	234.7	±	3.6
# 44	1.31E-05	8.97E-02	±	1.47E-03	9.46E-04	±	9.74E-03	-1.16E-03	±	1.59E-03	71.7	67.1	±	0.8	310.8	±	3.5
# 45	1.43E-05	1.95E-02	±	5.62E-04	6.67E-03	±	8.74E-03	-1.52E-03	±	1.60E-03	94.0	90.6	±	0.7	407.7	±	2.8
# 46	1.50E-05	2.30E-02	±	8.59E-04	3.09E-03	±	7.63E-03	-1.20E-04	±	8.73E-04	92.8	88.1	±	0.7	397.6	±	2.7
# 47	1.29E-05	6.99E-02	±	1.73E-03	6.43E-03	±	9.97E-03	-1.45E-03	±	1.73E-03	73.2	56.4	±	0.7	264.6	±	3.0
# 48	4.81E-06	3.96E-01	±	8.49E-03	5.55E-02	±	2.52E-02	-1.29E-02	±	3.65E-03	42.1	85.1	±	2.1	385.7	±	8.5
# 49	1.21E-05	7.72E-02	±	1.43E-03	9.27E-03	±	1.03E-02	-2.02E-03	±	1.86E-03	77.0	76.2	±	0.8	349.0	±	3.1
# 50	1.22E-05	4.51E-02	±	1.44E-03	-1.45E-03	±	1.06E-02	-2.91E-03	±	7.23E-04	86.3	83.8	±	1.1	380.3	±	4.3
# 51	1.26E-05	4.80E-02	±	8.68E-04	8.56E-03	±	1.03E-02	-2.43E-03	±	1.00E-03	85.3	82.3	±	0.9	374.0	±	3.8
# 52	1.19E-05	1.11E-01	±	1.62E-03	-1.92E-03	±	9.72E-03	-4.37E-03	±	1.88E-03	69.3	74.2	±	0.8	340.5	±	3.1
# 53	1.09E-05	1.51E-01	±	2.61E-03	2.19E-02	±	1.25E-02	-1.68E-03	±	1.84E-03	62.6	74.8	±	1.0	343.1	±	4.3
# 54	1.22E-05	8.72E-02	±	1.22E-03	1.58E-02	±	1.07E-02	-1.29E-03	±	1.16E-03	76.2	82.3	±	0.7	374.0	±	3.0
# 55	2.10E-05	1.12E-02	±	4.77E-04	3.13E-03	±	5.82E-03	4.69E-04	±	7.79E-04	96.7	95.8	±	1.1	428.8	±	4.2
# 56	1.75E-05	2.25E-02	±	7.11E-04	-2.95E-04	±	7.08E-03	-4.14E-04	±	7.83E-04	93.5	95.8	±	1.0	428.6	±	3.9
# 57	2.14E-05	1.29E-02	±	5.69E-04	-3.57E-03	±	5.53E-03	-1.08E-04	±	9.67E-04	96.2	95.7	±	0.8	428.4	±	3.1
# 58	1.78E-05	4.33E-02	±	8.01E-04	-5.26E-03	±	7.37E-03	-2.22E-03	±	6.47E-04	83.0	62.7	±	0.4	291.7	±	1.8
# 59	1.88E-05	5.28E-02	±	9.26E-04	6.16E-03	±	6.99E-03	-7.40E-04	±	7.45E-04	81.6	69.3	±	0.7	320.1	±	2.8
# 60	2.06E-05	1.95E-02	±	6.12E-04	-1.69E-04	±	6.41E-03	1.74E-04	±	9.44E-04	94.1	92.4	±	1.1	415.0	±	4.2
# 61	1.82E-05	5.37E-02	±	1.48E-03	-5.28E-03	±	6.36E-03	-3.77E-03	±	9.37E-04	83.4	79.5	±	0.9	362.5	±	3.9
# 62	1.60E-05	6.66E-02	±	1.21E-03	-3.76E-03	±	7.53E-03	4.24E-04	±	1.47E-03	77.5	67.7	±	0.8	313.3	±	3.3
# 63	1.70E-05	3.22E-02	±	8.63E-04	1.16E-03	±	7.10E-03	-7.93E-04	±	1.02E-03	88.8	75.6	±	0.7	346.5	±	2.9
# 64	1.71E-05	3.59E-02	±	1.08E-03	-1.03E-02	±	6.88E-03	-3.68E-03	±	1.05E-03	86.6	68.4	±	1.7	316.0	±	7.3
# 65	1.86E-05	7.08E-02	±	1.68E-03	3.76E-03	±	6.87E-03	-1.37E-03	±	1.12E-03	73.5	58.0	±	0.8	271.3	±	3.3
# 66	1.52E-05	5.09E-02	±	1.34E-03	4.16E-03	±	8.86E-03	3.50E-04	±	1.49E-03	85.8	90.8	±	1.0	408.6	±	4.0
# 67	2.09E-05	3.73E-02	±	7.99E-04	3.62E-03	±	5.84E-03	7.77E-04	±	1.19E-03	89.4	92.9	±	0.8	417.0	±	3.4
# 68	2.28E-05	3.13E-02	±	7.41E-04	-4.39E-03	±	5.16E-03	-2.25E-04	±	1.23E-03	91.0	92.9	±	0.8	417.0	±	3.4
# 69	1.86E-05	7.34E-02	±	1.39E-03	-7.71E-03	±	6.18E-03	2.37E-03	±	1.18E-03	81.0	92.6	±	1.0	415.8	±	3.9
# 70	2.17E-05	3.28E-02	±	9.06E-04	9.44E-04	±	5.57E-03	-1.62E-03	±	9.35E-04	90.0	87.0	±	1.0	393.2	±	4.0
# 71	2.08E-05	2.60E-02	±	6.59E-04	-2.07E-03	±	6.15E-03	7.50E-04	±	1.09E-03	92.3	92.3	±	0.7	414.6	±	2.6
# 72	2.12E-05	2.26E-02	±	8.11E-04	-3.24E-03	±	5.68E-03	-2.54E-03	±	1.17E-03	93.2	92.0	±	0.7	413.5	±	2.9
# 73	1.83E-05	3.00E-02	±	8.20E-04	-3.58E-03	±	6.33E-03	-1.10E-03	±	8.30E-04	91.6	96.4	±	0.8	430.9	±	3.1
# 74	1.66E-05	4.74E-02	±	9.72E-04	-5.61E-04	±	7.26E-03	5.26E-04	±	8.25E-04	86.5	89.3	±	0.8	402.7	±	3.1
# 75	1.34E-05	1.16E-01	±	1.93E-03	5.92E-03	±	9.50E-03	-3.00E-03	±	1.54E-03	68.1	73.0	±	0.8	335.4	±	3.3
# 76	4.74E-07	8.66E+00	±	1.15E+00	-1.26E-01	±	2.46E-01	-7.44E-02	±	5.82E-02	5.9	159.6	±	30.8	666.4	±	107.5

# 77	2.04E-05	3.48E-02	±	7.66E-04	-4.34E-03	±	5.88E-03	1.43E-03	±	1.03E-03	90.2	94.0	±	0.6	421.5	±	2.5
# 78	5.11E-06	7.08E-01	±	1.76E-02	-2.49E-03	±	2.44E-02	1.25E-02	±	5.96E-03	27.9	80.8	±	2.9	367.8	±	12.1
# 79	1.56E-05	1.70E-02	±	6.41E-04	-3.98E-03	±	7.63E-03	-1.25E-03	±	1.20E-03	94.9	92.8	±	0.9	416.8	±	3.7
# 80	1.91E-05	4.40E-03	±	4.92E-04	7.31E-03	±	7.28E-03	-1.32E-03	±	1.19E-03	98.7	95.5	±	1.0	427.6	±	3.9
# 81	1.70E-05	9.34E-03	±	7.83E-04	-5.23E-04	±	8.09E-03	-3.61E-04	±	6.15E-04	97.3	97.7	±	0.9	436.3	±	3.4
# 82	2.07E-05	4.87E-03	±	5.14E-04	3.13E-03	±	6.26E-03	-1.14E-03	±	9.25E-04	98.5	96.6	±	0.8	431.7	±	3.3
# 83	2.02E-05	2.27E-02	±	6.98E-04	-2.72E-03	±	6.01E-03	-3.60E-04	±	1.21E-03	93.3	92.5	±	1.0	415.6	±	4.2
# 84	1.72E-05	7.43E-02	±	1.46E-03	-4.24E-03	±	6.75E-03	-1.96E-03	±	7.95E-04	79.1	83.3	±	0.9	378.1	±	3.5
# 85	1.78E-05	7.92E-02	±	1.35E-03	1.42E-03	±	7.30E-03	-7.04E-04	±	1.26E-03	77.9	82.5	±	0.9	375.1	±	3.5
# 86	2.02E-05	2.14E-02	±	6.59E-04	2.62E-03	±	6.64E-03	-8.31E-04	±	1.31E-03	93.7	94.3	±	0.7	422.7	±	2.7
# 87	1.71E-05	1.31E-02	±	7.62E-04	-6.80E-03	±	6.82E-03	-2.59E-03	±	8.68E-04	96.0	92.3	±	1.0	414.7	±	3.8
# 88	1.86E-05	2.14E-02	±	6.63E-04	-6.92E-03	±	6.10E-03	7.54E-04	±	9.18E-04	93.7	93.1	±	0.9	417.9	±	3.5
# 89	1.62E-05	1.95E-02	±	7.56E-04	-5.92E-03	±	7.65E-03	4.83E-04	±	1.82E-03	94.3	94.7	±	1.0	424.2	±	4.2
# 90	8.29E-06	5.42E-02	±	1.56E-03	4.10E-03	±	1.65E-02	-1.94E-03	±	1.75E-03	85.3	92.6	±	1.4	416.0	±	5.7
# 91	6.76E-06	2.68E-02	±	1.60E-03	-1.86E-02	±	1.72E-02	-2.50E-03	±	1.74E-03	92.5	97.0	±	2.0	433.4	±	7.8
# 92	7.44E-06	3.94E-02	±	1.80E-03	4.04E-03	±	1.63E-02	-2.57E-03	±	2.06E-03	87.6	82.1	±	1.3	373.4	±	5.4
# 93	1.63E-06	4.40E-01	±	1.95E-02	-2.02E-02	±	7.37E-02	4.74E-04	±	8.56E-03	46.1	111.2	±	5.9	489.1	±	22.6
# 94	1.74E-05	1.23E-02	±	5.78E-04	-3.89E-03	±	7.41E-03	-4.80E-04	±	8.24E-04	96.4	96.5	±	0.6	431.5	±	2.5
# 95	1.91E-05	9.23E-03	±	5.96E-04	-4.43E-03	±	6.28E-03	1.35E-03	±	8.86E-04	97.2	95.9	±	0.7	429.0	±	2.7
# 96	3.86E-06	1.43E-01	±	4.92E-03	3.66E-03	±	3.36E-02	-7.62E-03	±	3.72E-03	67.9	89.0	±	2.4	401.4	±	9.6
# 97	1.91E-05	6.46E-03	±	4.12E-04	-8.07E-03	±	6.53E-03	-2.11E-03	±	6.58E-04	98.1	96.7	±	0.7	432.5	±	2.8
# 98	1.84E-05	9.72E-03	±	4.47E-04	-3.69E-03	±	6.33E-03	-1.36E-03	±	8.23E-04	97.1	94.9	±	0.6	424.9	±	2.2
# 99	1.90E-05	4.79E-02	±	1.20E-03	2.30E-03	±	6.53E-03	-2.51E-03	±	1.09E-03	86.3	89.4	±	0.7	403.1	±	3.0
# 100	1.45E-05	7.42E-02	±	1.14E-03	-7.58E-03	±	8.68E-03	2.10E-03	±	1.02E-03	79.8	86.6	±	0.9	391.8	±	3.8
# 101	1.21E-05	6.75E-02	±	1.73E-03	-1.29E-02	±	9.34E-03	2.73E-04	±	1.86E-03	81.1	85.7	±	1.2	388.2	±	5.1
# 102	1.97E-05	4.59E-02	±	7.88E-04	-1.50E-03	±	6.09E-03	-1.35E-04	±	1.10E-03	87.4	94.5	±	0.9	423.3	±	3.7
# 103	1.88E-05	8.33E-02	±	1.21E-03	-9.41E-03	±	5.97E-03	-7.81E-04	±	9.07E-04	78.8	91.6	±	0.7	411.9	±	2.8
# 104	1.98E-05	8.34E-02	±	1.44E-03	-8.55E-03	±	5.65E-03	-3.34E-03	±	1.43E-03	78.5	89.8	±	1.0	404.8	±	4.2
# 105	1.95E-05	8.19E-02	±	1.64E-03	-8.05E-03	±	6.06E-03	2.99E-04	±	1.33E-03	78.0	85.9	±	1.1	388.8	±	4.3
# 106	1.73E-05	1.23E-01	±	1.34E-03	-4.06E-03	±	6.66E-03	-2.34E-03	±	1.27E-03	68.9	80.8	±	0.7	367.8	±	3.0
# 107	1.69E-05	1.24E-01	±	1.56E-03	5.91E-03	±	7.45E-03	-2.68E-03	±	1.58E-03	66.9	73.9	±	0.6	339.4	±	2.3
# 108	1.80E-05	1.03E-01	±	1.60E-03	1.14E-03	±	7.49E-03	2.77E-03	±	2.18E-03	70.5	72.9	±	0.7	334.9	±	2.8
# 109	1.78E-05	4.87E-02	±	6.16E-04	-6.48E-03	±	6.78E-03	-2.83E-03	±	1.38E-03	85.9	87.6	±	0.6	395.9	±	2.4
# 110	1.43E-05	7.97E-02	±	1.05E-03	-5.62E-03	±	8.62E-03	-2.99E-03	±	1.31E-03	77.8	82.4	±	0.6	374.6	±	2.6
# 111	1.58E-05	8.84E-02	±	1.54E-03	-1.29E-03	±	7.43E-03	4.57E-04	±	1.46E-03	75.2	79.3	±	0.8	361.7	±	3.4
# 112	1.55E-05	9.84E-02	±	1.41E-03	-4.15E-03	±	7.91E-03	5.41E-04	±	1.77E-03	71.9	74.5	±	0.6	341.8	±	2.6

# 113	1.29E-05	9.30E-02	±	1.68E-03	7.71E-04	±	9.40E-03	-6.01E-03	±	1.54E-03	73.7	76.8	±	0.9	351.3	±	3.9
# 114	1.52E-05	8.90E-02	±	1.64E-03	5.17E-03	±	8.61E-03	-2.10E-03	±	1.74E-03	75.9	82.7	±	1.0	375.6	±	3.9
# 115	1.41E-05	8.04E-02	±	1.44E-03	-7.95E-03	±	8.04E-03	-1.40E-03	±	1.89E-03	78.1	84.5	±	0.8	383.2	±	3.3
# 116	1.19E-05	1.71E-01	±	2.75E-03	-6.33E-03	±	9.84E-03	-3.19E-03	±	3.24E-03	59.7	74.8	±	1.1	343.2	±	4.4
# 117	1.71E-05	4.09E-02	±	9.20E-04	-1.02E-02	±	6.57E-03	9.74E-05	±	5.59E-04	88.0	88.7	±	0.7	400.3	±	3.0
# 118	1.71E-05	2.85E-02	±	7.24E-04	-5.53E-03	±	6.93E-03	-1.16E-03	±	9.20E-04	91.5	90.5	±	0.8	407.6	±	3.1
# 119	1.66E-05	5.25E-02	±	1.19E-03	-6.45E-03	±	6.99E-03	2.93E-03	±	1.60E-03	84.7	85.8	±	0.8	388.6	±	3.4
# 120	1.78E-05	5.84E-02	±	1.08E-03	4.44E-04	±	6.94E-03	1.30E-03	±	8.29E-04	84.3	92.4	±	0.9	415.0	±	3.6
# 121	1.76E-05	2.38E-02	±	9.93E-04	6.28E-04	±	7.61E-03	-1.32E-03	±	8.79E-04	93.1	94.1	±	0.8	421.9	±	3.2
# 122	1.29E-05	7.06E-02	±	1.35E-03	-6.18E-04	±	1.09E-02	-1.28E-03	±	1.67E-03	80.0	83.4	±	1.0	378.6	±	4.3
# 123	1.50E-05	1.10E-01	±	1.55E-03	1.19E-03	±	8.11E-03	-1.83E-04	±	1.96E-03	71.5	81.6	±	0.9	371.2	±	3.7
# 124	1.57E-05	9.25E-02	±	1.59E-03	5.91E-03	±	9.05E-03	1.95E-03	±	1.77E-03	72.7	72.9	±	0.8	335.2	±	3.5
# 125	1.38E-05	1.41E-01	±	2.55E-03	8.99E-04	±	9.64E-03	2.84E-03	±	2.39E-03	60.7	64.2	±	0.9	298.3	±	4.0
# 126	1.40E-05	4.25E-02	±	9.35E-04	1.57E-03	±	8.35E-03	-1.21E-03	±	1.47E-03	88.1	93.4	±	0.9	419.1	±	3.6
# 127	1.56E-05	9.02E-02	±	1.94E-03	-6.82E-03	±	7.35E-03	-2.85E-03	±	1.52E-03	77.7	93.1	±	1.1	417.7	±	4.3
# 128	1.23E-05	1.18E-01	±	1.88E-03	-1.39E-02	±	9.84E-03	7.44E-04	±	2.34E-03	70.0	81.7	±	0.8	371.7	±	3.3
# 129	8.63E-06	1.01E-01	±	1.98E-03	-1.12E-02	±	1.37E-02	2.07E-03	±	1.93E-03	74.2	85.5	±	1.3	387.1	±	5.5
# 130	9.24E-06	2.21E-01	±	2.91E-03	1.43E-02	±	1.59E-02	-6.92E-03	±	3.17E-03	55.1	80.3	±	1.0	365.9	±	4.2
# 131	5.60E-06	4.46E-01	±	8.46E-03	8.03E-03	±	2.27E-02	2.01E-03	±	3.03E-03	41.1	91.8	±	2.1	412.7	±	8.5
# 132	1.13E-05	1.12E-01	±	2.13E-03	-9.16E-03	±	1.00E-02	-1.60E-03	±	1.64E-03	70.1	77.4	±	1.3	353.8	±	5.4
# 133	1.46E-05	9.65E-02	±	1.21E-03	1.58E-02	±	1.09E-02	-6.41E-03	±	1.08E-03	73.7	79.9	±	0.7	364.1	±	2.9
# 134	1.39E-05	1.16E-01	±	1.74E-03	5.35E-03	±	9.67E-03	-1.04E-03	±	9.65E-04	69.6	78.9	±	0.9	359.9	±	3.7
# 135	1.52E-05	1.39E-01	±	1.81E-03	7.85E-04	±	8.08E-03	-4.40E-03	±	1.59E-03	64.5	74.4	±	0.7	341.3	±	3.1
# 136	1.21E-05	1.25E-01	±	2.83E-03	1.28E-02	±	1.06E-02	-1.62E-03	±	2.37E-03	66.9	74.7	±	1.3	342.8	±	5.4
# 137	1.23E-05	1.37E-01	±	2.31E-03	5.34E-03	±	1.09E-02	8.90E-05	±	2.08E-03	63.6	70.9	±	1.0	326.7	±	4.3
# 138	1.42E-05	6.90E-02	±	1.36E-03	-4.15E-03	±	8.93E-03	-2.76E-03	±	1.39E-03	79.6	79.6	±	1.2	363.1	±	5.1
# 139	1.57E-05	5.88E-02	±	9.44E-04	3.54E-03	±	8.33E-03	-3.72E-04	±	1.92E-03	80.9	73.5	±	0.7	337.7	±	2.7
# 140	1.59E-05	2.32E-02	±	7.88E-04	3.69E-04	±	9.09E-03	-1.89E-03	±	9.99E-04	93.2	93.3	±	0.7	418.8	±	3.0
# 141	1.60E-05	3.39E-02	±	8.78E-04	7.94E-04	±	7.89E-03	-3.35E-03	±	9.73E-04	89.9	88.8	±	0.9	400.5	±	3.5
# 142	1.56E-05	4.16E-02	±	1.02E-03	-2.15E-03	±	7.59E-03	1.58E-03	±	1.33E-03	88.0	90.1	±	0.8	405.9	±	3.1
# 143	1.62E-05	4.16E-02	±	7.29E-04	1.62E-03	±	7.73E-03	7.62E-04	±	9.54E-04	87.9	89.2	±	0.6	402.4	±	2.6
# 144	1.46E-05	5.66E-02	±	1.27E-03	8.01E-03	±	9.26E-03	-3.48E-03	±	1.11E-03	83.3	83.5	±	0.6	378.9	±	2.6
Total	1.96E-03	6.97E-02	±	1.20E-04	-1.15E-04	±	7.68E-04	-1.00E-03	±	1.25E-04	80.4	84.4	±	0.1	382.7	±	3.5

Deuxième partie :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2796E-02 ± .2860E-04																	
# 1	1.91E-05	9.32E-03	±	4.22E-04	1.20E-03	±	6.92E-03	-1.68E-03	±	6.81E-04	97.23	96.61	±	1.168	431.4	±	4.6
# 2	2.00E-05	1.68E-02	±	6.02E-04	1.50E-03	±	6.83E-03	-2.64E-03	±	9.80E-04	95	94.21	±	0.8041	421.8	±	3.2
# 3	2.30E-05	1.53E-02	±	4.37E-04	-2.77E-03	±	5.33E-03	-6.96E-04	±	9.46E-04	95.44	94.84	±	0.6012	424.3	±	2.4
# 4	2.27E-05	1.13E-02	±	4.13E-04	5.59E-03	±	5.77E-03	-1.92E-04	±	9.68E-04	96.62	95.85	±	0.8105	428.4	±	3.2
# 5	2.26E-05	3.73E-03	±	3.90E-04	-3.63E-03	±	5.34E-03	-2.04E-04	±	6.82E-04	98.85	94.4	±	0.6557	422.6	±	2.6
# 6	2.21E-05	9.76E-04	±	3.36E-04	5.08E-03	±	5.96E-03	-1.41E-03	±	8.99E-04	99.7	96.19	±	0.9516	429.7	±	3.8
# 7	2.21E-05	2.30E-02	±	5.89E-04	2.03E-03	±	6.49E-03	-3.25E-03	±	8.85E-04	93.38	95.73	±	0.7821	427.9	±	3.1
# 8	2.19E-05	2.69E-03	±	4.31E-04	-4.10E-03	±	5.58E-03	-6.98E-04	±	1.21E-03	99.18	95.86	±	0.9627	428.4	±	3.8
# 9	2.02E-05	1.46E-03	±	4.22E-04	-7.36E-03	±	5.89E-03	-6.18E-04	±	1.03E-03	99.56	98.43	±	0.5508	438.6	±	2.2
# 10	2.21E-05	2.88E-04	±	3.11E-04	2.37E-03	±	5.79E-03	-1.42E-03	±	7.25E-04	99.91	94.53	±	0.8951	423.1	±	3.6
# 11	2.08E-05	4.18E-03	±	4.46E-04	-6.58E-03	±	5.78E-03	-3.38E-04	±	8.06E-04	98.74	97.06	±	0.4538	433.2	±	1.8
# 12	2.09E-05	1.20E-02	±	6.11E-04	2.29E-03	±	6.70E-03	-4.22E-05	±	7.78E-04	96.44	96.3	±	0.8838	430.2	±	3.5
# 13	2.09E-05	3.57E-04	±	3.30E-04	1.55E-03	±	6.38E-03	-1.49E-03	±	9.73E-04	99.89	98.04	±	0.6424	437	±	2.5
# 14	2.21E-05	4.99E-03	±	4.00E-04	-1.68E-03	±	5.63E-03	-1.11E-03	±	5.29E-04	98.48	95.53	±	0.5399	427.1	±	2.1
# 15	2.16E-05	3.09E-03	±	3.46E-04	-6.66E-03	±	5.53E-03	5.65E-04	±	9.26E-04	99.08	98	±	0.6475	436.9	±	2.6
# 16	2.23E-05	6.71E-03	±	4.29E-04	-6.10E-04	±	5.81E-03	7.24E-05	±	1.04E-03	97.96	95.43	±	0.9398	426.7	±	3.7
# 17	1.92E-05	5.75E-03	±	4.99E-04	-3.52E-03	±	6.52E-03	-1.55E-03	±	6.61E-04	98.27	96.45	±	0.6584	430.8	±	2.6
# 18	2.01E-05	9.52E-03	±	4.20E-04	-5.88E-03	±	6.52E-03	-7.86E-04	±	8.35E-04	97.17	96.6	±	0.8424	431.4	±	3.3
# 19	2.21E-05	1.47E-03	±	4.03E-04	-6.71E-03	±	5.46E-03	-2.59E-04	±	8.98E-04	99.54	94.05	±	0.9669	421.2	±	3.9
# 20	2.05E-05	2.16E-03	±	3.31E-04	-1.73E-03	±	6.15E-03	3.85E-04	±	7.16E-04	99.31	91.74	±	0.4585	412	±	1.8
# 21	2.08E-05	6.10E-03	±	3.65E-04	-5.92E-03	±	6.14E-03	-9.68E-04	±	8.25E-04	98.14	94.87	±	0.4835	424.5	±	1.9
# 22	2.10E-05	1.24E-03	±	3.34E-04	-5.24E-03	±	6.33E-03	-1.13E-03	±	8.41E-04	99.62	95.68	±	0.5532	427.7	±	2.2
# 23	1.79E-05	2.10E-02	±	5.35E-04	-3.29E-03	±	7.08E-03	-2.36E-03	±	1.13E-03	93.85	94.4	±	0.8284	422.6	±	3.3
# 24	1.11E-05	2.85E-02	±	9.44E-04	7.33E-03	±	1.20E-02	-1.60E-03	±	1.28E-03	91.76	93.65	±	1.089	419.6	±	4.4
# 25	1.05E-05	1.86E-02	±	9.09E-04	1.54E-03	±	1.21E-02	-1.27E-03	±	1.29E-03	94.42	92.77	±	1.145	416.1	±	4.6
# 26	1.94E-05	1.44E-02	±	5.12E-04	-6.57E-03	±	6.42E-03	2.91E-03	±	1.28E-03	95.65	93.59	±	0.9365	419.4	±	3.7

# 27	1.57E-05	3.55E-02	±	7.42E-04	8.03E-03	±	7.60E-03	8.29E-04	±	9.12E-04	90.27	97.21	±	1.131	433.8	±	4.5
# 28	1.67E-06	1.17E-01	±	8.11E-03	-2.11E-02	±	7.72E-02	-7.61E-03	±	5.55E-03	70.1	80.84	±	3.593	367.6	±	14.8
# 29	1.25E-05	3.10E-02	±	7.81E-04	-1.18E-02	±	9.77E-03	-3.44E-03	±	8.83E-04	90.97	92.29	±	0.9123	414.1	±	3.7
# 30	9.45E-06	2.53E-02	±	1.06E-03	4.36E-03	±	1.41E-02	-2.13E-03	±	1.93E-03	92.63	93.86	±	1.425	420.4	±	5.7
# 31	6.83E-06	4.79E-02	±	2.51E-03	-1.12E-02	±	1.83E-02	-3.82E-03	±	1.66E-03	86.46	90.43	±	1.43	406.7	±	5.8
# 32	3.46E-06	1.05E-01	±	5.11E-03	-1.02E-02	±	3.72E-02	-6.11E-03	±	2.56E-03	73.48	85.84	±	2.226	388.1	±	9.1
# 33	2.36E-05	5.47E-03	±	4.62E-04	1.26E-03	±	5.75E-03	-8.88E-04	±	6.82E-04	98.21	88.91	±	0.6603	400.5	±	2.7
# 34	2.25E-05	9.63E-03	±	3.85E-04	-7.94E-03	±	5.29E-03	-1.82E-03	±	9.23E-04	96.97	91.15	±	0.8628	409.6	±	3.5
# 35	2.27E-05	8.70E-03	±	3.46E-04	1.45E-04	±	5.72E-03	5.70E-04	±	1.05E-03	97.34	94.09	±	0.6791	421.3	±	2.7
# 36	2.08E-05	1.31E-02	±	4.84E-04	-1.31E-03	±	6.67E-03	-7.73E-04	±	8.51E-04	95.9	90.25	±	0.5255	406	±	2.1
# 37	2.25E-05	2.18E-03	±	3.51E-04	5.59E-04	±	5.86E-03	-1.73E-03	±	6.92E-04	99.33	96.01	±	0.7994	429	±	3.2
# 38	2.02E-05	3.69E-03	±	3.94E-04	1.38E-03	±	6.52E-03	3.25E-04	±	6.89E-04	98.93	101.2	±	0.5679	449.7	±	2.2
# 39	2.21E-05	9.46E-04	±	3.18E-04	-1.75E-03	±	5.83E-03	-5.32E-04	±	8.92E-04	99.71	95.53	±	0.6452	427.1	±	2.6
# 40	2.16E-05	1.71E-03	±	3.43E-04	2.38E-03	±	6.40E-03	-1.08E-03	±	6.79E-04	99.48	97.06	±	0.6235	433.2	±	2.5
# 41	1.92E-05	1.82E-02	±	6.45E-04	-3.10E-03	±	6.78E-03	5.57E-04	±	1.07E-03	94.45	91.65	±	1.088	411.6	±	4.4
# 42	2.11E-05	2.74E-02	±	7.07E-04	4.55E-03	±	6.65E-03	-1.02E-03	±	5.61E-04	91.83	90.86	±	0.6047	408.4	±	2.4
# 43	2.13E-05	3.81E-02	±	6.82E-04	-1.20E-03	±	6.07E-03	-1.95E-03	±	8.77E-04	89.15	92.53	±	0.3843	415.1	±	1.5
# 44	2.02E-05	9.14E-03	±	4.55E-04	1.47E-03	±	6.71E-03	-1.49E-03	±	1.17E-03	97.02	87.82	±	0.84	396.2	±	3.4
# 45	2.05E-05	1.70E-02	±	6.83E-04	-3.40E-03	±	6.28E-03	-9.17E-04	±	8.45E-04	94.87	93.06	±	0.6593	417.2	±	2.6
# 46	2.12E-05	3.40E-02	±	7.49E-04	-2.68E-03	±	5.87E-03	2.29E-04	±	9.50E-04	89.28	83.74	±	0.7664	379.5	±	3.1
# 47	1.33E-05	4.65E-02	±	1.17E-03	-8.30E-03	±	9.11E-03	-1.73E-03	±	6.96E-04	84.58	75.4	±	0.8228	345.1	±	3.4
# 48	1.84E-06	9.44E-01	±	3.42E-02	7.20E-02	±	8.00E-02	-5.77E-03	±	1.04E-02	22.11	79.14	±	4.69	360.6	±	19.4
# 49	2.14E-05	3.63E-02	±	4.80E-04	-4.54E-03	±	5.79E-03	-9.34E-04	±	1.02E-03	88.65	83.72	±	0.4786	379.5	±	2.0
# 50	2.03E-05	2.61E-02	±	6.11E-04	-5.74E-03	±	6.45E-03	-9.24E-04	±	8.18E-04	92.15	90.55	±	0.7688	407.2	±	3.1
# 51	2.00E-05	7.79E-02	±	1.15E-03	-1.92E-03	±	6.47E-03	-2.53E-03	±	9.61E-04	78.59	84.51	±	0.6329	382.7	±	2.6
# 52	2.25E-05	4.00E-02	±	6.88E-04	-4.89E-03	±	5.48E-03	-1.41E-03	±	8.81E-04	88.37	89.82	±	0.5344	404.2	±	2.2
# 53	1.74E-05	6.17E-02	±	8.16E-04	9.69E-04	±	7.34E-03	-4.66E-03	±	1.17E-03	80.17	73.76	±	0.5686	338.3	±	2.4
# 54	2.19E-05	3.23E-02	±	9.66E-04	-1.06E-03	±	5.89E-03	5.43E-04	±	1.55E-03	89.52	81.54	±	0.8759	370.5	±	3.6
# 55	2.04E-05	2.52E-02	±	5.85E-04	-4.42E-03	±	6.44E-03	1.40E-03	±	1.40E-03	92.47	91.28	±	0.7761	410.1	±	3.1
# 56	2.00E-05	1.74E-02	±	5.12E-04	2.06E-03	±	6.42E-03	1.04E-03	±	1.24E-03	94.8	94.03	±	0.8351	421.1	±	3.3

# 57	1.04E-05	2.73E-01	±	3.61E-03	1.46E-02	±	1.43E-02	4.20E-03	±	2.68E-03	54.65	97.19	±	1.253	433.7	±	5.0
# 58	2.26E-05	3.39E-02	±	9.72E-04	1.61E-03	±	5.73E-03	2.59E-03	±	1.15E-03	89.76	87.89	±	0.5391	396.4	±	2.2
# 59	2.08E-05	1.79E-02	±	6.51E-04	-3.46E-03	±	6.15E-03	-1.09E-04	±	7.98E-04	94.65	93.83	±	0.7813	420.3	±	3.1
# 60	2.13E-05	4.39E-02	±	8.47E-04	-8.82E-05	±	6.21E-03	-2.80E-03	±	1.11E-03	87.66	92.05	±	0.8245	413.2	±	3.3
# 61	2.33E-05	2.78E-02	±	8.18E-04	8.45E-04	±	5.91E-03	-8.22E-04	±	1.12E-03	91.61	89.65	±	0.6287	403.6	±	2.5
# 62	1.69E-05	3.00E-02	±	7.25E-04	4.18E-04	±	7.67E-03	-2.94E-03	±	1.05E-03	91.43	94.5	±	0.9582	423	±	3.8
# 63	1.97E-05	5.55E-02	±	1.00E-03	-2.00E-03	±	6.27E-03	9.94E-04	±	1.04E-03	83.9	85.48	±	0.8711	386.6	±	3.5
# 64	9.73E-06	2.53E-01	±	3.53E-03	1.17E-02	±	1.36E-02	-8.14E-03	±	2.38E-03	47.91	68.64	±	1.002	316.7	±	4.2
# 65	1.81E-05	1.16E-01	±	1.28E-03	5.40E-03	±	7.17E-03	6.82E-05	±	1.24E-03	70.1	80.39	±	0.6075	365.8	±	2.5
# 66	1.85E-05	9.95E-02	±	1.56E-03	-4.76E-04	±	7.14E-03	2.91E-03	±	1.40E-03	72.54	77.7	±	0.5843	354.7	±	2.4
# 67	1.95E-05	3.00E-02	±	7.86E-04	1.87E-03	±	6.27E-03	1.69E-04	±	1.32E-03	91.41	94.31	±	1.052	422.2	±	4.2
# 68	1.91E-05	2.06E-02	±	6.51E-04	3.55E-03	±	6.78E-03	-5.04E-05	±	1.47E-03	93.93	94.26	±	1.084	422	±	4.3
# 69	1.81E-05	2.89E-02	±	6.97E-04	-7.23E-03	±	6.71E-03	-2.50E-03	±	8.40E-04	91.56	92.56	±	1.127	415.2	±	4.5
# 70	1.97E-05	4.01E-02	±	6.76E-04	-1.56E-04	±	6.70E-03	9.92E-04	±	8.83E-04	88.32	89.62	±	0.7207	403.4	±	2.9
# 71	1.81E-05	8.32E-02	±	1.59E-03	-8.89E-03	±	6.68E-03	-1.70E-03	±	1.60E-03	76.8	81.36	±	0.936	369.8	±	3.8
# 72	1.64E-05	9.91E-02	±	1.36E-03	-7.22E-03	±	7.63E-03	-3.89E-03	±	1.74E-03	72.37	76.69	±	0.6923	350.5	±	2.9
# 73	1.74E-05	8.67E-02	±	1.33E-03	-1.63E-03	±	7.50E-03	1.35E-03	±	8.88E-04	76.54	83.59	±	0.8552	378.9	±	3.5
# 74	1.13E-05	1.54E-01	±	3.07E-03	1.98E-02	±	1.45E-02	-3.13E-03	±	2.45E-03	63.39	78.74	±	1.21	359	±	5.0
# 75	1.23E-05	1.02E-01	±	2.08E-03	6.44E-03	±	1.09E-02	-1.20E-03	±	1.73E-03	71.43	75.65	±	0.804	346.2	±	3.3
# 76	1.44E-05	6.17E-02	±	1.12E-03	5.63E-03	±	9.02E-03	6.42E-04	±	1.42E-03	82.46	85.78	±	0.7131	387.9	±	2.9
# 77	1.51E-05	1.12E-01	±	1.54E-03	5.31E-04	±	8.61E-03	-1.34E-03	±	1.82E-03	71.74	83.61	±	0.8697	379	±	3.6
# 78	1.71E-05	6.60E-02	±	9.56E-04	4.42E-03	±	8.95E-03	2.59E-05	±	1.40E-03	81.96	88.51	±	0.7063	399	±	2.9
# 79	1.61E-05	3.82E-02	±	1.27E-03	9.34E-03	±	8.06E-03	-3.70E-03	±	9.62E-04	88.59	87.51	±	1.23	394.9	±	5.0
# 80	1.99E-05	1.13E-01	±	1.22E-03	5.83E-03	±	6.71E-03	1.52E-03	±	1.16E-03	69.45	75.99	±	0.5651	347.6	±	2.4
# 81	1.62E-05	7.09E-02	±	1.38E-03	-1.91E-03	±	8.48E-03	-3.90E-03	±	1.13E-03	78.73	77.55	±	0.6703	354	±	2.8
# 82	1.48E-05	1.19E-01	±	1.41E-03	8.78E-03	±	1.07E-02	1.13E-04	±	1.18E-03	70.65	84.37	±	0.6552	382.1	±	2.7
# 83	1.03E-05	6.11E-02	±	2.10E-03	9.61E-03	±	1.40E-02	-7.47E-04	±	1.24E-03	82.83	87.07	±	1.16	393.1	±	4.7
# 84	1.64E-05	3.68E-02	±	8.18E-04	5.60E-04	±	7.82E-03	6.11E-04	±	1.02E-03	89.2	89.66	±	0.7399	403.6	±	3.0
# 85	1.86E-05	1.45E-02	±	5.15E-04	-7.79E-04	±	6.81E-03	-3.13E-03	±	7.29E-04	95.59	92.8	±	0.634	416.2	±	2.5
# 86	1.88E-05	5.36E-02	±	1.17E-03	-1.48E-03	±	6.80E-03	1.87E-03	±	1.13E-03	83.16	78.19	±	0.861	356.7	±	3.6

# 87	2.04E-05	2.54E-02	±	6.21E-04	-5.03E-03	±	6.58E-03	7.87E-04	±	9.78E-04	92.2	88.76	±	0.6027	400	±	2.4
# 88	2.19E-05	1.61E-02	±	5.79E-04	-1.44E-04	±	5.96E-03	-1.64E-03	±	8.10E-04	95.03	91.1	±	0.8716	409.4	±	3.5
# 89	2.04E-05	1.22E-02	±	4.60E-04	2.52E-03	±	5.91E-03	8.84E-04	±	1.21E-03	96.4	96.31	±	0.7937	430.2	±	3.2
# 90	2.18E-05	1.26E-02	±	4.36E-04	-7.73E-03	±	5.45E-03	-1.32E-03	±	7.67E-04	96.18	93.76	±	0.7943	420	±	3.2
# 91	2.00E-05	6.52E-02	±	1.05E-03	7.00E-04	±	6.25E-03	1.77E-03	±	1.16E-03	80.97	81.93	±	0.7063	372.1	±	2.9
# 92	2.01E-05	8.13E-02	±	1.02E-03	4.95E-04	±	6.28E-03	-1.38E-03	±	1.35E-03	72.8	64.32	±	0.3948	298.4	±	1.7
# 93	2.06E-05	5.92E-02	±	7.48E-04	-1.60E-03	±	5.90E-03	-1.74E-03	±	1.40E-03	83.49	88.4	±	0.5978	398.5	±	2.4
# 94	2.00E-05	6.98E-02	±	1.33E-03	3.87E-04	±	6.57E-03	-2.03E-03	±	1.42E-03	76.37	66.61	±	0.7871	308.1	±	3.3
# 95	2.13E-05	2.47E-02	±	5.31E-04	-4.32E-03	±	6.11E-03	-1.44E-03	±	1.06E-03	92.66	92.3	±	0.6539	414.2	±	2.6
# 96	2.00E-05	2.28E-02	±	5.30E-04	-1.50E-03	±	6.22E-03	8.39E-04	±	1.29E-03	93.27	93.17	±	0.6493	417.7	±	2.6
# 97	1.87E-05	2.16E-02	±	5.65E-04	-3.12E-03	±	6.87E-03	-2.56E-03	±	1.05E-03	93.61	93.24	±	0.7062	418	±	2.8
# 98	2.06E-05	1.48E-02	±	6.88E-04	-4.81E-03	±	6.23E-03	-1.57E-03	±	6.80E-04	95.52	93.47	±	0.5053	418.9	±	2.0
# 99	2.15E-05	5.54E-02	±	7.60E-04	-1.49E-03	±	5.78E-03	-1.80E-03	±	1.04E-03	85.08	93.3	±	0.539	418.2	±	2.2
# 100	2.13E-05	1.97E-02	±	5.75E-04	-1.81E-03	±	6.28E-03	-1.43E-03	±	9.32E-04	94.14	93.65	±	0.9434	419.6	±	3.8
# 101	1.86E-05	5.82E-02	±	9.24E-04	-6.06E-03	±	6.74E-03	9.26E-04	±	1.21E-03	83.87	89.39	±	0.7233	402.5	±	2.9
# 102	7.20E-06	1.39E-01	±	3.41E-03	1.32E-02	±	1.91E-02	-1.81E-03	±	2.05E-03	69.46	93.61	±	1.872	419.4	±	7.5
# 103	1.15E-05	3.94E-02	±	1.17E-03	-1.51E-02	±	1.06E-02	1.24E-03	±	1.26E-03	87.13	78.81	±	1.038	359.3	±	4.3
# 104	1.86E-05	1.73E-02	±	6.24E-04	3.79E-03	±	7.23E-03	1.74E-03	±	8.93E-04	94.52	88.28	±	0.676	398	±	2.7
# 105	1.81E-05	1.63E-02	±	4.71E-04	-4.70E-04	±	7.07E-03	-6.14E-04	±	9.14E-04	95.2	95.5	±	0.8147	427	±	3.2
# 106	1.90E-05	2.59E-02	±	7.85E-04	-1.08E-03	±	6.80E-03	4.54E-04	±	7.45E-04	92.24	90.89	±	0.8319	408.5	±	3.3
# 107	1.78E-05	4.39E-02	±	8.46E-04	9.58E-03	±	7.93E-03	1.20E-03	±	1.10E-03	87.47	90.54	±	0.5682	407.1	±	2.3
# 108	1.94E-05	2.71E-02	±	7.74E-04	2.52E-03	±	7.48E-03	-1.74E-03	±	1.23E-03	92.09	93.44	±	0.9062	418.8	±	3.6
# 109	1.84E-05	1.57E-02	±	6.33E-04	3.75E-03	±	7.53E-03	-3.14E-04	±	7.97E-04	95.36	95.25	±	0.7305	426	±	2.9
# 110	1.76E-05	2.80E-02	±	8.12E-04	-6.89E-04	±	8.40E-03	-8.41E-04	±	7.91E-04	91.97	94.69	±	0.4843	423.8	±	1.9
# 111	1.67E-05	2.92E-02	±	8.66E-04	-7.88E-03	±	7.48E-03	5.63E-04	±	7.90E-04	91.21	89.69	±	0.8663	403.7	±	3.5
# 112	1.64E-05	2.40E-02	±	6.48E-04	-1.99E-03	±	8.30E-03	-1.46E-03	±	1.12E-03	93	94.04	±	1.058	421.2	±	4.2
# 113	1.51E-05	3.12E-02	±	8.22E-04	-8.75E-03	±	8.14E-03	-1.95E-03	±	1.30E-03	90.76	90.66	±	0.9796	407.6	±	3.9
# 114	1.71E-05	4.64E-02	±	9.20E-04	3.25E-03	±	7.58E-03	4.34E-04	±	9.40E-04	86.59	88.54	±	0.9467	399.1	±	3.8
# 115	1.27E-05	9.65E-02	±	1.63E-03	5.18E-03	±	1.12E-02	-2.56E-03	±	1.74E-03	74.21	82.01	±	0.8579	372.4	±	3.5
# 116	1.54E-05	7.73E-02	±	1.18E-03	5.37E-04	±	8.47E-03	-2.47E-03	±	1.67E-03	77.48	78.61	±	0.5997	358.5	±	2.5

# 117	1.69E-05	2.87E-02	±	7.50E-04	-5.22E-03	±	7.33E-03	5.87E-04	±	1.32E-03	91.46	90.83	±	0.6098	408.3	±	2.5
# 118	1.75E-05	4.94E-02	±	7.14E-04	-5.81E-03	±	7.29E-03	6.77E-04	±	1.28E-03	86.05	90.08	±	0.5604	405.3	±	2.3
# 119	1.72E-05	1.88E-02	±	5.76E-04	6.38E-03	±	8.93E-03	9.12E-05	±	1.03E-03	94.49	95.29	±	0.8385	426.1	±	3.3
# 120	1.71E-05	2.51E-02	±	9.92E-04	-1.63E-03	±	7.39E-03	-4.17E-03	±	9.11E-04	92.92	97.38	±	1.103	434.4	±	4.4
# 121	1.48E-05	6.61E-02	±	1.40E-03	1.41E-02	±	1.08E-02	8.51E-04	±	1.52E-03	82.57	92.5	±	0.7304	415	±	2.9
# 122	1.53E-05	7.09E-02	±	1.44E-03	1.76E-03	±	8.94E-03	3.51E-03	±	1.64E-03	80.51	86.57	±	0.9101	391.1	±	3.7
# 123	1.70E-05	6.54E-02	±	1.16E-03	-5.03E-03	±	7.90E-03	2.83E-03	±	1.01E-03	82.81	93.11	±	0.8546	417.4	±	3.4
# 124	1.09E-05	1.22E-01	±	2.25E-03	-5.09E-03	±	1.23E-02	-1.10E-03	±	2.32E-03	70.69	87.18	±	1.065	393.6	±	4.3
# 125	1.64E-05	5.05E-02	±	1.30E-03	1.01E-02	±	8.85E-03	-3.18E-03	±	1.00E-03	85.77	89.95	±	0.7819	404.8	±	3.2
# 126	1.55E-05	2.80E-02	±	6.54E-04	-1.47E-03	±	8.13E-03	-1.41E-03	±	1.27E-03	91.69	91.37	±	0.6986	410.5	±	2.8
# 127	1.25E-05	1.60E-02	±	8.35E-04	-4.98E-03	±	9.91E-03	2.49E-03	±	1.29E-03	95.24	94.62	±	1.13	423.5	±	4.5
# 128	1.49E-05	1.77E-02	±	8.29E-04	1.85E-03	±	8.62E-03	-7.17E-04	±	1.24E-03	94.88	96.68	±	0.7802	431.7	±	3.1
# 129	1.41E-05	1.61E-02	±	8.11E-04	-3.51E-03	±	8.90E-03	-2.32E-03	±	9.31E-04	95.37	97.79	±	0.8353	436.1	±	3.3
# 130	1.16E-05	8.42E-03	±	8.23E-04	2.43E-03	±	1.07E-02	2.24E-04	±	1.07E-03	97.48	96.18	±	0.9471	429.7	±	3.8
# 131	4.01E-06	1.99E-02	±	2.43E-03	-3.27E-03	±	3.15E-02	-5.16E-03	±	1.88E-03	94	91.89	±	1.69	412.6	±	6.8
# 132	4.18E-06	3.64E-02	±	2.40E-03	-2.14E-02	±	2.95E-02	-4.69E-03	±	2.91E-03	89.29	89.7	±	1.621	403.7	±	6.5
# 133	1.06E-05	7.60E-02	±	1.60E-03	-7.67E-03	±	1.18E-02	5.03E-03	±	2.84E-03	79.17	85.33	±	1.102	386	±	4.5
# 134	1.24E-05	6.44E-02	±	1.66E-03	-2.78E-03	±	1.03E-02	-1.96E-03	±	2.08E-03	82.22	87.96	±	0.9946	396.7	±	4.0
# 135	1.31E-05	1.75E-03	±	6.88E-04	2.54E-03	±	9.60E-03	-3.04E-03	±	9.24E-04	99.49	101.2	±	1.414	449.6	±	5.6
# 136	1.27E-05	1.16E-02	±	9.11E-04	-6.16E-04	±	9.92E-03	-1.23E-03	±	1.02E-03	96.5	94.01	±	1.068	421	±	4.3
# 137	1.29E-05	3.93E-03	±	7.08E-04	1.70E-02	±	9.78E-03	-4.71E-03	±	9.06E-04	98.84	98.98	±	0.7476	440.8	±	3.0
# 138	1.43E-05	2.81E-03	±	6.18E-04	-6.52E-03	±	8.56E-03	-3.28E-03	±	9.98E-04	99.16	98.12	±	0.9338	437.4	±	3.7
# 139	1.36E-05	1.50E-03	±	7.01E-04	-1.07E-03	±	9.39E-03	7.96E-04	±	1.02E-03	99.55	98.73	±	1.044	439.8	±	4.1
# 140	1.39E-05	2.07E-02	±	1.03E-03	1.60E-03	±	9.56E-03	-1.43E-03	±	1.31E-03	93.98	95.5	±	0.5618	427	±	2.2
Total	2.44E-03	3.53E-02	±	7.23E-05	-5.74E-04	±	6.35E-04	-7.41E-04	±	9.63E-05	89.67	90.61	±	0.06884	407.4	±	3.7

9.3. Chapitre 6 :

9.3.1. Données chimiques

9.3.1.1. Matériau de départ

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.27	0.00	26.44	52.95	8.34	0.00	0.56	0.04	4.07	0.00	0.00	92.68
#2	0.25	0.00	25.95	51.78	8.66	0.00	0.57	0.10	3.66	0.00	0.00	90.97
#3	0.21	0.01	26.52	51.51	7.53	0.00	0.53	0.08	4.06	0.00	0.00	90.47
#4	0.30	0.00	25.55	52.13	8.59	0.00	0.50	0.14	3.68	0.00	0.03	90.93
#5	0.24	0.04	26.85	52.48	10.10	0.00	0.42	0.06	2.96	0.04	0.01	93.19
#6	0.19	0.00	26.49	52.24	8.06	0.00	0.56	0.08	3.85	0.00	0.00	91.47
#7	0.30	0.01	25.58	53.66	9.04	0.00	0.51	0.00	4.21	0.00	0.01	93.31
#8	0.21	0.00	25.96	52.07	7.95	0.00	0.58	0.00	4.23	0.00	0.00	91.00
#9	0.32	0.00	25.73	52.62	8.68	0.00	0.47	0.09	3.67	0.00	0.00	91.58
#10	0.19	0.00	27.25	51.59	7.97	0.00	0.50	0.19	3.81	0.01	0.01	91.51
#11	0.29	0.02	26.53	52.12	8.89	0.00	0.60	0.08	3.99	0.01	0.02	92.56
#12	0.17	0.00	26.41	51.73	7.89	0.00	0.70	0.13	3.97	0.00	0.01	91.02
#13	0.24	0.00	25.46	53.03	8.68	0.02	0.55	0.03	3.77	0.00	0.04	91.81
#14	0.18	0.00	26.20	51.69	7.79	0.01	0.56	0.14	3.43	0.00	0.03	90.04
#15	0.23	0.01	26.13	53.83	9.26	0.00	0.44	0.08	4.09	0.01	0.00	94.06
#16	0.17	0.02	26.70	53.37	8.15	0.00	0.48	0.00	4.05	0.02	0.00	92.95
#17	0.23	0.00	26.60	53.76	8.91	0.00	0.52	0.00	3.61	0.00	0.02	93.65
#18	0.23	0.01	27.32	51.80	7.93	0.00	0.44	0.07	3.63	0.00	0.00	91.43
#19	0.24	0.01	25.64	53.28	8.80	0.00	0.44	0.11	3.57	0.01	0.00	92.10
#20	0.18	0.00	26.64	51.92	7.34	0.00	0.52	0.14	3.82	0.00	0.00	90.57
#21	0.13	0.02	25.94	53.66	8.95	0.00	0.60	0.10	4.75	0.00	0.03	94.18
#22	0.24	0.00	27.13	51.61	9.05	0.00	0.52	0.01	3.64	0.00	0.02	92.22
#23	0.16	0.02	27.66	52.61	8.11	0.00	0.36	0.07	3.83	0.00	0.02	92.85
#24	0.32	0.03	29.44	51.32	8.70	0.00	0.30	0.02	2.64	0.02	0.00	92.80
#25	0.29	0.03	28.98	49.53	8.39	0.00	0.47	0.00	2.81	0.00	0.02	90.52
#26	0.24	0.01	26.62	51.90	9.43	0.00	0.30	0.05	3.86	0.03	0.03	92.47
#27	0.19	0.00	26.87	52.54	8.52	0.00	0.38	0.05	4.18	0.00	0.00	92.72
#28	0.31	0.03	26.87	51.71	9.52	0.00	0.49	0.00	3.48	0.00	0.00	92.40
#29	0.19	0.00	25.80	52.17	8.58	0.00	0.46	0.02	4.43	0.01	0.08	91.75
#30	0.19	0.00	25.84	54.37	8.80	0.00	0.66	0.00	4.67	0.00	0.00	94.54
#31	0.26	0.00	25.65	50.92	9.80	0.00	0.38	0.03	4.05	0.00	0.00	91.09
#32	0.21	0.03	26.35	51.53	8.46	0.00	0.46	0.07	4.14	0.00	0.03	91.27
#33	0.24	0.01	26.53	52.22	9.33	0.00	0.66	0.09	4.07	0.00	0.03	93.18
#34	0.22	0.00	26.23	52.15	8.25	0.00	0.55	0.07	4.37	0.01	0.00	91.85
#35	0.33	0.00	24.96	52.89	8.80	0.00	0.62	0.12	3.99	0.00	0.01	91.72
#36	0.19	0.00	25.65	51.90	7.46	0.00	0.68	0.04	4.09	0.00	0.04	90.06
#37	0.28	0.00	25.20	52.97	8.56	0.00	0.67	0.04	4.12	0.00	0.00	91.84
#38	0.26	0.02	25.26	53.02	8.38	0.00	0.67	0.16	3.88	0.00	0.02	91.67
#39	0.25	0.01	25.36	52.41	8.51	0.00	0.56	0.06	3.92	0.00	0.00	91.09
#40	0.25	0.00	24.94	51.40	8.57	0.00	0.62	0.11	4.17	0.01	0.01	90.08
#41	0.30	0.02	24.67	52.42	8.51	0.01	0.67	0.03	4.07	0.01	0.08	90.80
#42	0.34	0.01	24.77	53.00	8.61	0.00	0.84	0.16	4.03	0.00	0.04	91.80
#43	0.32	0.00	24.09	53.06	8.76	0.00	0.78	0.17	4.28	0.00	0.03	91.48
#44	0.36	0.01	25.42	52.07	8.81	0.00	0.48	0.11	3.74	0.00	0.00	90.99
#45	0.37	0.01	26.81	52.06	9.10	0.00	0.64	0.04	3.24	0.00	0.02	92.29
#46	0.29	0.00	27.40	51.22	7.97	0.00	0.46	0.13	3.35	0.00	0.02	90.85
#47	0.37	0.01	27.34	51.98	8.80	0.00	0.50	0.04	3.24	0.00	0.00	92.28
#48	0.32	0.00	25.62	51.45	8.80	0.00	0.84	0.12	3.63	0.00	0.00	90.78
#49	0.32	0.00	25.21	51.66	8.69	0.00	0.63	0.04	3.71	0.00	0.03	90.29
#50	0.25	0.04	24.50	51.94	8.62	0.00	0.60	0.13	3.92	0.00	0.05	90.05
#51	0.29	0.00	24.95	52.22	8.76	0.00	0.69	0.00	4.18	0.00	0.06	91.16

#52	0.29	0.00	26.29	52.92	9.03	0.00	0.37	0.12	3.82	0.01	0.02	92.87
#53	0.18	0.00	26.40	52.20	7.71	0.00	0.61	0.00	3.99	0.01	0.00	91.11
#54	0.30	0.01	26.11	52.79	8.85	0.00	0.49	0.00	4.19	0.00	0.03	92.78
#55	0.20	0.03	26.75	51.78	7.77	0.00	0.51	0.08	3.84	0.00	0.04	91.00
#56	0.24	0.00	24.86	53.32	8.56	0.00	0.45	0.00	4.26	0.00	0.07	91.77
#57	0.26	0.01	25.05	52.27	8.74	0.00	0.40	0.12	4.13	0.00	0.03	91.00
#58	0.30	0.01	26.16	53.49	8.81	0.00	0.60	0.10	3.96	0.00	0.05	93.49
#59	0.25	0.00	26.58	52.70	7.73	0.00	0.33	0.11	4.18	0.00	0.01	91.88
#60	0.33	0.02	25.58	52.70	8.79	0.05	0.40	0.01	3.91	0.00	0.00	91.79
#61	0.22	0.00	26.19	52.02	7.79	0.00	0.59	0.00	3.97	0.02	0.03	90.83
#62	0.33	0.03	26.65	52.31	8.95	0.00	0.53	0.06	3.90	0.01	0.02	92.77
#63	0.20	0.00	26.15	52.13	7.89	0.00	0.69	0.00	3.86	0.00	0.00	90.93
#64	0.24	0.00	25.20	53.60	8.68	0.00	0.50	0.07	4.16	0.00	0.00	92.46

9.3.1.2. LEP1

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.30	0.01	25.24	52.24	8.49	0.00	0.53	0.01	3.88	0.00	0.05	90.76
#2	0.30	0.01	29.19	50.78	7.85	0.00	0.32	0.05	2.96	0.01	0.02	91.51
#3	0.43	0.00	29.60	50.76	8.95	0.00	0.38	0.11	2.99	0.01	0.01	93.23
#4	0.30	0.00	30.39	49.82	7.94	0.00	0.35	0.00	2.57	0.00	0.00	91.37
#5	0.39	0.03	29.49	50.02	8.87	0.00	0.30	0.07	2.78	0.00	0.02	91.95
#6	0.29	0.02	28.66	51.12	7.95	0.00	0.50	0.06	3.42	0.00	0.03	92.06
#7	0.36	0.04	27.34	52.35	8.61	0.00	0.58	0.04	3.79	0.01	0.00	93.11
#8	0.22	0.00	26.48	52.34	7.79	0.00	0.65	0.18	4.06	0.00	0.02	91.73
#9	0.36	0.00	25.64	53.10	8.84	0.00	0.54	0.11	4.17	0.02	0.02	92.80
#10	0.27	0.02	26.52	51.61	7.87	0.00	0.50	0.00	3.84	0.01	0.00	90.64
#11	0.32	0.00	25.81	52.73	8.64	0.01	0.59	0.04	3.95	0.00	0.01	92.11
#12	0.25	0.00	26.89	51.47	7.51	0.00	0.57	0.00	3.57	0.00	0.00	90.27
#13	0.33	0.00	25.67	52.69	8.77	0.00	0.39	0.04	4.07	0.01	0.02	91.99
#14	0.20	0.00	25.32	50.97	7.87	0.07	0.62	0.20	3.99	0.00	0.00	89.24
#15	0.34	0.02	24.47	52.38	9.01	0.01	0.56	0.00	4.07	0.00	0.04	90.90
#16	0.23	0.00	25.54	51.63	7.69	0.00	0.62	0.03	3.99	0.02	0.00	89.75
#17	0.32	0.00	24.75	52.84	8.89	0.00	0.54	0.06	3.82	0.00	0.00	91.25
#18	0.26	0.00	25.29	51.49	7.78	0.00	0.60	0.09	4.01	0.00	0.03	89.55
#19	0.29	0.00	24.53	52.02	8.81	0.00	0.73	0.16	4.02	0.00	0.04	90.59
#20	0.19	0.01	25.17	50.33	7.46	0.00	0.53	0.00	3.87	0.12	0.01	87.69
#21	0.29	0.00	24.57	52.75	8.80	0.00	0.60	0.13	4.18	0.00	0.04	91.36
#22	0.20	0.02	25.57	50.41	7.58	0.00	0.61	0.04	4.00	0.00	0.00	88.42
#23	0.24	0.02	24.46	51.51	8.65	0.00	0.52	0.01	4.02	0.01	0.07	89.50
#24	0.22	0.01	25.11	50.44	7.53	0.00	0.50	0.00	4.14	0.00	0.00	87.93
#25	0.29	0.02	25.25	52.11	8.51	0.00	0.51	0.02	3.94	0.00	0.01	90.65
#26	0.20	0.02	25.41	51.14	7.70	0.00	0.55	0.17	4.11	0.00	0.00	89.30
#27	0.29	0.00	24.85	52.00	8.51	0.00	0.61	0.02	3.83	0.02	0.01	90.13
#28	0.16	0.00	25.55	51.18	7.54	0.00	0.53	0.17	4.09	0.00	0.05	89.26
#29	0.34	0.01	26.38	51.88	8.18	0.00	0.41	0.00	3.73	0.01	0.01	90.95
#30	0.25	0.02	25.81	51.81	7.62	0.00	0.51	0.14	4.11	0.02	0.01	90.27
#31	0.29	0.01	24.69	52.74	8.61	0.00	0.48	0.03	3.95	0.00	0.02	90.84
#32	0.21	0.01	25.80	51.81	7.53	0.00	0.70	0.11	4.13	0.02	0.02	90.36
#33	0.30	0.00	25.26	52.70	8.49	0.00	0.63	0.11	3.99	0.01	0.00	91.48
#34	0.22	0.00	26.29	51.59	7.57	0.00	0.82	0.12	3.99	0.00	0.02	90.62
#35	0.27	0.02	25.13	52.89	8.65	0.00	0.61	0.02	4.00	0.00	0.02	91.61
#36	0.23	0.00	25.89	51.52	7.68	0.00	0.71	0.00	4.22	0.00	0.00	90.24
#37	0.31	0.03	25.28	52.98	8.82	0.00	0.57	0.12	4.26	0.01	0.00	92.38
#38	0.20	0.00	25.72	52.16	7.69	0.00	0.66	0.07	4.14	0.03	0.02	90.69

9.3.1.3. LEP2

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.25	0.00	25.62	54.00	8.40	0.04	0.53	0.01	4.35	0.00	0.01	93.22
#2	0.30	0.02	27.82	51.09	7.69	0.00	0.40	0.01	3.45	0.01	0.01	90.81
#3	0.21	0.00	24.78	52.01	9.21	0.01	0.54	0.04	4.26	0.04	0.03	91.14
#4	0.23	0.00	25.57	51.78	7.88	0.03	0.59	0.07	4.36	0.02	0.00	90.53
#5	0.34	0.02	26.62	52.45	8.09	0.08	0.42	0.01	3.76	0.02	0.00	91.81
#6	0.34	0.01	26.21	52.26	8.58	0.00	0.50	0.16	3.98	0.02	0.01	92.09
#7	0.25	0.00	26.15	51.76	8.16	0.00	0.44	0.06	4.18	0.00	0.02	91.02
#8	0.31	0.01	25.84	52.09	9.38	0.00	0.56	0.00	4.35	0.00	0.00	92.55
#9	0.24	0.02	25.35	50.58	9.60	0.02	0.53	0.04	3.86	0.06	0.00	90.31
#10	0.34	0.07	24.59	51.08	9.49	0.15	0.60	0.03	4.55	0.12	0.01	91.02
#11	0.23	0.00	25.98	52.86	6.99	0.03	0.45	0.03	4.47	0.00	0.05	91.08
#12	0.31	0.00	25.38	52.94	8.68	0.00	0.44	0.16	4.05	0.00	0.00	91.96
#13	0.26	0.00	26.23	51.91	8.18	0.00	0.64	0.11	4.15	0.01	0.00	91.49
#14	0.31	0.01	24.77	53.15	8.97	0.00	0.42	0.05	4.34	0.00	0.01	92.03
#15	0.28	0.01	26.12	52.31	9.38	0.02	0.41	0.10	4.29	0.00	0.02	92.94
#16	0.23	0.01	26.45	51.29	7.50	0.00	0.55	0.10	4.16	0.01	0.01	90.31
#17	0.30	0.01	24.85	52.54	8.98	0.01	0.61	0.00	4.25	0.06	0.04	91.66
#18	0.24	0.02	26.14	51.89	8.43	0.00	0.37	0.00	4.23	0.00	0.00	91.33
#19	0.32	0.00	25.87	51.24	9.47	0.02	0.51	0.15	4.06	0.05	0.01	91.69
#20	0.30	0.00	26.91	50.51	8.49	0.01	0.40	0.00	3.95	0.00	0.00	90.57
#21	0.26	0.03	25.74	52.99	8.13	0.08	0.25	0.06	4.08	0.00	0.01	91.63
#22	0.19	0.02	25.77	52.43	7.87	0.00	0.65	0.00	4.28	0.00	0.02	91.22
#23	0.29	0.00	25.22	53.41	8.83	0.00	0.60	0.09	4.73	0.00	0.04	93.22
#24	0.23	0.01	26.34	51.87	8.15	0.00	0.71	0.02	4.34	0.01	0.04	91.72
#25	0.33	0.00	25.86	53.14	8.72	0.00	0.47	0.10	4.32	0.02	0.04	93.00
#26	0.40	0.04	25.25	50.77	9.31	0.00	0.60	0.02	4.16	0.04	0.03	90.62
#27	0.33	0.00	25.75	52.85	9.01	0.00	0.59	0.03	4.32	0.02	0.05	92.96
#28	0.27	0.02	26.01	51.73	8.06	0.00	0.51	0.19	4.10	0.02	0.01	90.91
#29	0.31	0.02	25.76	52.77	8.92	0.00	0.64	0.00	4.19	0.00	0.04	92.64
#30	0.27	0.01	26.90	51.67	8.42	0.00	0.61	0.03	4.10	0.01	0.00	92.02

9.3.1.4. LEP3

Analyse	Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	K2O	CaO	MnO	FeO	F	Cl	TiO2	Total
#1	0.36	0.01	25.50	52.83	8.42	0.00	0.50	0.00	3.84	0.00	0.06	91.51
#2	0.44	0.04	25.93	51.78	7.96	0.03	0.45	0.07	3.39	0.00	0.00	90.08
#3	0.19	0.00	26.97	51.22	7.94	0.00	0.38	0.02	3.75	0.00	0.02	90.49
#4	0.28	0.03	25.28	53.68	9.11	0.00	0.50	0.07	3.92	0.00	0.02	92.90
#5	0.29	0.00	25.15	53.01	8.77	0.01	0.69	0.09	3.88	0.00	0.05	91.95
#6	0.20	0.00	27.37	51.08	8.11	0.03	0.52	0.11	3.34	0.04	0.01	90.83
#7	0.33	0.02	26.01	51.55	8.94	0.00	0.39	0.10	3.37	0.01	0.03	90.75
#8	0.20	0.00	26.85	51.75	7.71	0.00	0.50	0.01	3.63	0.01	0.01	90.67
#9	0.28	0.02	25.20	51.84	8.96	0.00	0.47	0.00	3.93	0.04	0.01	90.73
#10	0.34	0.00	27.16	52.52	8.47	0.00	0.37	0.00	3.48	0.00	0.00	92.34
#11	0.33	0.01	25.28	53.06	8.23	0.00	0.53	0.05	3.79	0.02	0.02	91.31
#12	0.45	0.00	27.93	49.47	9.63	0.00	0.22	0.00	2.85	0.08	0.00	90.63
#13	0.44	0.04	26.70	50.57	9.15	0.00	0.44	0.12	3.29	0.05	0.00	90.81
#14	0.35	0.03	27.98	50.43	8.23	0.00	0.40	0.02	3.22	0.04	0.00	90.70
#15	0.46	0.00	27.59	52.22	8.33	0.00	0.41	0.00	3.20	0.02	0.00	92.23
#16	0.54	0.05	26.33	50.89	7.91	0.20	0.45	0.07	3.57	0.17	0.00	90.19
#17	0.46	0.01	25.01	51.48	9.10	0.00	0.51	0.08	3.76	0.14	0.00	90.56
#18	0.37	0.00	24.67	52.86	8.45	0.00	0.51	0.00	4.21	0.10	0.05	91.22
#19	0.30	0.00	25.41	51.44	8.46	0.00	0.61	0.00	3.75	0.01	0.02	90.00
#20	0.35	0.00	24.70	51.56	9.88	0.00	0.43	0.14	4.40	0.03	0.04	91.53
#21	0.35	0.01	25.25	52.22	9.17	0.00	0.40	0.00	3.81	0.04	0.02	91.27

#22	0.44	0.01	24.94	50.97	9.64	0.00	0.36	0.03	3.90	0.08	0.00	90.36
#23	0.31	0.00	25.71	51.69	8.28	0.00	0.54	0.01	3.90	0.03	0.01	90.48
#24	0.36	0.00	24.79	52.90	9.32	0.00	0.46	0.06	3.93	0.02	0.01	91.83
#25	0.46	0.01	25.55	52.12	9.35	0.00	0.65	0.19	3.89	0.01	0.05	92.30

9.3.2. Données isotopiques

9.3.2.1. Matériau de départ

Echantillon à plat :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2695E-02 ± .2814E-04																	
# 1	1.00E-05	-1.81E-03	±	1.15E-03	-3.48E-02	±	1.62E-02	-1.84E-04	±	1.28E-03	100.5	116.7	±	1.2	493.2	±	4.4
# 2	1.50E-05	5.14E-04	±	7.57E-04	-1.66E-02	±	1.07E-02	6.29E-04	±	9.46E-04	99.9	115.8	±	1.2	490.2	±	4.4
# 3	1.56E-05	1.35E-03	±	7.37E-04	-1.11E-02	±	1.07E-02	-1.27E-03	±	7.72E-04	99.7	117.2	±	1.3	495.2	±	4.7
# 4	1.62E-05	2.73E-03	±	7.43E-04	-1.09E-02	±	1.03E-02	-1.29E-03	±	7.82E-04	99.3	115.7	±	1.2	489.6	±	4.4
# 5	1.51E-05	1.04E-03	±	7.56E-04	-1.27E-02	±	1.09E-02	9.95E-04	±	1.07E-03	99.7	114.9	±	1.2	486.8	±	4.5
# 6	1.53E-05	3.36E-03	±	7.64E-04	-8.46E-03	±	1.07E-02	-1.08E-03	±	1.09E-03	99.2	118.5	±	0.7	500.0	±	2.5
# 7	1.62E-05	2.49E-02	±	8.84E-04	-5.82E-03	±	1.01E-02	-3.31E-03	±	8.70E-04	93.9	114.1	±	1.0	483.7	±	3.6
# 8	1.64E-05	6.85E-03	±	7.37E-04	-6.34E-03	±	9.80E-03	-1.26E-05	±	1.05E-03	98.3	113.9	±	1.0	483.0	±	3.6
# 9	1.79E-05	4.10E-02	±	9.54E-04	-5.78E-03	±	9.62E-03	1.46E-04	±	8.90E-04	90.6	116.0	±	0.9	490.7	±	3.2
# 10	1.72E-05	3.88E-02	±	1.51E-03	-1.04E-02	±	1.00E-02	-1.53E-03	±	1.11E-03	90.9	114.7	±	1.1	485.8	±	3.9
# 11	1.70E-05	1.76E-03	±	6.84E-04	-5.21E-03	±	9.84E-03	-3.46E-03	±	1.10E-03	99.6	115.5	±	1.0	488.9	±	3.9
# 12	1.62E-05	1.83E-03	±	7.32E-04	-1.42E-02	±	9.91E-03	-1.76E-03	±	1.34E-03	99.5	115.5	±	1.3	488.8	±	4.8
# 13	1.61E-05	1.55E-03	±	6.90E-04	-4.36E-04	±	9.98E-03	-2.00E-03	±	8.74E-04	99.6	113.0	±	1.1	479.7	±	4.2
# 14	1.52E-05	8.97E-04	±	7.77E-04	-8.23E-03	±	1.06E-02	9.47E-04	±	7.58E-04	99.8	116.2	±	1.0	491.5	±	3.7
# 15	1.48E-05	7.85E-04	±	3.46E-04	-2.21E-03	±	1.11E-02	4.77E-04	±	9.62E-04	99.8	116.1	±	1.4	491.0	±	5.2
# 16	1.52E-05	4.92E-04	±	3.32E-04	-1.54E-03	±	1.16E-02	-8.74E-04	±	8.65E-04	99.9	116.0	±	0.8	490.7	±	3.1
# 17	1.55E-05	1.33E-04	±	3.27E-04	-6.90E-03	±	1.07E-02	-3.85E-03	±	9.24E-04	100.0	115.5	±	1.0	488.8	±	3.9
# 18	8.00E-07	-5.69E-02	±	6.31E-03	-7.18E-02	±	2.08E-01	4.40E-03	±	8.65E-03	113.3	143.6	±	9.4	590.2	±	32.9
# 19	5.15E-06	2.46E-04	±	9.10E-04	-2.46E-02	±	3.07E-02	-1.27E-03	±	2.15E-03	99.9	118.2	±	1.9	498.9	±	6.9
# 20	1.02E-05	2.67E-04	±	5.01E-04	-1.11E-02	±	1.57E-02	-3.65E-04	±	1.07E-03	99.9	115.7	±	1.2	489.7	±	4.5
# 21	1.40E-05	1.04E-03	±	3.34E-04	-4.91E-03	±	1.13E-02	-1.27E-03	±	1.42E-03	99.7	113.0	±	0.7	479.6	±	2.6
# 22	1.52E-05	4.45E-04	±	3.74E-04	-4.03E-03	±	1.05E-02	1.40E-03	±	8.66E-04	99.9	115.8	±	1.4	490.2	±	5.3
# 23	1.63E-05	3.62E-04	±	3.56E-04	9.73E-03	±	9.77E-03	-7.73E-04	±	8.54E-04	99.9	113.0	±	0.7	479.8	±	2.6
# 24	1.41E-05	2.07E-03	±	4.00E-04	6.05E-03	±	1.18E-02	-2.37E-05	±	8.36E-04	99.5	118.1	±	0.9	498.5	±	3.4
# 25	2.11E-05	3.31E-03	±	2.18E-04	-3.66E-03	±	7.58E-03	-1.95E-03	±	6.83E-04	99.2	114.3	±	1.3	484.3	±	4.9
# 26	1.49E-05	3.15E-03	±	3.05E-04	-2.00E-03	±	1.16E-02	-9.06E-04	±	7.48E-04	99.2	115.0	±	0.6	487.2	±	2.4
# 27	1.36E-05	3.08E-03	±	4.48E-04	6.73E-03	±	1.22E-02	-2.22E-03	±	7.37E-04	99.2	117.7	±	1.1	497.2	±	3.9

# 28	1.57E-05	5.09E-03	±	3.48E-04	6.88E-03	±	1.04E-02	-1.83E-03	±	7.65E-04	98.7	114.3	±	1.1	484.4	±	4.3
# 29	1.63E-05	9.76E-03	±	5.95E-04	-9.40E-03	±	9.70E-03	-1.40E-03	±	1.22E-03	97.6	117.3	±	0.9	495.5	±	3.3
# 30	1.62E-05	5.72E-02	±	1.53E-03	7.27E-03	±	1.01E-02	-1.03E-03	±	1.68E-03	87.1	114.5	±	1.1	485.1	±	4.2
# 31	1.52E-05	2.03E-01	±	2.71E-03	3.53E-03	±	1.09E-02	-2.97E-03	±	1.59E-03	66.0	116.4	±	1.2	492.4	±	4.5
# 32	1.42E-05	2.53E-03	±	4.19E-04	3.49E-03	±	1.17E-02	7.50E-04	±	1.68E-03	99.3	113.6	±	0.6	481.8	±	2.4
# 33	1.53E-05	6.62E-04	±	3.09E-04	3.35E-03	±	1.05E-02	-2.08E-03	±	8.94E-04	99.8	115.0	±	1.1	487.1	±	4.2
# 34	1.46E-05	3.53E-04	±	4.63E-04	8.19E-04	±	1.16E-02	-2.47E-04	±	8.89E-04	99.9	120.1	±	1.1	505.8	±	3.9
# 35	1.47E-05	8.21E-04	±	4.31E-04	1.48E-02	±	1.25E-02	-7.51E-05	±	1.57E-03	99.8	114.2	±	1.0	483.9	±	3.7
# 36	1.47E-05	1.68E-03	±	4.41E-04	-5.03E-03	±	1.15E-02	-1.24E-03	±	1.15E-03	99.6	118.2	±	1.4	498.7	±	5.2
# 37	1.57E-05	5.80E-01	±	6.37E-03	-1.47E-03	±	1.05E-02	-3.08E-03	±	2.46E-03	40.3	115.7	±	1.4	489.5	±	5.2
# 38	1.56E-05	5.32E-03	±	4.69E-04	7.30E-03	±	1.17E-02	-2.41E-03	±	1.05E-03	98.7	117.0	±	0.5	494.3	±	1.9
# 39	1.56E-05	9.35E-03	±	5.42E-04	7.01E-03	±	1.08E-02	-3.15E-05	±	7.69E-04	97.7	115.4	±	0.6	488.6	±	2.2
# 40	1.53E-05	1.82E-03	±	4.53E-04	7.19E-03	±	1.12E-02	-1.80E-03	±	7.55E-04	99.5	117.0	±	1.2	494.5	±	4.6
# 41	1.51E-05	2.48E-03	±	4.56E-04	6.01E-03	±	1.08E-02	-2.27E-03	±	1.23E-03	99.4	115.9	±	1.0	490.4	±	3.8
# 42	1.47E-05	9.22E-04	±	4.98E-04	-6.07E-03	±	1.09E-02	-2.65E-03	±	7.73E-04	99.8	117.0	±	0.8	494.4	±	3.0
# 43	1.38E-05	-1.93E-04	±	4.70E-04	9.38E-03	±	1.25E-02	-2.90E-03	±	1.08E-03	100.0	115.1	±	1.0	487.5	±	3.6
# 44	8.47E-06	5.74E-04	±	7.68E-04	-5.78E-04	±	1.96E-02	1.43E-03	±	1.26E-03	99.9	116.6	±	1.2	492.9	±	4.5
# 45	1.16E-05	-1.80E-04	±	5.77E-04	-7.70E-03	±	1.37E-02	1.64E-03	±	1.65E-03	100.0	117.5	±	0.7	496.2	±	2.6
# 46	1.29E-05	2.31E-03	±	5.39E-04	1.83E-02	±	1.46E-02	-1.97E-03	±	6.56E-04	99.4	115.1	±	0.6	487.3	±	2.2
# 47	1.14E-05	1.84E-02	±	8.57E-04	-4.75E-03	±	1.43E-02	-5.98E-04	±	1.58E-03	95.6	116.8	±	1.5	493.8	±	5.4
# 48	1.04E-05	5.01E-02	±	1.54E-03	1.74E-02	±	1.59E-02	-1.74E-03	±	1.26E-03	88.8	116.8	±	1.3	493.8	±	5.0
# 49	1.03E-05	1.97E-03	±	6.63E-04	4.29E-04	±	1.52E-02	-1.13E-03	±	9.92E-04	99.5	114.0	±	1.3	483.2	±	4.8
# 50	1.08E-05	2.75E-03	±	6.17E-04	-1.69E-02	±	1.51E-02	-1.57E-03	±	9.78E-04	99.3	115.6	±	1.8	489.4	±	6.5
# 51	1.01E-05	6.25E-04	±	7.11E-04	-2.91E-03	±	1.62E-02	2.31E-03	±	1.18E-03	99.8	117.0	±	1.1	494.5	±	3.9
# 52	9.96E-06	1.78E-02	±	8.39E-04	-8.34E-03	±	1.72E-02	4.30E-04	±	1.66E-03	95.8	119.1	±	1.4	502.4	±	5.3
# 53	1.09E-05	1.10E-03	±	6.03E-04	6.35E-03	±	1.59E-02	-1.21E-04	±	1.44E-03	99.7	113.7	±	1.1	482.1	±	4.0
# 54	1.28E-05	2.74E-03	±	5.15E-04	1.48E-03	±	1.30E-02	-1.06E-03	±	9.42E-04	99.3	117.6	±	1.3	496.8	±	4.9
# 55	1.01E-05	2.32E-03	±	7.11E-04	-2.41E-03	±	1.83E-02	-6.29E-04	±	1.06E-03	99.4	114.4	±	1.5	484.7	±	5.7
# 56	9.93E-06	9.66E-04	±	6.51E-04	1.14E-02	±	1.66E-02	-5.83E-04	±	1.31E-03	99.8	115.8	±	1.1	490.0	±	4.1
# 57	9.09E-06	3.07E-03	±	7.56E-04	-2.53E-03	±	1.80E-02	-9.62E-04	±	1.67E-03	99.2	117.6	±	1.5	496.8	±	5.7
# 58	9.92E-06	1.44E-03	±	6.98E-04	8.30E-03	±	1.83E-02	-1.80E-03	±	9.98E-04	99.6	115.5	±	1.1	488.7	±	4.2
# 59	1.08E-05	1.26E-03	±	6.00E-04	5.59E-03	±	1.58E-02	-6.93E-05	±	1.28E-03	99.7	115.7	±	1.4	489.8	±	5.3
# 60	9.99E-06	4.34E-04	±	6.77E-04	5.54E-03	±	1.83E-02	-3.93E-03	±	1.49E-03	99.9	115.7	±	1.1	489.8	±	4.1
# 61	1.07E-05	1.18E-03	±	6.64E-04	-5.60E-03	±	1.53E-02	-2.00E-03	±	1.27E-03	99.7	115.4	±	1.2	488.6	±	4.3
# 62	1.16E-05	1.16E-03	±	9.75E-04	9.18E-03	±	1.43E-02	-3.11E-03	±	1.02E-03	99.7	109.4	±	0.9	466.0	±	3.5
# 63	1.10E-05	1.14E-03	±	1.00E-03	-1.36E-02	±	1.56E-02	9.84E-04	±	1.16E-03	99.7	110.3	±	0.8	469.4	±	2.9
# 64	1.02E-05	1.15E-03	±	1.11E-03	-5.81E-03	±	1.60E-02	-8.85E-04	±	1.10E-03	99.7	117.3	±	1.2	495.7	±	4.4

# 65	1.09E-05	9.02E-04	±	1.02E-03	1.53E-02	±	1.66E-02	-1.22E-03	±	1.03E-03	99.8	116.3	±	1.5	492.0	±	5.6
# 66	1.12E-05	8.37E-05	±	9.78E-04	6.72E-03	±	1.45E-02	-4.04E-03	±	8.90E-04	100.0	114.1	±	1.6	483.9	±	5.8
# 67	1.03E-05	1.11E-04	±	1.07E-03	-2.66E-02	±	1.50E-02	-9.88E-04	±	1.10E-03	100.0	116.1	±	1.2	491.0	±	4.4
# 68	1.10E-05	5.30E-04	±	1.01E-03	-1.31E-02	±	1.47E-02	-2.03E-03	±	1.58E-03	99.9	116.7	±	1.1	493.3	±	4.2
# 69	1.14E-05	-3.74E-04	±	9.94E-04	4.98E-03	±	1.50E-02	-1.34E-03	±	1.44E-03	100.1	115.7	±	1.3	489.7	±	4.9
# 70	1.08E-05	1.78E-03	±	1.04E-03	-4.46E-03	±	1.50E-02	-3.50E-03	±	1.22E-03	99.5	113.6	±	1.6	481.7	±	5.9
# 71	1.16E-05	1.85E-04	±	9.77E-04	-6.47E-03	±	1.37E-02	2.64E-03	±	1.28E-03	100.0	116.8	±	1.1	493.6	±	4.2
# 72	1.27E-05	5.64E-04	±	9.04E-04	-8.85E-03	±	1.39E-02	1.03E-04	±	8.92E-04	99.9	115.4	±	1.0	488.6	±	3.7
# 73	1.31E-05	6.26E-03	±	8.73E-04	8.02E-03	±	1.35E-02	-3.98E-03	±	1.25E-03	98.4	115.4	±	1.4	488.6	±	5.0
# 74	1.29E-05	5.28E-03	±	9.03E-04	-2.13E-03	±	1.30E-02	-6.27E-04	±	1.59E-03	98.7	117.0	±	1.1	494.4	±	3.9
# 75	1.14E-05	8.27E-05	±	9.69E-04	-1.56E-02	±	1.42E-02	7.55E-05	±	1.26E-03	100.0	114.4	±	0.7	484.9	±	2.6
# 76	1.11E-05	1.09E-03	±	1.00E-03	-1.03E-02	±	1.51E-02	-1.55E-03	±	9.06E-04	99.7	115.6	±	1.4	489.4	±	5.2
# 77	1.05E-05	1.88E-03	±	1.08E-03	-1.45E-02	±	1.54E-02	6.21E-05	±	1.79E-03	99.5	116.3	±	0.9	491.8	±	3.5
# 78	1.16E-05	3.54E-03	±	1.10E-03	-5.16E-03	±	1.47E-02	-3.39E-03	±	1.00E-03	99.1	114.0	±	1.1	483.4	±	4.1
# 79	1.11E-05	4.02E-03	±	1.01E-03	-2.90E-03	±	1.54E-02	-1.44E-03	±	1.22E-03	99.0	116.4	±	0.9	492.1	±	3.2
# 80	1.02E-05	3.13E-02	±	1.34E-03	1.10E-03	±	1.72E-02	-4.50E-04	±	1.33E-03	92.7	117.9	±	1.4	497.7	±	5.1
# 81	1.09E-05	1.39E-03	±	1.05E-03	8.18E-03	±	1.54E-02	3.69E-04	±	1.54E-03	99.7	117.6	±	1.7	496.5	±	6.2
# 82	1.18E-05	2.43E-04	±	9.41E-04	-7.10E-03	±	1.40E-02	1.25E-03	±	1.07E-03	99.9	116.3	±	0.9	491.7	±	3.5
# 83	1.22E-05	6.17E-04	±	9.27E-04	-5.63E-03	±	1.44E-02	-1.09E-04	±	1.13E-03	99.8	117.3	±	0.8	495.6	±	2.9
# 84	1.23E-05	2.79E-04	±	9.05E-04	1.18E-02	±	1.28E-02	-2.84E-03	±	7.53E-04	99.9	114.6	±	1.1	485.6	±	4.2
# 85	1.27E-05	3.88E-04	±	8.92E-04	3.60E-03	±	1.40E-02	-1.11E-03	±	1.10E-03	99.9	113.5	±	1.0	481.5	±	3.7
# 86	2.46E-06	-1.64E-03	±	4.52E-03	-3.84E-02	±	6.66E-02	-1.38E-03	±	3.94E-03	100.4	122.9	±	3.4	516.0	±	12.5
# 87	1.45E-05	4.18E-03	±	8.02E-04	-1.04E-03	±	1.21E-02	-1.51E-03	±	1.11E-03	98.9	114.3	±	0.8	484.6	±	3.1
# 88	1.10E-05	1.02E-03	±	1.04E-03	1.30E-02	±	1.66E-02	-9.30E-04	±	1.06E-03	99.7	115.4	±	1.2	488.7	±	4.5
# 89	1.02E-05	7.24E-04	±	1.12E-03	2.67E-03	±	1.63E-02	-2.28E-03	±	9.74E-04	99.8	116.6	±	0.9	493.2	±	3.2
# 90	1.10E-05	8.92E-04	±	1.10E-03	5.45E-03	±	1.69E-02	6.97E-04	±	1.02E-03	99.8	112.7	±	1.0	478.6	±	3.9
# 91	1.08E-05	2.11E-03	±	1.05E-03	1.15E-02	±	1.67E-02	1.97E-06	±	1.45E-03	99.5	115.4	±	1.9	488.6	±	7.2
# 92	1.15E-05	1.83E-03	±	1.02E-03	-5.69E-03	±	1.42E-02	8.84E-04	±	1.09E-03	99.5	116.3	±	0.7	491.8	±	2.7
# 93	1.15E-05	1.13E-03	±	9.72E-04	7.24E-03	±	1.50E-02	-2.65E-03	±	8.64E-04	99.7	116.7	±	0.8	493.2	±	3.0
# 94	1.07E-05	1.49E-03	±	1.06E-03	1.81E-02	±	1.70E-02	-1.72E-03	±	1.13E-03	99.6	116.5	±	1.1	492.5	±	4.2
# 95	1.13E-05	1.84E-03	±	1.13E-03	1.52E-02	±	1.57E-02	-9.90E-04	±	8.42E-04	99.5	117.4	±	1.0	496.1	±	3.8
# 96	1.27E-05	1.01E-03	±	1.02E-03	1.12E-02	±	1.36E-02	-9.63E-04	±	1.35E-03	99.7	113.8	±	1.0	482.8	±	3.9
# 97	4.18E-06	2.12E-03	±	3.14E-03	-9.51E-03	±	4.25E-02	-7.52E-03	±	2.52E-03	99.5	120.9	±	2.3	508.8	±	8.6
# 98	1.27E-05	5.70E-03	±	1.03E-03	-1.28E-02	±	1.28E-02	-1.43E-03	±	1.01E-03	98.6	115.5	±	1.3	489.1	±	4.7
# 99	1.25E-05	1.90E-03	±	1.04E-03	4.92E-03	±	1.34E-02	-1.98E-03	±	1.30E-03	99.5	115.4	±	0.9	488.5	±	3.3
# 100	1.21E-05	1.46E-03	±	1.06E-03	8.04E-03	±	1.38E-02	-1.21E-03	±	1.05E-03	99.6	117.2	±	1.4	495.3	±	5.2
# 101	1.21E-05	1.32E-03	±	1.04E-03	1.49E-02	±	1.46E-02	9.71E-04	±	1.74E-03	99.7	116.9	±	0.9	494.0	±	3.3

# 102	1.21E-05	9.92E-03	±	1.11E-03	1.12E-02	±	1.36E-02	-5.23E-04	±	1.32E-03	97.6	116.6	±	1.3	493.0	±	4.8
# 103	1.22E-05	4.20E-03	±	6.26E-04	-9.13E-03	±	1.28E-02	5.33E-04	±	9.04E-04	98.9	114.7	±	1.0	485.9	±	3.7
# 104	1.11E-05	1.47E-02	±	7.08E-04	-9.40E-03	±	1.37E-02	-4.07E-03	±	1.02E-03	96.4	116.5	±	1.2	492.8	±	4.4
# 105	1.20E-05	8.95E-04	±	5.37E-04	-1.50E-02	±	1.26E-02	-3.37E-03	±	9.42E-04	99.8	112.0	±	0.9	476.0	±	3.5
# 106	1.01E-05	4.48E-03	±	7.04E-04	1.81E-02	±	1.66E-02	-4.91E-04	±	1.69E-03	98.9	117.1	±	1.9	494.9	±	6.9
# 107	1.03E-05	-1.71E-04	±	6.73E-04	9.53E-03	±	1.68E-02	-7.81E-04	±	8.27E-04	100.0	115.6	±	1.2	489.1	±	4.3
# 108	1.04E-05	3.39E-04	±	6.84E-04	-9.41E-03	±	1.47E-02	-4.15E-04	±	1.59E-03	99.9	114.7	±	1.1	485.9	±	4.0
# 109	9.99E-06	6.36E-04	±	7.07E-04	-1.62E-02	±	1.52E-02	9.52E-05	±	1.67E-03	99.8	112.5	±	0.8	477.9	±	3.2
# 110	9.50E-06	7.00E-04	±	6.54E-04	-1.15E-02	±	1.62E-02	6.20E-04	±	1.37E-03	99.8	112.2	±	1.1	476.7	±	4.1
# 111	8.76E-06	1.28E-03	±	7.39E-04	-1.65E-03	±	1.81E-02	1.22E-05	±	1.90E-03	99.7	119.6	±	1.9	504.1	±	6.8
# 112	1.03E-05	1.31E-03	±	6.42E-04	1.03E-02	±	1.76E-02	9.49E-04	±	1.19E-03	99.7	112.9	±	1.4	479.3	±	5.3
# 113	9.93E-06	9.13E-04	±	6.81E-04	3.00E-02	±	1.81E-02	-1.94E-04	±	1.23E-03	99.8	113.4	±	1.4	481.0	±	5.1
# 114	9.71E-06	5.04E-03	±	7.23E-04	-8.36E-03	±	1.66E-02	-1.75E-03	±	1.19E-03	98.7	116.5	±	0.8	492.6	±	2.9
# 115	9.91E-06	1.65E-03	±	7.79E-04	4.96E-03	±	1.69E-02	-2.30E-03	±	1.18E-03	99.6	114.0	±	1.4	483.2	±	5.0
# 116	1.03E-05	9.51E-04	±	5.62E-04	-2.49E-03	±	1.49E-02	2.60E-04	±	1.30E-03	99.8	114.6	±	1.3	485.4	±	4.8
# 117	1.00E-05	1.07E-03	±	4.78E-04	-7.02E-03	±	1.73E-02	-2.37E-04	±	9.45E-04	99.7	111.9	±	0.9	475.6	±	3.5
# 118	9.90E-06	8.61E-04	±	5.37E-04	-2.04E-02	±	1.62E-02	-1.60E-03	±	1.39E-03	99.8	112.1	±	1.9	476.4	±	6.9
# 119	1.06E-05	1.21E-03	±	5.73E-04	3.02E-03	±	1.72E-02	-1.33E-03	±	1.21E-03	99.7	111.3	±	1.1	473.3	±	4.1
# 120	1.06E-05	1.30E-04	±	5.46E-04	-9.25E-04	±	1.50E-02	-2.06E-03	±	1.29E-03	100.0	113.2	±	1.2	480.4	±	4.6
# 121	1.10E-05	6.28E-04	±	4.83E-04	2.31E-03	±	1.78E-02	-3.60E-03	±	9.94E-04	99.8	114.8	±	1.2	486.5	±	4.3
# 122	1.01E-05	9.33E-04	±	5.80E-04	1.50E-03	±	1.67E-02	1.35E-03	±	1.20E-03	99.8	112.3	±	1.1	476.9	±	4.1
# 123	1.08E-05	3.47E-03	±	4.65E-04	-1.76E-03	±	1.44E-02	-2.10E-03	±	9.40E-04	99.1	114.8	±	1.1	486.2	±	4.1
# 124	1.11E-05	6.64E-04	±	5.09E-04	-1.04E-02	±	1.47E-02	-3.64E-04	±	9.27E-04	99.8	115.1	±	1.3	487.3	±	4.8
# 125	1.16E-05	1.10E-03	±	4.27E-04	1.17E-03	±	1.31E-02	-1.66E-03	±	1.06E-03	99.7	116.4	±	1.2	492.4	±	4.3
# 126	1.12E-05	3.09E-03	±	4.45E-04	-1.70E-03	±	1.45E-02	1.14E-03	±	1.45E-03	99.2	114.2	±	0.9	483.9	±	3.4
# 127	1.17E-05	1.05E-02	±	5.13E-04	9.30E-03	±	1.66E-02	-1.76E-03	±	1.53E-03	97.4	116.2	±	1.3	491.7	±	4.8
# 128	1.21E-05	3.49E-02	±	1.10E-03	-4.83E-03	±	1.34E-02	-4.16E-03	±	1.02E-03	91.7	113.6	±	1.1	481.7	±	3.9
# 129	1.16E-05	2.93E-03	±	4.70E-04	-2.27E-03	±	1.38E-02	-2.72E-03	±	1.15E-03	99.2	113.4	±	1.0	481.0	±	3.7
# 130	1.08E-05	2.70E-03	±	5.42E-04	-6.75E-03	±	1.41E-02	1.31E-04	±	1.25E-03	99.3	113.4	±	0.8	481.2	±	2.9
# 131	9.93E-06	6.13E-04	±	4.91E-04	-9.38E-03	±	1.69E-02	-3.21E-03	±	1.19E-03	99.9	117.2	±	0.8	495.4	±	2.9
# 132	9.86E-06	9.20E-04	±	5.49E-04	1.24E-02	±	2.09E-02	-1.19E-03	±	1.00E-03	99.8	112.8	±	1.1	478.9	±	4.1
# 133	9.23E-06	1.22E-03	±	5.67E-04	-1.37E-02	±	1.69E-02	-2.39E-03	±	1.68E-03	99.7	116.3	±	1.1	491.9	±	3.9
# 134	9.29E-06	1.40E-03	±	5.54E-04	-6.82E-03	±	1.70E-02	-1.27E-03	±	1.38E-03	99.7	116.0	±	1.3	490.9	±	4.9
# 135	9.93E-06	1.75E-03	±	5.39E-04	-2.20E-02	±	1.53E-02	-2.12E-03	±	1.23E-03	99.5	109.3	±	1.0	465.8	±	3.8
# 136	9.22E-06	1.79E-03	±	6.33E-04	1.85E-03	±	1.77E-02	-2.94E-03	±	1.10E-03	99.5	115.5	±	1.3	489.0	±	4.8
# 137	9.26E-06	1.57E-03	±	5.59E-04	-1.89E-02	±	1.64E-02	-3.29E-03	±	1.29E-03	99.6	113.8	±	1.4	482.5	±	5.2
# 138	9.64E-06	2.82E-03	±	5.67E-04	-9.32E-04	±	1.65E-02	-3.28E-04	±	1.25E-03	99.2	108.9	±	1.2	464.3	±	4.5

# 139	8.79E-06	3.24E-03	±	6.67E-04	1.60E-02	±	1.91E-02	2.49E-03	±	1.78E-03	99.2	112.9	±	1.6	479.2	±	6.1
# 140	8.94E-06	1.56E-03	±	5.94E-04	-1.22E-02	±	1.80E-02	-4.15E-03	±	1.17E-03	99.6	116.6	±	1.1	492.9	±	3.9
# 141	1.03E-05	4.56E-03	±	6.21E-04	-1.62E-03	±	1.47E-02	-1.91E-03	±	1.73E-03	98.8	112.6	±	1.4	478.1	±	5.0
# 142	9.41E-06	6.48E-03	±	6.32E-04	-6.85E-03	±	1.77E-02	-2.81E-04	±	1.13E-03	98.4	115.7	±	1.2	489.5	±	4.3
# 143	9.73E-06	9.99E-04	±	5.66E-04	3.43E-03	±	1.64E-02	1.35E-04	±	1.49E-03	99.7	114.7	±	1.3	485.9	±	4.9
# 144	9.88E-06	7.11E-03	±	6.17E-04	-4.99E-03	±	1.62E-02	-1.32E-03	±	1.57E-03	98.2	115.9	±	1.5	490.4	±	5.4
# 145	9.66E-06	4.32E-03	±	5.79E-04	-5.03E-03	±	1.70E-02	-7.62E-04	±	1.36E-03	98.9	112.9	±	1.3	479.2	±	4.8
# 146	9.56E-06	6.74E-03	±	5.50E-04	-1.42E-02	±	1.60E-02	-1.80E-03	±	1.88E-03	98.3	114.7	±	1.1	485.9	±	4.0
# 147	9.76E-06	2.17E-03	±	5.55E-04	-2.61E-02	±	1.61E-02	-3.01E-05	±	1.22E-03	99.4	111.2	±	1.3	472.8	±	5.0
# 148	9.04E-06	-7.21E-04	±	9.41E-04	-9.64E-03	±	1.72E-02	-2.39E-03	±	1.35E-03	100.2	114.2	±	1.6	484.1	±	5.9
# 149	8.85E-06	5.12E-04	±	9.24E-04	-4.41E-03	±	1.80E-02	-1.38E-03	±	1.40E-03	99.9	111.3	±	1.5	473.1	±	5.7
# 150	9.21E-06	5.15E-04	±	8.82E-04	-1.94E-02	±	1.66E-02	2.14E-03	±	2.03E-03	99.9	111.2	±	1.5	472.9	±	5.7
# 151	8.21E-06	5.81E-04	±	1.01E-03	-2.69E-02	±	1.87E-02	-1.97E-03	±	1.28E-03	99.9	112.4	±	2.1	477.5	±	7.9
# 152	8.33E-06	1.62E-03	±	1.00E-03	-9.27E-03	±	1.91E-02	6.18E-04	±	1.50E-03	99.6	114.8	±	2.1	486.4	±	7.7
# 153	7.69E-06	9.72E-04	±	1.03E-03	-9.92E-03	±	1.98E-02	1.98E-03	±	1.72E-03	99.7	112.2	±	1.8	476.5	±	6.8
# 154	8.13E-06	2.10E-04	±	1.07E-03	1.19E-02	±	2.28E-02	-4.62E-04	±	1.60E-03	100.0	114.1	±	1.7	483.6	±	6.5
# 155	9.13E-06	5.40E-04	±	9.01E-04	-7.53E-03	±	1.70E-02	-4.89E-03	±	1.09E-03	99.9	113.9	±	1.4	482.8	±	5.3
# 156	8.97E-06	1.57E-03	±	8.90E-04	5.91E-03	±	1.79E-02	-5.57E-04	±	1.24E-03	99.6	114.3	±	0.9	484.3	±	3.4
# 157	9.88E-06	1.74E-03	±	8.11E-04	-1.56E-02	±	1.61E-02	-3.92E-03	±	1.50E-03	99.5	110.8	±	1.4	471.4	±	5.1
# 158	7.97E-06	6.59E-04	±	1.15E-03	-1.33E-02	±	1.94E-02	-3.58E-03	±	1.14E-03	99.8	114.0	±	1.9	483.5	±	6.9
# 159	8.81E-06	2.01E-03	±	9.50E-04	-2.27E-03	±	1.78E-02	-1.57E-03	±	1.28E-03	99.5	110.8	±	1.6	471.5	±	6.1
# 160	8.22E-06	7.92E-04	±	9.66E-04	-7.37E-03	±	1.89E-02	3.42E-04	±	1.67E-03	99.8	115.1	±	1.1	487.4	±	4.0
# 161	8.56E-06	1.59E-03	±	9.93E-04	-1.40E-02	±	1.85E-02	-2.74E-03	±	1.30E-03	99.6	112.8	±	1.5	479.0	±	5.5
# 162	7.62E-06	4.66E-03	±	1.11E-03	-4.96E-04	±	2.12E-02	-4.24E-04	±	1.76E-03	98.8	114.8	±	1.7	486.5	±	6.3
# 163	1.68E-05	2.04E-03	±	5.25E-04	-4.87E-03	±	9.67E-03	-1.10E-03	±	1.28E-03	99.5	113.6	±	1.0	482.0	±	3.6
# 164	1.48E-05	1.46E-03	±	5.89E-04	2.45E-03	±	1.11E-02	-1.10E-03	±	1.38E-03	99.6	112.3	±	1.0	476.8	±	3.8
# 165	1.49E-05	1.57E-03	±	5.49E-04	-1.37E-03	±	1.02E-02	-9.38E-04	±	1.02E-03	99.6	112.9	±	0.6	479.4	±	2.2
# 166	1.52E-05	9.50E-04	±	5.59E-04	-1.23E-02	±	1.02E-02	-1.13E-03	±	9.00E-04	99.8	117.7	±	0.9	496.9	±	3.4
# 167	1.31E-05	1.69E-03	±	6.30E-04	-8.29E-03	±	1.15E-02	-9.51E-04	±	1.23E-03	99.6	117.1	±	1.0	494.9	±	3.9
# 168	1.50E-05	3.72E-04	±	5.27E-04	-8.38E-03	±	1.01E-02	-9.45E-04	±	9.34E-04	99.9	113.4	±	1.2	481.1	±	4.6
# 169	1.58E-05	1.12E-03	±	5.38E-04	-5.84E-03	±	9.52E-03	1.20E-03	±	9.78E-04	99.7	112.5	±	0.8	477.9	±	3.0
# 170	1.46E-05	7.18E-04	±	5.75E-04	-4.01E-03	±	1.10E-02	-1.27E-03	±	9.57E-04	99.8	111.8	±	0.7	475.0	±	2.8
# 171	1.51E-05	2.10E-03	±	5.86E-04	-9.19E-03	±	1.01E-02	-2.32E-03	±	1.01E-03	99.5	114.1	±	1.1	483.5	±	3.9
# 172	1.50E-05	2.81E-01	±	3.88E-03	-5.54E-03	±	1.06E-02	-6.91E-03	±	2.11E-03	57.7	113.0	±	1.4	479.5	±	5.2
# 173	1.53E-05	1.79E-03	±	5.46E-04	1.75E-04	±	1.04E-02	-2.43E-03	±	7.52E-04	99.5	114.1	±	1.4	483.7	±	5.3
# 174	1.55E-05	1.20E-03	±	5.61E-04	-1.65E-02	±	9.39E-03	-1.49E-03	±	1.07E-03	99.7	116.0	±	1.3	490.8	±	5.0
# 175	1.49E-05	3.83E-04	±	5.47E-04	-6.16E-03	±	1.06E-02	-1.65E-03	±	8.46E-04	99.9	113.5	±	1.0	481.3	±	3.8

# 176	1.49E-05	1.25E-03	±	5.91E-04	4.93E-03	±	1.06E-02	1.58E-04	±	1.19E-03	99.7	115.2	±	0.8	487.8	±	2.8
# 177	1.50E-05	3.55E-03	±	5.87E-04	-5.36E-03	±	1.01E-02	-2.02E-03	±	8.72E-04	99.1	115.3	±	0.9	488.2	±	3.5
# 178	1.45E-05	1.11E-02	±	7.54E-04	1.14E-03	±	1.09E-02	7.58E-04	±	8.20E-04	97.2	113.9	±	1.2	482.9	±	4.3
# 179	1.47E-05	8.79E-03	±	7.33E-04	-6.44E-03	±	1.01E-02	-2.63E-05	±	1.40E-03	97.8	116.8	±	0.9	493.6	±	3.2
# 180	1.42E-05	2.20E-03	±	5.47E-04	-2.19E-03	±	1.10E-02	-2.46E-03	±	9.83E-04	99.4	115.8	±	1.1	489.9	±	4.2
# 181	1.40E-05	5.05E-04	±	5.39E-04	4.90E-03	±	1.14E-02	-6.07E-04	±	1.07E-03	99.9	115.1	±	0.8	487.5	±	2.8
# 182	1.38E-05	8.85E-04	±	5.74E-04	-5.35E-03	±	1.22E-02	4.80E-04	±	9.81E-04	99.8	113.4	±	0.6	481.2	±	2.3
# 185	1.48E-05	9.15E-04	±	5.35E-04	-6.67E-03	±	1.04E-02	8.75E-04	±	1.06E-03	99.8	114.8	±	1.5	486.5	±	5.5
# 186	1.53E-05	1.15E-03	±	5.11E-04	5.63E-04	±	1.02E-02	-2.18E-03	±	5.83E-04	99.7	114.4	±	0.7	484.7	±	2.7
# 187	1.58E-05	5.88E-04	±	4.90E-04	8.05E-03	±	1.10E-02	-4.31E-04	±	7.69E-04	99.9	114.9	±	1.0	486.6	±	3.7
# 188	1.42E-05	-3.57E-06	±	5.27E-04	-2.71E-03	±	1.12E-02	-3.13E-03	±	1.01E-03	100.0	117.7	±	1.2	496.9	±	4.5
# 189	1.60E-05	5.67E-03	±	6.17E-04	-8.80E-03	±	9.69E-03	7.49E-05	±	9.08E-04	98.5	111.6	±	0.5	474.3	±	2.0
# 190	1.49E-05	4.05E-04	±	5.20E-04	-1.15E-02	±	1.05E-02	-2.37E-03	±	1.04E-03	99.9	115.7	±	1.3	489.7	±	4.7
# 191	1.53E-05	5.71E-04	±	5.13E-04	-3.79E-03	±	1.01E-02	-4.30E-04	±	8.35E-04	99.9	115.0	±	0.8	487.0	±	3.1
# 192	1.56E-05	6.03E-04	±	5.16E-04	7.30E-03	±	9.93E-03	4.73E-05	±	9.09E-04	99.8	114.8	±	0.8	486.5	±	2.8
# 193	1.41E-05	1.13E-03	±	5.65E-04	-6.05E-03	±	1.07E-02	1.16E-03	±	1.36E-03	99.7	113.8	±	1.2	482.5	±	4.3
# 194	8.33E-06	1.15E-03	±	9.11E-04	1.49E-02	±	1.83E-02	-9.25E-04	±	1.57E-03	99.7	113.0	±	0.9	479.7	±	3.5
# 195	1.12E-05	7.75E-03	±	7.31E-04	-3.29E-03	±	1.35E-02	-7.05E-05	±	1.16E-03	98.0	113.5	±	1.3	481.4	±	4.8
# 196	7.15E-06	2.28E-03	±	1.13E-03	1.67E-04	±	2.22E-02	-1.84E-04	±	2.25E-03	99.4	111.2	±	1.0	472.8	±	3.8
# 197	1.48E-05	6.73E-04	±	5.23E-04	-1.12E-04	±	1.09E-02	6.19E-04	±	8.76E-04	99.8	117.2	±	0.8	495.3	±	2.9
# 198	1.40E-05	4.26E-03	±	5.82E-04	-1.16E-02	±	1.14E-02	2.86E-03	±	1.83E-03	98.9	115.9	±	1.2	490.3	±	4.4
# 199	1.58E-05	1.09E-02	±	6.40E-04	1.24E-02	±	1.13E-02	-2.74E-04	±	7.80E-04	97.3	117.4	±	1.5	496.1	±	5.7
Total	2.37E-03	1.08E-02	±	6.01E-05	-2.28E-03	±	9.73E-04	-1.09E-03	±	8.68E-05	97.3	115.0	±	0.1	487.2	±	4.5

Echantillon sur la tranche :

Benadranon sur la tranche :																	
	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$			$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$			$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$			$\% ^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$			Age (Ma)		
Spot #		$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$				$(\pm 1\sigma)$			$(\pm 1\sigma)$		
J = .2695E-02 $\pm$.2814E-04																	
# 1	2.74E-06	8.16E-03	$\pm$	1.69E-03	7.24E-02	$\pm$	6.03E-02	-6.35E-03	$\pm$	2.53E-03	98.0	115.4	$\pm$	2.5	488.5	$\pm$	9.3
# 2	4.61E-06	5.25E-03	$\pm$	8.97E-04	2.23E-02	$\pm$	3.69E-02	-1.14E-03	$\pm$	2.00E-03	98.6	112.2	$\pm$	2.1	476.7	$\pm$	7.7
# 3	2.96E-06	2.33E-03	$\pm$	1.16E-03	-4.01E-02	$\pm$	4.78E-02	1.19E-03	$\pm$	3.02E-03	99.4	121.8	$\pm$	3.0	512.3	$\pm$	11.2
# 4	2.71E-06	-6.45E-04	$\pm$	1.35E-03	3.31E-02	$\pm$	5.87E-02	-6.33E-03	$\pm$	3.38E-03	100.2	118.5	$\pm$	2.5	500.0	$\pm$	9.1
# 5	3.81E-06	3.58E-03	$\pm$	1.06E-03	-1.19E-02	$\pm$	3.71E-02	-5.90E-04	$\pm$	2.03E-03	99.1	116.7	$\pm$	1.9	493.5	$\pm$	7.0
# 6	1.76E-06	3.07E-03	$\pm$	1.78E-03	2.47E-02	$\pm$	8.03E-02	-3.65E-03	$\pm$	4.05E-03	99.2	114.1	$\pm$	3.8	483.9	$\pm$	14.1

# 7	2.84E-06	6.05E-03	±	1.35E-03	-2.61E-02	±	5.16E-02	-4.53E-03	±	2.58E-03	98.5	119.7	±	3.0	504.4	±	10.9
# 8	6.08E-07	-8.12E-03	±	1.20E-02	-2.25E-01	±	2.38E-01	1.59E-02	±	1.26E-02	101.8	138.4	±	8.9	572.0	±	31.6
# 9	3.11E-06	1.37E-03	±	2.40E-03	-6.21E-03	±	4.65E-02	-2.12E-03	±	3.66E-03	99.7	114.4	±	2.4	484.6	±	8.8
# 10	4.37E-06	7.93E-04	±	1.72E-03	-2.49E-02	±	3.24E-02	-1.69E-03	±	1.95E-03	99.8	119.5	±	1.9	503.6	±	7.1
# 11	4.85E-06	4.48E-03	±	1.64E-03	-2.92E-02	±	3.01E-02	-7.12E-03	±	1.55E-03	98.8	113.1	±	1.4	479.9	±	5.1
# 12	4.53E-06	6.21E-03	±	1.74E-03	-1.06E-02	±	3.40E-02	-3.91E-04	±	2.01E-03	98.5	121.0	±	1.2	509.1	±	4.4
# 13	3.47E-06	5.46E-03	±	2.19E-03	1.11E-02	±	4.70E-02	-5.92E-03	±	1.94E-03	98.6	112.9	±	1.5	479.2	±	5.4
# 14	3.38E-06	6.22E-03	±	2.40E-03	-2.76E-02	±	4.21E-02	-2.26E-03	±	2.36E-03	98.5	119.4	±	2.5	503.3	±	9.1
# 15	3.67E-06	5.66E-03	±	2.44E-03	-3.93E-02	±	4.00E-02	-3.52E-03	±	2.44E-03	98.6	118.3	±	3.0	499.4	±	10.9
# 16	2.95E-06	5.34E-03	±	2.81E-03	-4.77E-02	±	4.73E-02	-4.93E-03	±	2.51E-03	98.7	116.2	±	2.3	491.4	±	8.6
# 17	3.74E-06	1.95E-03	±	2.15E-03	3.03E-02	±	4.37E-02	-3.60E-03	±	1.82E-03	99.5	116.0	±	1.7	490.9	±	6.2
# 18	3.64E-06	4.18E-03	±	2.13E-03	-8.55E-03	±	4.33E-02	-2.59E-03	±	2.53E-03	98.9	115.2	±	2.1	487.7	±	8.0
# 19	3.68E-06	5.40E-03	±	2.02E-03	-3.16E-02	±	4.61E-02	-3.61E-04	±	3.19E-03	98.6	111.2	±	1.9	472.8	±	7.2
# 20	3.40E-06	6.11E-03	±	2.21E-03	-1.72E-02	±	4.38E-02	-1.12E-03	±	2.28E-03	98.4	111.7	±	2.5	474.7	±	9.4
# 21	2.58E-06	2.91E-03	±	2.93E-03	2.40E-02	±	6.58E-02	-1.29E-03	±	3.04E-03	99.3	116.4	±	2.2	492.4	±	8.3
# 22	2.76E-06	3.00E-03	±	2.72E-03	4.73E-02	±	5.41E-02	-1.72E-03	±	2.98E-03	99.2	114.1	±	2.7	483.7	±	10.2
# 23	2.33E-06	3.87E-03	±	3.47E-03	-4.31E-03	±	5.95E-02	-3.84E-04	±	3.43E-03	99.0	115.5	±	2.7	489.0	±	10.0
# 24	2.26E-06	3.27E-03	±	3.41E-03	-2.79E-02	±	6.49E-02	-8.46E-04	±	4.13E-03	99.2	119.2	±	3.2	502.6	±	11.8
# 25	2.33E-06	4.24E-03	±	3.27E-03	-5.84E-02	±	6.02E-02	-4.07E-03	±	2.97E-03	98.9	115.9	±	3.6	490.4	±	13.4
# 26	2.57E-06	6.77E-03	±	2.90E-03	-4.50E-03	±	6.23E-02	2.93E-04	±	2.99E-03	98.3	117.3	±	3.0	495.4	±	11.1
# 27	2.58E-06	6.47E-03	±	3.06E-03	-4.96E-02	±	5.69E-02	-8.12E-05	±	2.99E-03	98.4	119.0	±	3.0	501.7	±	11.1
# 28	2.48E-06	4.12E-03	±	3.04E-03	-4.48E-03	±	6.63E-02	-5.22E-03	±	2.91E-03	99.0	117.2	±	2.4	495.3	±	8.8
# 29	2.41E-06	5.08E-03	±	3.13E-03	-4.55E-03	±	6.32E-02	-3.43E-03	±	3.46E-03	98.8	121.9	±	4.3	512.4	±	15.9
# 30	2.71E-06	4.96E-03	±	2.91E-03	-4.57E-02	±	5.05E-02	3.72E-03	±	3.32E-03	98.7	114.3	±	2.6	484.4	±	9.8
# 31	2.22E-06	6.05E-03	±	2.39E-03	3.22E-02	±	7.33E-02	3.61E-03	±	3.08E-03	98.6	122.6	±	2.7	515.0	±	9.7
# 32	2.76E-06	1.22E-02	±	2.41E-03	-1.91E-03	±	5.21E-02	-6.25E-03	±	2.56E-03	96.9	113.1	±	2.7	480.1	±	9.9
# 33	2.10E-06	3.99E-03	±	2.64E-03	-2.43E-02	±	6.72E-02	-6.27E-03	±	3.18E-03	99.0	121.1	±	2.5	509.6	±	9.2
# 34	2.50E-06	2.34E-03	±	2.32E-03	-8.06E-02	±	5.65E-02	-4.30E-03	±	2.94E-03	99.4	121.8	±	2.0	512.3	±	7.4
# 35	2.59E-06	2.65E-03	±	2.34E-03	-6.55E-02	±	5.32E-02	5.12E-03	±	5.25E-03	99.4	118.9	±	2.3	501.6	±	8.6
# 36	1.62E-06	2.14E-02	±	3.86E-03	-3.03E-02	±	9.35E-02	-3.55E-03	±	4.04E-03	94.8	115.5	±	3.3	488.8	±	12.3
# 37	4.76E-07	1.66E-02	±	1.21E-02	2.26E-02	±	3.28E-01	3.72E-03	±	1.43E-02	96.6	139.2	±	10.2	574.8	±	36.0
# 38	2.81E-06	2.02E-03	±	2.26E-03	1.72E-02	±	5.13E-02	-7.80E-04	±	3.15E-03	99.5	111.4	±	3.2	473.5	±	11.8
# 39	2.02E-06	2.70E-03	±	3.15E-03	-4.75E-02	±	7.72E-02	-4.69E-04	±	4.58E-03	99.3	118.0	±	3.4	498.2	±	12.5
# 40	2.28E-06	-7.67E-04	±	2.45E-03	-8.53E-02	±	6.26E-02	-6.39E-03	±	3.19E-03	100.2	117.1	±	4.5	494.9	±	16.6
# 41	2.49E-06	2.21E-03	±	2.25E-03	-3.80E-02	±	5.66E-02	-1.80E-04	±	3.45E-03	99.5	118.1	±	2.8	498.6	±	10.4
# 42	2.29E-06	9.26E-04	±	2.52E-03	-5.74E-02	±	6.22E-02	-6.71E-03	±	2.77E-03	99.8	115.9	±	2.7	490.3	±	10.0

# 43	2.35E-06	7.84E-03	±	2.23E-03	-1.14E-02	±	5.93E-02	-1.09E-02	±	2.70E-03	98.1	118.1	±	2.8	498.7	±	10.5
# 44	2.54E-07	4.89E-02	±	2.22E-02	2.80E-01	±	6.40E-01	6.71E-02	±	3.27E-02	89.6	123.8	±	16.9	519.4	±	61.7
# 45	1.26E-06	1.10E-02	±	4.22E-03	-1.75E-01	±	1.14E-01	-7.90E-03	±	5.27E-03	97.2	114.2	±	4.6	484.2	±	17.2
# 46	2.56E-06	1.17E-02	±	2.17E-03	-7.11E-02	±	5.77E-02	-3.97E-03	±	3.40E-03	97.3	122.4	±	3.1	514.2	±	11.5
# 47	2.56E-06	7.94E-03	±	2.13E-03	-6.87E-02	±	6.02E-02	-2.02E-03	±	3.49E-03	98.0	114.9	±	1.7	486.6	±	6.5
# 48	2.20E-06	1.35E-02	±	2.67E-03	-3.31E-02	±	6.73E-02	-8.55E-03	±	3.02E-03	96.7	116.1	±	3.2	491.0	±	12.0
Total	1.29E-04	4.99E-03	±	3.54E-04	-1.91E-02	±	8.05E-03	-2.50E-03	±	4.40E-04	98.8	116.9	±	0.4	494.0	±	4.7

9.3.2.2. LEP1

Echantillon à plat :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2790E-02 ± .2853E-04																	
# 1	3.66E-05	2.74E-01	±	2.57E-03	5.81E-02	±	4.59E-02	1.24E-03	±	1.28E-03	58.0	112.0	±	1.0	489.0	±	3.8
# 2	1.20E-06	3.71E-01	±	1.96E-02	-1.18E+00	±	1.35E+00	8.85E-03	±	1.12E-02	52.9	123.0	±	6.6	533.0	±	24.7
# 3	1.30E-06	4.63E-01	±	2.48E-02	5.10E-02	±	1.24E+00	-1.04E-02	±	1.46E-02	45.9	116.0	±	6.9	505.0	±	26.1
# 4	2.69E-05	7.16E-01	±	5.51E-03	-4.15E-02	±	6.01E-02	-6.89E-03	±	2.99E-03	34.7	113.0	±	1.3	492.0	±	4.8
# 5	4.30E-06	5.66E-01	±	9.62E-03	4.58E-01	±	3.59E-01	1.60E-03	±	5.29E-03	41.9	121.0	±	2.6	524.0	±	9.6
# 6	3.91E-06	1.25E-01	±	4.46E-03	7.67E-02	±	4.33E-01	-1.19E-02	±	4.23E-03	75.6	114.0	±	2.8	498.0	±	10.6
# 7	4.35E-06	2.47E-01	±	6.48E-03	-7.09E-02	±	4.13E-01	-7.73E-03	±	4.51E-03	61.7	117.0	±	2.7	511.0	±	10.2
# 8	4.61E-06	3.99E-02	±	3.13E-03	-6.47E-01	±	3.37E-01	-4.74E-03	±	3.62E-03	90.6	113.0	±	1.5	495.0	±	5.6
# 9	4.77E-06	2.19E-02	±	2.94E-03	-7.49E-02	±	3.60E-01	-5.01E-03	±	3.17E-03	94.7	115.0	±	2.0	501.0	±	7.6
# 10	5.37E-06	4.06E-02	±	2.54E-03	-3.58E-01	±	2.88E-01	-1.05E-02	±	2.74E-03	90.2	111.0	±	2.0	486.0	±	7.7
# 11	6.64E-06	1.60E-02	±	2.06E-03	1.19E-01	±	2.66E-01	-2.03E-03	±	2.38E-03	96.1	115.0	±	1.6	500.0	±	6.1
# 12	5.77E-06	5.70E-02	±	2.82E-03	-4.32E-02	±	2.67E-01	2.89E-04	±	2.64E-03	87.0	112.0	±	1.3	492.0	±	4.9
# 13	4.33E-06	7.60E-01	±	1.53E-02	-3.34E-01	±	3.39E-01	-1.50E-02	±	6.44E-03	33.9	115.0	±	3.0	502.0	±	11.3
# 14	3.84E-06	1.44E-01	±	4.25E-03	-4.97E-02	±	4.21E-01	-5.14E-03	±	3.18E-03	73.6	118.0	±	2.5	515.0	±	9.5
# 15	3.85E-06	4.18E-01	±	1.07E-02	-2.29E-01	±	3.99E-01	-5.95E-03	±	4.91E-03	48.5	116.0	±	3.2	507.0	±	12.0
# 16	3.64E-06	3.47E-01	±	9.14E-03	8.74E-02	±	4.43E-01	6.50E-03	±	4.16E-03	54.8	124.0	±	3.2	536.0	±	12.0
# 17	3.13E-06	1.48E-01	±	5.20E-03	1.33E-01	±	4.83E-01	-7.69E-04	±	5.27E-03	72.4	115.0	±	2.8	501.0	±	10.5
# 18	3.35E-06	1.95E-01	±	7.61E-03	-5.68E-01	±	4.42E-01	3.85E-03	±	4.78E-03	67.6	120.0	±	3.3	521.0	±	12.3
# 19	3.32E-06	2.91E-01	±	7.19E-03	1.86E-01	±	4.41E-01	-1.73E-02	±	5.27E-03	57.5	116.0	±	2.7	508.0	±	10.1

# 20	3.32E-06	2.91E-01	±	8.52E-03	-4.17E-01	±	4.48E-01	5.62E-03	±	5.37E-03	57.2	115.0	±	3.2	502.0	±	12.1
# 21	3.23E-06	9.81E-01	±	2.11E-02	-4.13E-02	±	4.76E-01	1.62E-02	±	5.73E-03	29.1	119.0	±	3.3	516.0	±	12.6
# 22	3.00E-06	3.47E-01	±	1.08E-02	6.83E-02	±	5.00E-01	-8.67E-03	±	5.17E-03	55.2	126.0	±	3.8	544.0	±	14.3
# 23	4.34E-06	7.44E-01	±	1.47E-02	1.79E-02	±	3.76E-01	-1.25E-02	±	5.14E-03	35.0	118.0	±	3.2	514.0	±	12.0
# 24	4.69E-06	7.04E-02	±	2.94E-03	-2.48E-01	±	3.13E-01	-6.84E-03	±	3.78E-03	84.8	116.0	±	2.2	505.0	±	8.4
# 25	5.03E-06	5.02E-03	±	2.17E-03	1.12E-01	±	2.81E-01	-1.57E-03	±	2.48E-03	98.7	115.0	±	1.6	501.0	±	6.2
# 26	4.99E-06	5.42E-03	±	2.29E-03	3.27E-02	±	3.10E-01	-5.81E-03	±	2.72E-03	98.6	115.0	±	2.7	502.0	±	10.1
# 27	5.09E-06	9.74E-03	±	2.30E-03	-3.52E-01	±	2.75E-01	-6.60E-04	±	2.37E-03	97.5	112.0	±	2.2	489.0	±	8.4
# 28	4.83E-06	4.58E-02	±	2.85E-03	-8.95E-02	±	3.21E-01	4.51E-04	±	2.95E-03	89.5	115.0	±	2.4	503.0	±	9.3
# 29	5.20E-06	2.29E-02	±	2.14E-03	-1.83E-01	±	3.23E-01	-5.69E-03	±	2.23E-03	94.3	113.0	±	3.0	492.0	±	11.5
# 30	4.59E-06	2.54E-02	±	1.66E-03	-3.51E-01	±	3.12E-01	-4.31E-03	±	3.45E-03	93.9	116.0	±	1.5	504.0	±	5.9
# 31	4.77E-06	1.24E-02	±	1.44E-03	-3.01E-02	±	3.37E-01	1.48E-03	±	3.37E-03	96.9	115.0	±	2.0	502.0	±	7.7
# 32	4.74E-06	4.43E-02	±	2.04E-03	-2.86E-01	±	3.17E-01	-9.91E-04	±	2.82E-03	90.0	118.0	±	1.9	512.0	±	7.0
# 33	4.88E-06	4.06E-02	±	2.10E-03	-2.73E-01	±	3.12E-01	-6.11E-05	±	3.00E-03	90.4	113.0	±	2.2	493.0	±	8.3
# 34	4.64E-06	6.50E-02	±	3.15E-03	-2.44E-01	±	3.06E-01	-4.02E-03	±	3.08E-03	85.8	116.0	±	1.8	506.0	±	6.8
# 35	4.97E-06	4.31E-02	±	1.68E-03	1.96E-01	±	3.64E-01	-1.49E-03	±	3.27E-03	89.8	113.0	±	1.6	493.0	±	6.3
# 36	4.81E-06	1.24E-01	±	2.77E-03	-4.63E-01	±	3.07E-01	1.64E-03	±	4.67E-03	76.5	119.0	±	2.1	519.0	±	7.9
# 37	4.87E-06	5.09E-01	±	1.14E-02	-5.43E-01	±	3.10E-01	-4.14E-03	±	4.20E-03	44.5	121.0	±	2.8	523.0	±	10.7
# 38	4.93E-06	2.75E-02	±	1.83E-03	-2.50E-01	±	3.07E-01	-2.45E-03	±	3.81E-03	93.3	113.0	±	2.0	495.0	±	7.7
# 39	5.10E-06	3.75E-02	±	1.83E-03	-1.58E-01	±	2.88E-01	1.71E-04	±	2.59E-03	90.9	111.0	±	1.5	487.0	±	5.6
# 40	4.93E-06	1.82E-02	±	2.41E-03	-4.78E-01	±	3.08E-01	-2.90E-03	±	2.55E-03	95.5	113.0	±	1.8	493.0	±	6.8
# 41	4.58E-06	2.35E-02	±	1.99E-03	-2.26E-01	±	3.19E-01	1.16E-03	±	3.01E-03	94.4	118.0	±	2.7	513.0	±	10.1
# 42	4.91E-06	6.30E-02	±	2.59E-03	-4.78E-01	±	2.93E-01	-9.29E-03	±	2.62E-03	86.0	114.0	±	1.5	499.0	±	5.7
# 43	4.61E-06	4.09E-02	±	2.30E-03	-4.61E-01	±	3.03E-01	-7.72E-03	±	2.97E-03	90.4	113.0	±	2.0	496.0	±	7.6
# 44	4.40E-06	4.19E-03	±	1.84E-03	-4.17E-01	±	3.18E-01	-1.18E-03	±	3.18E-03	98.9	114.0	±	1.8	497.0	±	6.7
# 45	4.70E-06	7.09E-03	±	1.91E-03	-3.87E-01	±	2.97E-01	2.27E-03	±	3.60E-03	98.2	114.0	±	1.9	497.0	±	7.3
# 46	6.95E-06	5.48E-01	±	1.15E-02	-2.74E-02	±	2.29E-01	-7.82E-03	±	4.76E-03	41.2	113.0	±	2.5	495.0	±	9.4
# 47	8.21E-06	1.92E-02	±	9.46E-04	4.34E-02	±	1.93E-01	-5.14E-03	±	1.78E-03	95.1	111.0	±	1.0	486.0	±	3.7
# 48	6.32E-06	4.89E-02	±	2.26E-03	6.78E-02	±	2.53E-01	-3.94E-03	±	2.41E-03	88.7	113.0	±	2.1	494.0	±	7.9
# 49	6.00E-06	7.29E-01	±	9.61E-03	-1.44E-01	±	2.66E-01	-8.71E-03	±	6.47E-03	36.4	123.0	±	2.1	533.0	±	7.7
# 50	7.18E-06	7.01E-02	±	1.69E-03	-1.80E-01	±	2.12E-01	-1.22E-03	±	1.64E-03	84.4	112.0	±	1.3	490.0	±	5.1
# 51	6.72E-06	6.17E-01	±	8.66E-03	-1.00E-01	±	2.26E-01	6.55E-03	±	4.48E-03	39.8	121.0	±	2.0	523.0	±	7.6
# 52	6.29E-06	3.44E-01	±	6.94E-03	-1.19E-01	±	2.66E-01	-1.86E-03	±	3.89E-03	52.6	113.0	±	2.2	494.0	±	8.3
# 53	6.72E-06	2.59E-01	±	4.78E-03	-6.39E-02	±	2.34E-01	-8.46E-03	±	3.74E-03	59.3	112.0	±	1.8	490.0	±	7.0
# 54	7.01E-06	2.11E-01	±	3.05E-03	-4.19E-02	±	2.32E-01	-1.41E-03	±	3.06E-03	64.8	115.0	±	1.5	502.0	±	5.7
# 55	6.46E-06	1.38E-01	±	3.68E-03	-8.19E-02	±	2.30E-01	4.08E-03	±	3.09E-03	73.1	111.0	±	1.4	486.0	±	5.2

Total	3.19E-04	2.45E-01	±	7.20E-04	-1.20E-01	±	3.61E-02	-2.86E-03	±	5.11E-04	61.3	115.0	±	0.3	500.0	±	4.6
--------------	----------	----------	---	----------	-----------	---	----------	-----------	---	----------	------	-------	---	-----	-------	---	-----

Echantillon sur la tranche :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2790E-02 ± .2853E-04																	
# 1	5.70E-06	3.91E-01	±	5.90E-03	2.32E-02	±	2.49E-02	-9.49E-03	±	2.81E-03	49.1	111.3	±	1.7	487.8	±	6.6
# 2	6.81E-06	4.11E-01	±	8.15E-03	5.77E-03	±	2.23E-02	-2.35E-03	±	4.35E-03	49.3	117.9	±	2.4	513.0	±	9.0
# 3	6.07E-06	4.50E-02	±	1.83E-03	3.22E-04	±	2.47E-02	1.55E-04	±	2.65E-03	90.0	120.2	±	1.8	521.5	±	6.8
# 4	6.03E-06	8.50E-02	±	2.36E-03	-1.39E-02	±	2.29E-02	2.31E-03	±	2.58E-03	81.5	110.6	±	1.6	485.1	±	6.1
# 5	6.37E-06	4.72E-01	±	6.62E-03	-5.58E-03	±	2.26E-02	8.36E-04	±	4.26E-03	46.0	118.8	±	1.8	516.4	±	6.8
# 6	5.73E-06	1.06E-02	±	1.43E-03	-5.24E-03	±	2.48E-02	-4.36E-03	±	1.85E-03	97.3	112.7	±	1.7	493.3	±	6.4
# 7	6.90E-06	5.20E-02	±	2.01E-03	4.96E-04	±	2.12E-02	-3.79E-04	±	1.64E-03	88.1	113.2	±	1.7	495.3	±	6.5
# 8	5.80E-06	2.79E-02	±	1.58E-03	-7.88E-03	±	2.42E-02	-1.66E-03	±	1.85E-03	93.4	116.2	±	1.8	506.7	±	6.8
# 9	2.36E-06	5.95E-02	±	4.06E-03	-4.39E-02	±	5.97E-02	-4.08E-03	±	3.42E-03	86.3	111.0	±	2.7	486.8	±	10.3
# 10	6.34E-06	4.27E-01	±	4.83E-03	-1.73E-02	±	2.12E-02	-2.55E-03	±	2.99E-03	46.7	110.5	±	1.4	484.6	±	5.2
# 11	6.20E-06	3.31E-02	±	1.76E-03	4.50E-03	±	2.26E-02	-1.90E-03	±	1.60E-03	92.2	115.6	±	1.5	504.2	±	5.7
# 12	5.35E-06	2.09E-02	±	1.77E-03	1.57E-02	±	2.78E-02	-2.00E-03	±	2.14E-03	95.0	115.9	±	1.4	505.2	±	5.4
# 13	5.80E-06	5.49E-02	±	1.95E-03	-2.54E-02	±	2.43E-02	-3.08E-03	±	2.32E-03	87.6	114.3	±	1.6	499.4	±	6.3
# 14	6.16E-06	2.97E-02	±	1.58E-03	-3.87E-03	±	2.36E-02	7.23E-04	±	2.70E-03	92.8	113.1	±	2.2	494.9	±	8.3
# 15	6.37E-06	3.51E-02	±	1.76E-03	1.09E-02	±	2.14E-02	-5.33E-03	±	1.63E-03	91.3	109.1	±	1.8	479.5	±	7.0
# 16	5.98E-06	5.06E-02	±	2.33E-03	-2.78E-02	±	2.36E-02	-1.32E-03	±	2.62E-03	88.5	115.1	±	1.6	502.5	±	6.0
# 17	5.47E-06	1.47E-01	±	4.33E-03	5.45E-03	±	2.50E-02	-6.32E-03	±	2.51E-03	72.6	115.5	±	2.1	503.8	±	8.0
# 18	5.66E-06	6.02E-01	±	8.06E-03	-5.60E-03	±	2.44E-02	-1.06E-02	±	5.39E-03	39.0	113.9	±	1.8	497.9	±	6.8
# 19	4.94E-06	1.71E-02	±	1.21E-03	2.57E-02	±	3.04E-02	-5.19E-03	±	1.55E-03	95.7	113.8	±	1.9	497.4	±	7.4
# 20	5.39E-06	8.19E-02	±	2.62E-03	-1.63E-02	±	2.65E-02	-7.19E-03	±	2.35E-03	82.5	113.7	±	2.1	497.1	±	7.9
# 21	5.62E-06	5.34E-02	±	1.97E-03	2.23E-02	±	2.53E-02	-4.97E-03	±	1.94E-03	88.1	117.2	±	1.9	510.3	±	7.1
# 22	5.79E-06	2.98E-01	±	5.70E-03	-1.48E-02	±	2.56E-02	-6.25E-03	±	4.04E-03	55.8	111.2	±	1.9	487.3	±	7.4
# 23	5.77E-06	2.63E-02	±	1.26E-03	-1.68E-02	±	2.40E-02	-2.30E-03	±	2.39E-03	93.7	115.3	±	1.9	503.0	±	7.4
# 24	5.53E-06	8.18E-02	±	2.72E-03	-3.54E-02	±	2.42E-02	-3.97E-03	±	2.86E-03	82.6	114.5	±	1.6	500.1	±	6.2
# 25	5.23E-06	3.77E-02	±	2.05E-03	2.06E-02	±	2.62E-02	-2.50E-03	±	2.05E-03	91.0	112.8	±	2.3	493.5	±	8.8
# 26	5.41E-06	4.37E-02	±	2.29E-03	-1.02E-02	±	2.65E-02	-8.35E-03	±	1.88E-03	89.5	110.5	±	1.6	484.8	±	6.2
# 27	5.20E-06	1.76E-02	±	1.58E-03	2.23E-02	±	2.96E-02	-2.37E-03	±	2.22E-03	95.5	110.9	±	1.4	486.3	±	5.6

# 28	5.87E-06	1.68E-01	±	4.46E-03	-1.02E-02	±	2.42E-02	-1.35E-03	±	3.29E-03	70.1	116.1	±	2.3	506.1	±	8.8
# 29	5.01E-06	9.03E-03	±	1.07E-03	-1.86E-03	±	2.68E-02	-4.61E-03	±	1.76E-03	97.7	114.6	±	1.5	500.5	±	5.6
# 30	5.99E-06	2.20E-02	±	1.44E-03	-3.40E-03	±	2.24E-02	-2.58E-03	±	1.52E-03	94.5	112.6	±	1.4	492.8	±	5.2
# 31	5.86E-06	1.41E-02	±	1.44E-03	-1.13E-02	±	2.59E-02	-1.57E-03	±	1.79E-03	96.5	113.7	±	1.6	496.9	±	6.3
# 32	6.06E-06	4.14E+00	±	6.16E-02	2.88E-02	±	2.57E-02	-2.61E-02	±	1.01E-02	9.0	120.2	±	4.3	521.7	±	16.1
# 33	5.54E-06	1.90E-01	±	3.45E-03	-1.40E-02	±	2.57E-02	-5.57E-04	±	3.13E-03	67.3	115.9	±	1.7	505.4	±	6.6
# 34	5.65E-06	1.06E-02	±	1.19E-03	-2.97E-02	±	2.36E-02	7.17E-03	±	3.88E-03	97.4	118.1	±	1.4	513.6	±	5.5
# 35	5.42E-06	1.47E-02	±	1.32E-03	-9.81E-03	±	2.64E-02	-3.34E-03	±	1.69E-03	96.4	117.5	±	2.1	511.5	±	7.9
# 36	5.76E-06	3.72E-02	±	1.61E-03	9.92E-05	±	2.58E-02	-7.31E-04	±	1.64E-03	91.3	115.2	±	1.9	502.8	±	7.2
# 37	5.33E-06	2.88E-02	±	1.78E-03	4.12E-02	±	2.72E-02	1.19E-03	±	2.43E-03	93.4	120.9	±	1.9	524.2	±	7.2
# 38	5.31E-06	1.53E-01	±	3.79E-03	-2.07E-02	±	2.54E-02	1.45E-04	±	2.33E-03	72.3	118.4	±	2.5	514.8	±	9.3
# 39	5.83E-06	2.68E-02	±	1.67E-03	-1.80E-02	±	2.49E-02	1.18E-03	±	1.81E-03	93.5	114.4	±	2.1	499.6	±	8.0
# 40	6.10E-06	2.26E-02	±	1.25E-03	1.11E-02	±	2.33E-02	-5.74E-03	±	1.28E-03	94.4	113.2	±	1.3	494.9	±	4.9
# 41	6.02E-06	3.85E-02	±	1.91E-03	-7.79E-03	±	2.35E-02	-2.28E-03	±	2.45E-03	90.9	112.9	±	1.6	494.1	±	6.2
# 42	5.41E-06	6.85E-02	±	2.10E-03	-1.29E-02	±	2.69E-02	-3.04E-03	±	2.26E-03	85.5	118.8	±	2.0	516.6	±	7.6
# 43	5.64E-06	8.55E-02	±	2.19E-03	-1.65E-02	±	2.48E-02	2.47E-04	±	1.90E-03	81.9	114.3	±	1.8	499.3	±	6.9
# 44	5.67E-06	1.16E-02	±	1.21E-03	-2.27E-03	±	2.54E-02	-8.94E-04	±	3.80E-03	97.1	114.4	±	2.3	499.6	±	8.7
# 45	5.32E-06	3.64E-02	±	1.53E-03	-1.08E-02	±	2.61E-02	-9.89E-04	±	3.08E-03	91.6	117.4	±	1.8	511.1	±	6.8
# 46	5.37E-06	4.45E-02	±	1.79E-03	-1.89E-02	±	2.70E-02	-4.72E-03	±	1.99E-03	89.4	111.3	±	2.5	487.8	±	9.7
# 47	5.33E-06	3.76E-02	±	1.60E-03	-7.50E-03	±	2.73E-02	-4.09E-04	±	1.95E-03	91.2	114.5	±	2.4	499.9	±	9.2
# 48	5.28E-06	3.32E-01	±	6.33E-03	2.13E-02	±	3.12E-02	-3.06E-03	±	3.93E-03	52.9	110.4	±	2.1	484.4	±	7.9
# 49	4.46E-06	4.19E-02	±	1.65E-03	-2.64E-02	±	3.26E-02	-9.00E-03	±	2.90E-03	90.3	115.1	±	1.9	502.4	±	7.2
# 50	3.84E-06	3.56E-02	±	2.70E-03	1.85E-02	±	3.75E-02	-3.14E-03	±	3.07E-03	91.5	113.6	±	2.0	496.7	±	7.8
# 51	5.50E-06	1.23E-01	±	2.74E-03	3.80E-03	±	2.79E-02	-3.27E-03	±	3.24E-03	75.8	113.8	±	1.5	497.3	±	5.7
# 52	5.48E-06	1.91E-02	±	1.60E-03	-2.53E-02	±	2.51E-02	4.10E-03	±	2.84E-03	95.2	112.2	±	1.6	491.1	±	6.0
# 53	5.26E-06	2.32E-02	±	1.59E-03	-7.25E-03	±	2.83E-02	-1.12E-03	±	2.04E-03	94.3	113.6	±	2.1	496.7	±	7.9
# 54	5.78E-06	2.40E-02	±	2.11E-03	-1.70E-02	±	2.40E-02	-5.56E-03	±	1.84E-03	94.0	111.6	±	1.7	489.1	±	6.6
# 55	5.59E-06	2.62E-02	±	1.69E-03	-1.14E-02	±	2.47E-02	-3.60E-03	±	2.04E-03	93.6	112.3	±	2.0	491.5	±	7.8
# 56	5.42E-06	3.92E-02	±	1.71E-03	1.77E-04	±	2.71E-02	8.37E-04	±	2.19E-03	90.9	115.8	±	1.8	505.1	±	6.8
# 57	6.05E-06	6.24E-03	±	1.25E-03	-5.29E-03	±	2.46E-02	-3.94E-03	±	1.31E-03	98.3	106.7	±	1.2	470.0	±	4.8
# 58	4.93E-06	3.66E-02	±	1.80E-03	-6.73E-03	±	2.84E-02	-1.98E-04	±	2.70E-03	91.8	120.7	±	2.1	523.7	±	7.8
# 59	5.23E-06	4.54E-02	±	2.01E-03	6.40E-03	±	2.74E-02	2.33E-03	±	1.99E-03	89.7	116.2	±	1.6	506.6	±	6.2
# 60	5.22E-06	2.74E-02	±	1.88E-03	-9.72E-03	±	2.72E-02	-4.22E-03	±	2.04E-03	93.3	113.1	±	2.0	494.8	±	7.6
# 61	5.93E-06	3.97E-02	±	2.00E-03	4.88E-02	±	3.05E-02	-3.65E-03	±	1.92E-03	90.7	113.7	±	1.5	497.1	±	5.8
# 62	5.49E-06	5.58E-03	±	1.39E-03	-1.34E-03	±	2.62E-02	-3.91E-03	±	1.64E-03	98.5	110.4	±	1.7	484.3	±	6.7
# 63	5.41E-06	5.07E-02	±	2.30E-03	-5.60E-03	±	2.52E-02	-3.27E-03	±	1.95E-03	88.5	115.0	±	2.2	501.9	±	8.4

# 64	6.49E-06	3.49E-01	±	4.61E-03	-1.59E-02	±	2.11E-02	-8.44E-03	±	2.97E-03	52.7	114.8	±	1.6	501.1	±	5.9
# 65	5.62E-06	1.60E-02	±	1.70E-03	-3.26E-03	±	2.51E-02	-3.45E-03	±	2.22E-03	95.9	110.3	±	2.2	483.8	±	8.6
# 66	4.49E-06	1.58E-02	±	1.74E-03	2.37E-02	±	3.04E-02	-1.02E-03	±	3.41E-03	96.0	111.4	±	1.8	488.1	±	6.9
# 67	5.24E-06	3.09E-03	±	1.53E-03	-4.77E-03	±	2.76E-02	-2.37E-04	±	1.93E-03	99.2	108.6	±	1.7	477.3	±	6.7
# 68	5.40E-06	2.69E-02	±	1.77E-03	7.37E-03	±	2.70E-02	-5.85E-03	±	1.52E-03	93.3	110.8	±	1.9	486.1	±	7.3
# 69	7.84E-06	1.37E-01	±	2.74E-03	2.22E-02	±	1.92E-02	-6.50E-03	±	2.85E-03	73.3	111.1	±	1.5	487.1	±	5.6
# 70	6.32E-06	2.98E-02	±	1.73E-03	4.12E-03	±	2.25E-02	-5.68E-03	±	1.88E-03	92.7	111.7	±	1.6	489.4	±	6.1
# 71	5.75E-06	1.01E-01	±	2.44E-03	-4.22E-03	±	2.45E-02	-1.95E-04	±	2.18E-03	79.4	114.6	±	2.0	500.3	±	7.5
# 72	5.59E-06	6.24E-03	±	1.38E-03	1.66E-02	±	2.63E-02	-4.11E-03	±	1.70E-03	98.4	110.1	±	1.3	483.4	±	5.2
# 73	5.25E-06	7.58E-02	±	2.30E-03	8.48E-03	±	2.71E-02	3.51E-03	±	2.47E-03	83.6	114.0	±	1.8	498.2	±	7.0
# 74	5.51E-06	2.24E-02	±	1.73E-03	-1.57E-02	±	2.50E-02	1.02E-03	±	2.45E-03	94.4	112.2	±	1.7	491.1	±	6.6
# 75	5.24E-06	8.70E-03	±	1.49E-03	-2.31E-02	±	2.71E-02	-4.21E-03	±	2.13E-03	97.8	114.7	±	2.2	500.9	±	8.3
# 76	5.67E-06	5.22E-02	±	1.60E-03	5.90E-02	±	3.32E-02	8.28E-04	±	1.77E-03	88.1	114.3	±	1.3	499.4	±	5.1
# 77	5.52E-06	9.09E-03	±	1.57E-03	4.91E-03	±	2.54E-02	-2.47E-03	±	1.68E-03	97.8	117.4	±	1.8	511.2	±	6.8
# 78	3.54E-06	3.07E-02	±	2.62E-03	-3.51E-02	±	3.88E-02	2.45E-03	±	3.13E-03	92.6	114.1	±	2.1	498.6	±	8.0
# 79	4.64E-06	2.90E-02	±	2.08E-03	-1.45E-02	±	2.97E-02	-1.70E-03	±	3.23E-03	92.9	112.6	±	2.1	492.9	±	8.2
# 80	5.09E-06	6.04E-02	±	2.35E-03	-1.58E-02	±	2.66E-02	-8.88E-04	±	1.66E-03	86.5	114.4	±	1.7	499.6	±	6.4
# 81	5.32E-06	1.54E-01	±	4.91E-03	-2.07E-02	±	2.67E-02	2.45E-04	±	3.70E-03	72.3	118.8	±	2.1	516.5	±	8.0
# 82	5.08E-06	2.26E-02	±	1.57E-03	3.08E-03	±	2.88E-02	2.87E-03	±	2.22E-03	94.4	113.3	±	1.5	495.5	±	5.9
# 83	5.66E-06	8.54E-02	±	3.19E-03	1.57E-02	±	2.72E-02	-1.79E-03	±	2.87E-03	81.7	112.8	±	1.8	493.6	±	6.7
# 84	5.05E-06	1.25E-02	±	1.61E-03	3.69E-02	±	3.14E-02	-2.25E-03	±	2.41E-03	96.7	108.1	±	2.0	475.6	±	7.6
# 85	4.32E-06	1.48E-01	±	4.49E-03	6.59E-02	±	3.85E-02	1.77E-04	±	3.65E-03	72.5	115.1	±	2.7	502.4	±	10.1
# 86	4.77E-06	2.46E-02	±	1.36E-03	-1.79E-02	±	2.89E-02	-6.54E-04	±	2.45E-03	94.0	114.3	±	2.8	499.5	±	10.6
# 87	5.25E-06	1.27E-02	±	1.29E-03	1.10E-02	±	2.72E-02	2.10E-03	±	1.86E-03	96.9	117.4	±	1.1	511.1	±	4.2
# 88	5.55E-06	6.87E-02	±	2.50E-03	-1.22E-02	±	2.50E-02	-4.27E-03	±	3.23E-03	84.7	112.3	±	1.9	491.6	±	7.5
# 89	5.45E-06	1.43E-02	±	1.04E-03	8.72E-03	±	2.76E-02	-1.05E-03	±	1.74E-03	96.4	111.3	±	2.4	487.7	±	9.1
# 90	4.54E-06	5.18E-02	±	1.92E-03	-1.06E-02	±	3.00E-02	-3.03E-03	±	2.02E-03	88.2	114.1	±	2.2	498.5	±	8.4
# 91	4.93E-06	6.92E-02	±	2.98E-03	-1.09E-02	±	2.79E-02	3.47E-03	±	3.13E-03	84.7	113.3	±	2.8	495.4	±	10.8
# 92	5.08E-06	9.17E-02	±	3.23E-03	2.69E-02	±	3.57E-02	3.53E-04	±	2.72E-03	81.6	120.1	±	2.8	521.3	±	10.4
# 93	4.65E-06	1.50E-01	±	4.11E-03	6.54E-05	±	2.93E-02	3.59E-03	±	3.81E-03	73.2	121.2	±	2.0	525.6	±	7.7
# 94	5.33E-06	1.54E-02	±	1.14E-03	4.53E-02	±	2.92E-02	-3.24E-03	±	1.50E-03	96.0	109.0	±	1.5	478.9	±	5.8
# 95	4.97E-06	4.88E-02	±	2.28E-03	-4.18E-03	±	2.85E-02	-3.59E-04	±	3.85E-03	88.9	114.9	±	2.2	501.8	±	8.2
Total	5.20E-04	1.30E-01	±	3.36E-04	-5.32E-04	±	2.71E-03	-2.45E-03	±	2.90E-04	74.8	114.1	±	0.2	498.4	±	4.5

9.3.2.3. LEP2

Echantillon sur la tranche :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2775E-02 ± .2838E-04																	
# 1	3.29E-06	3.48E-02	±	1.44E-02	-1.18E-01	±	2.86E-01	5.68E-03	±	5.95E-03	91.7	113.1	±	8.8	492.5	±	33.7
# 2	3.17E-06	4.84E-02	±	1.48E-02	-5.60E-02	±	3.05E-01	3.25E-03	±	5.64E-03	88.0	105.1	±	9.3	461.7	±	35.9
# 3	1.13E-06	1.06E-01	±	4.26E-02	4.46E-02	±	9.25E-01	-1.94E-02	±	1.71E-02	77.4	107.1	±	26.0	469.3	±	100.3
# 4	2.65E-06	1.49E-01	±	1.82E-02	1.80E-01	±	4.02E-01	4.83E-04	±	8.38E-03	68.9	97.1	±	11.1	430.5	±	43.8
# 5	1.52E-06	1.25E-01	±	3.23E-02	-9.06E-02	±	6.45E-01	-9.65E-03	±	1.33E-02	71.5	92.4	±	19.5	412.0	±	77.7
# 6	1.63E-06	1.59E-01	±	3.09E-02	2.83E-02	±	6.59E-01	1.50E-02	±	1.22E-02	69.4	106.2	±	18.2	466.0	±	70.4
# 7	3.04E-06	2.46E-02	±	4.63E-03	-2.76E-02	±	4.32E-01	-6.35E-03	±	5.25E-03	93.7	108.3	±	3.3	474.3	±	12.8
# 8	1.39E-05	6.65E-03	±	9.99E-04	-6.14E-02	±	1.02E-01	-2.42E-03	±	1.30E-03	98.3	112.6	±	1.6	490.8	±	6.0
# 9	1.34E-05	3.08E-03	±	9.75E-04	-4.50E-02	±	1.01E-01	8.83E-04	±	1.27E-03	99.2	114.7	±	1.0	498.7	±	3.8
# 10	1.39E-05	1.42E-02	±	9.38E-04	-8.88E-02	±	9.85E-02	4.09E-03	±	1.67E-03	96.3	110.5	±	0.8	482.4	±	3.1
# 11	1.36E-05	5.88E-03	±	1.05E-03	4.66E-02	±	1.07E-01	1.03E-03	±	1.39E-03	98.5	113.3	±	1.3	493.2	±	5.1
# 12	1.32E-05	1.17E-02	±	1.16E-03	4.91E-02	±	1.10E-01	-2.17E-03	±	1.29E-03	97.1	114.8	±	1.3	499.1	±	4.9
# 13	1.27E-05	3.21E-03	±	1.16E-03	1.58E-01	±	1.13E-01	1.58E-03	±	1.61E-03	99.2	114.3	±	1.4	497.1	±	5.3
# 14	1.26E-05	1.17E-03	±	1.14E-03	-2.97E-02	±	1.09E-01	-1.50E-03	±	1.88E-03	99.7	110.9	±	1.1	484.2	±	4.2
# 15	2.35E-05	3.72E-03	±	5.47E-04	-8.72E-03	±	5.86E-02	-1.03E-03	±	6.79E-04	99.0	113.7	±	0.7	494.7	±	2.5
# 16	2.46E-05	5.12E-04	±	5.67E-04	9.70E-03	±	5.47E-02	7.96E-05	±	6.72E-04	99.9	112.7	±	0.9	490.9	±	3.4
# 17	1.55E-05	4.11E-03	±	9.13E-04	-1.13E-01	±	8.57E-02	-9.55E-04	±	1.60E-03	98.9	111.0	±	0.9	484.6	±	3.3
# 18	1.60E-05	1.49E-03	±	8.84E-04	-6.13E-02	±	9.13E-02	1.49E-03	±	1.46E-03	99.6	113.4	±	1.1	493.8	±	4.2
# 19	1.18E-05	-2.18E-03	±	1.61E-03	1.15E-02	±	1.25E-01	-1.42E-03	±	1.43E-03	100.6	114.9	±	1.4	499.3	±	5.1
# 20	1.07E-05	2.33E-04	±	1.81E-03	-4.70E-02	±	1.35E-01	1.86E-03	±	1.87E-03	99.9	116.1	±	1.1	504.0	±	4.1
# 21	1.36E-05	2.28E-03	±	1.42E-03	-1.33E-02	±	1.06E-01	-7.88E-04	±	1.49E-03	99.4	115.1	±	1.6	500.1	±	6.0
# 22	9.37E-06	5.43E-03	±	2.17E-03	-9.85E-02	±	1.59E-01	-1.55E-04	±	2.47E-03	98.6	116.5	±	1.7	505.3	±	6.5
# 23	1.32E-05	6.55E-03	±	1.44E-03	-2.68E-02	±	1.11E-01	5.77E-04	±	1.81E-03	98.3	113.8	±	1.1	495.0	±	4.1
# 24	1.37E-05	9.14E-03	±	1.53E-03	-1.14E-02	±	1.04E-01	-1.06E-03	±	1.43E-03	97.6	110.3	±	1.0	481.8	±	4.0
# 25	1.24E-05	1.06E-02	±	1.69E-03	-8.98E-02	±	1.16E-01	-1.07E-04	±	1.62E-03	97.3	112.9	±	1.2	491.9	±	4.4
# 26	1.31E-05	1.97E-02	±	1.51E-03	-1.20E-01	±	1.11E-01	-2.34E-03	±	1.53E-03	95.0	110.3	±	0.9	481.9	±	3.5
# 27	1.06E-05	6.77E-02	±	2.25E-03	-7.49E-02	±	1.35E-01	-8.68E-04	±	2.14E-03	84.5	108.6	±	1.4	475.4	±	5.3
# 28	1.09E-05	7.33E-03	±	1.91E-03	-6.94E-03	±	1.33E-01	-6.25E-04	±	1.86E-03	98.1	113.7	±	1.2	494.7	±	4.7

# 29	1.06E-05	1.05E-02	±	1.82E-03	-1.63E-02	±	1.34E-01	-1.13E-03	±	1.92E-03	97.4	115.1	±	1.4	500.1	±	5.3
# 30	1.36E-05	4.32E-02	±	1.82E-03	6.19E-02	±	1.18E-01	-2.72E-03	±	1.63E-03	89.8	112.4	±	0.9	489.9	±	3.5
# 31	1.06E-05	3.54E-02	±	2.02E-03	3.25E-02	±	1.36E-01	2.96E-03	±	1.98E-03	91.6	113.9	±	1.3	495.6	±	5.0
# 32	1.01E-05	1.60E-02	±	2.14E-03	1.32E-02	±	1.58E-01	-2.92E-03	±	2.01E-03	96.0	114.2	±	1.4	496.7	±	5.3
# 33	1.25E-05	1.02E-02	±	1.27E-03	-2.83E-02	±	1.19E-01	-3.48E-03	±	1.49E-03	97.5	116.8	±	1.0	506.6	±	3.9
# 34	1.32E-05	3.23E-02	±	1.83E-03	-6.45E-02	±	1.12E-01	-9.11E-04	±	1.74E-03	91.9	108.7	±	1.0	475.7	±	4.0
# 35	1.24E-05	2.64E-02	±	1.38E-03	1.81E-02	±	1.27E-01	-3.58E-04	±	1.41E-03	93.6	113.1	±	1.5	492.4	±	5.6
# 36	1.15E-05	3.62E-02	±	1.72E-03	-7.02E-02	±	1.31E-01	-2.74E-03	±	1.64E-03	91.4	113.8	±	1.4	495.1	±	5.5
# 37	1.20E-05	1.39E-02	±	1.45E-03	-1.27E-02	±	1.27E-01	-2.80E-04	±	1.82E-03	96.6	116.0	±	1.3	503.5	±	5.0
# 38	1.09E-05	5.86E-02	±	2.44E-03	5.79E-03	±	1.42E-01	-6.13E-04	±	2.03E-03	87.1	116.8	±	1.4	506.5	±	5.3
# 39	1.15E-05	1.11E-02	±	1.39E-03	7.44E-02	±	1.33E-01	-5.51E-04	±	1.87E-03	97.2	112.0	±	1.1	488.2	±	4.4
# 40	1.08E-05	6.43E-04	±	1.50E-03	3.44E-02	±	1.44E-01	2.44E-03	±	2.01E-03	99.8	117.6	±	1.1	509.6	±	4.1
# 41	1.12E-05	1.32E-02	±	1.63E-03	-4.49E-02	±	1.28E-01	-2.33E-03	±	1.82E-03	96.8	116.6	±	1.6	505.8	±	5.9
# 42	1.06E-05	2.59E-03	±	1.57E-03	-5.59E-02	±	1.33E-01	-3.58E-04	±	2.02E-03	99.4	118.1	±	1.0	511.4	±	3.9
# 43	1.00E-05	2.66E-02	±	1.88E-03	-2.01E-01	±	1.42E-01	3.43E-03	±	2.00E-03	93.4	111.9	±	1.8	487.7	±	6.9
# 44	7.49E-06	5.82E-03	±	2.21E-03	-4.50E-02	±	2.09E-01	3.75E-03	±	2.51E-03	98.5	112.1	±	1.5	488.8	±	5.7
# 45	9.42E-06	-1.23E-03	±	1.90E-03	-1.48E-01	±	1.62E-01	-2.65E-03	±	2.46E-03	100.3	117.2	±	1.7	508.0	±	6.3
# 46	8.36E-06	2.69E-03	±	2.10E-03	-2.01E-01	±	1.77E-01	-4.46E-03	±	2.11E-03	99.3	109.9	±	1.4	480.2	±	5.4
# 47	9.05E-06	1.24E-02	±	2.14E-03	1.54E-01	±	2.05E-01	-1.74E-03	±	2.33E-03	96.7	107.6	±	1.2	471.3	±	4.8
# 48	8.52E-06	1.44E-02	±	2.23E-03	-1.08E-01	±	1.77E-01	2.29E-03	±	2.93E-03	96.5	115.2	±	1.2	500.5	±	4.6
# 49	8.47E-06	1.14E-01	±	3.28E-03	1.38E-01	±	1.85E-01	-3.47E-03	±	2.51E-03	76.1	107.2	±	1.4	469.7	±	5.5
# 50	8.92E-06	3.35E-01	±	5.33E-03	-2.84E-02	±	1.73E-01	1.61E-03	±	3.62E-03	48.1	91.6	±	1.5	408.5	±	6.1
# 51	8.36E-06	8.08E-02	±	2.91E-03	-1.25E-01	±	1.82E-01	-2.64E-03	±	2.83E-03	81.8	107.4	±	1.8	470.8	±	6.8
# 52	7.81E-06	2.40E-02	±	2.41E-03	-9.13E-02	±	1.87E-01	2.55E-03	±	2.93E-03	94.1	112.0	±	1.6	488.4	±	5.9
# 53	7.24E-06	4.77E-03	±	2.73E-03	-2.06E-01	±	2.04E-01	2.72E-03	±	2.43E-03	98.8	112.1	±	1.8	488.8	±	6.9
# 54	7.98E-06	5.16E-02	±	3.12E-03	-1.05E-01	±	1.91E-01	3.96E-03	±	3.94E-03	87.8	110.0	±	1.8	480.5	±	7.0
# 55	7.46E-06	2.79E-02	±	2.63E-03	-2.59E-02	±	2.05E-01	-4.59E-04	±	2.37E-03	93.0	109.9	±	1.7	480.4	±	6.5
# 56	7.50E-06	1.60E-02	±	2.68E-03	-8.43E-02	±	2.03E-01	-3.13E-03	±	3.45E-03	95.9	109.8	±	2.1	480.0	±	8.1
# 57	7.42E-06	5.03E-03	±	2.46E-03	-4.11E-02	±	2.15E-01	-3.48E-03	±	2.20E-03	98.7	110.3	±	1.5	481.9	±	5.7
# 58	6.64E-06	4.02E-02	±	3.03E-03	-2.83E-02	±	2.41E-01	-6.11E-04	±	3.14E-03	90.4	111.3	±	1.7	485.8	±	6.4
# 59	6.43E-06	2.05E-01	±	5.01E-03	-1.36E-01	±	2.30E-01	-8.51E-04	±	3.22E-03	62.0	99.2	±	1.8	438.7	±	7.0
# 60	1.17E-05	4.25E-02	±	1.82E-03	1.01E-01	±	1.36E-01	2.77E-03	±	1.66E-03	89.8	110.6	±	1.4	482.9	±	5.3
# 61	1.16E-05	9.27E-03	±	1.71E-03	-7.61E-02	±	1.31E-01	-2.40E-03	±	1.80E-03	97.6	113.3	±	1.1	493.1	±	4.3
# 62	1.34E-05	3.14E-02	±	1.84E-03	-8.49E-04	±	1.16E-01	-9.67E-06	±	1.47E-03	92.4	112.7	±	1.3	491.0	±	4.8
# 63	1.18E-05	1.68E-01	±	3.60E-03	4.98E-02	±	1.28E-01	-3.34E-04	±	2.52E-03	68.8	109.2	±	1.7	477.5	±	6.4
# 64	1.09E-05	1.66E-01	±	2.94E-03	1.18E-01	±	1.47E-01	-5.95E-03	±	2.40E-03	67.5	101.9	±	1.5	449.4	±	5.7

# 65	1.09E-05	1.84E-01	±	2.45E-03	-2.87E-02	±	1.40E-01	3.68E-03	±	3.74E-03	65.0	100.9	±	0.9	445.2	±	3.6
# 66	1.06E-05	4.10E-02	±	2.09E-03	6.05E-02	±	1.42E-01	-4.38E-03	±	2.10E-03	90.1	110.8	±	1.0	483.9	±	3.8
# 67	1.08E-05	2.04E-01	±	2.89E-03	-3.29E-02	±	1.44E-01	-6.54E-04	±	3.22E-03	63.1	103.3	±	1.3	454.9	±	5.1
# 68	1.16E-05	1.64E-01	±	2.00E-03	-2.55E-02	±	1.35E-01	-2.99E-03	±	2.77E-03	69.0	108.0	±	0.9	473.1	±	3.5
# 69	9.60E-06	3.75E-02	±	1.79E-03	7.73E-04	±	1.68E-01	-2.79E-04	±	1.81E-03	91.2	113.9	±	1.3	495.6	±	4.9
# 70	1.02E-05	6.32E-03	±	1.29E-03	-1.55E-01	±	1.43E-01	7.64E-04	±	1.73E-03	98.4	116.6	±	0.8	505.6	±	3.2
# 71	9.96E-06	3.35E-02	±	1.68E-03	-1.12E-01	±	1.54E-01	-4.20E-04	±	2.59E-03	91.9	112.2	±	1.5	489.1	±	5.9
# 72	1.69E-05	5.27E-02	±	1.32E-03	-9.09E-03	±	9.30E-02	-1.31E-03	±	1.24E-03	87.6	110.3	±	1.3	481.9	±	5.1
# 73	1.44E-05	7.98E-02	±	1.87E-03	1.36E-01	±	1.13E-01	6.89E-04	±	1.73E-03	82.3	109.7	±	1.3	479.5	±	5.2
# 74	1.37E-05	1.64E-02	±	1.62E-03	1.20E-01	±	1.15E-01	-1.05E-05	±	2.08E-03	95.8	111.2	±	1.4	485.4	±	5.4
# 75	1.37E-05	8.73E-03	±	1.14E-03	1.14E-01	±	1.15E-01	1.00E-03	±	1.70E-03	97.8	113.4	±	0.9	493.5	±	3.6
# 76	1.36E-05	4.56E-02	±	1.46E-03	-7.29E-02	±	1.09E-01	4.98E-03	±	2.06E-03	89.3	112.0	±	1.0	488.1	±	3.7
# 77	1.30E-05	3.47E-02	±	1.31E-03	-2.41E-02	±	1.22E-01	-1.36E-04	±	2.04E-03	91.7	112.9	±	0.9	491.8	±	3.6
# 78	1.39E-05	1.39E-02	±	1.15E-03	8.31E-02	±	1.20E-01	1.50E-03	±	1.43E-03	96.4	110.2	±	1.5	481.2	±	5.7
# 79	1.28E-05	2.02E-02	±	1.42E-03	7.65E-02	±	1.19E-01	3.80E-03	±	1.43E-03	95.0	113.4	±	1.1	493.7	±	4.3
# 80	1.18E-05	3.24E-02	±	1.45E-03	3.25E-02	±	1.32E-01	-1.28E-03	±	2.15E-03	92.3	115.1	±	1.0	500.2	±	3.8
# 81	1.23E-05	6.08E-02	±	1.56E-03	5.17E-02	±	1.31E-01	-7.19E-03	±	1.75E-03	86.1	111.3	±	1.2	485.5	±	4.4
# 82	1.33E-05	6.40E-02	±	2.12E-03	-5.32E-02	±	1.17E-01	-2.39E-03	±	2.02E-03	85.4	110.4	±	0.9	482.2	±	3.6
# 83	1.25E-05	1.44E-01	±	1.95E-03	-1.26E-01	±	1.18E-01	-1.37E-03	±	2.73E-03	72.5	112.1	±	1.0	488.6	±	3.7
# 84	1.24E-05	3.28E-02	±	1.26E-03	3.65E-02	±	1.31E-01	-1.96E-03	±	1.61E-03	92.1	112.4	±	1.1	489.8	±	4.1
# 85	1.14E-05	2.51E-02	±	1.32E-03	4.55E-02	±	1.31E-01	1.41E-03	±	2.08E-03	93.8	113.2	±	2.1	492.7	±	7.9
# 86	1.12E-05	2.19E-02	±	1.41E-03	-2.50E-02	±	1.37E-01	3.89E-04	±	1.95E-03	94.6	113.3	±	1.3	493.4	±	4.9
# 87	1.07E-05	9.68E-03	±	1.50E-03	2.68E-02	±	1.51E-01	-9.47E-04	±	1.89E-03	97.5	112.8	±	1.2	491.4	±	4.7
# 88	1.01E-05	4.36E-02	±	1.73E-03	2.14E-02	±	1.51E-01	-2.98E-03	±	2.64E-03	89.6	110.7	±	1.0	483.3	±	4.0
# 89	1.11E-05	6.62E-02	±	1.95E-03	1.99E-01	±	1.50E-01	-8.13E-04	±	2.09E-03	85.3	113.2	±	1.4	492.8	±	5.5
# 90	1.07E-05	1.96E-02	±	1.47E-03	-2.77E-02	±	1.42E-01	-3.47E-04	±	1.94E-03	95.0	109.6	±	1.1	479.3	±	4.1
# 91	1.05E-05	8.64E-03	±	1.44E-03	-3.29E-02	±	1.45E-01	-8.69E-05	±	1.92E-03	97.7	110.4	±	1.5	482.1	±	5.6
# 92	9.43E-06	2.21E-02	±	1.84E-03	9.18E-02	±	1.59E-01	2.48E-03	±	2.24E-03	94.5	112.2	±	1.4	488.9	±	5.3
# 93	9.78E-06	3.98E-02	±	1.59E-03	1.75E-01	±	1.57E-01	2.37E-03	±	2.58E-03	90.7	114.9	±	1.5	499.2	±	5.8
# 94	8.70E-06	1.17E-02	±	1.78E-03	-1.20E-02	±	1.79E-01	1.35E-05	±	2.28E-03	97.0	112.2	±	1.0	488.9	±	3.7
# 95	7.46E-06	9.57E-03	±	1.75E-03	6.59E-02	±	1.96E-01	-1.64E-03	±	2.52E-03	97.5	111.4	±	1.3	486.1	±	4.9
# 96	8.48E-06	1.11E-02	±	1.98E-03	2.49E-01	±	1.97E-01	8.18E-04	±	2.10E-03	97.2	112.2	±	1.5	489.2	±	5.7
# 97	9.20E-06	6.63E-02	±	2.13E-03	-2.94E-03	±	1.82E-01	-4.83E-03	±	2.45E-03	85.0	111.0	±	1.2	484.3	±	4.5
# 98	9.82E-06	3.07E-02	±	1.99E-03	-1.31E-01	±	1.56E-01	-1.33E-03	±	2.29E-03	92.4	110.5	±	1.1	482.7	±	4.1
# 99	9.51E-06	7.46E-02	±	2.12E-03	-5.09E-02	±	1.69E-01	-7.51E-03	±	2.37E-03	83.2	109.1	±	1.4	477.2	±	5.5
# 100	8.71E-06	6.81E-02	±	2.62E-03	-2.29E-01	±	1.71E-01	1.69E-03	±	2.60E-03	84.8	112.2	±	1.5	489.1	±	5.6

# 101	8.41E-06	2.85E-02	±	2.06E-03	-3.00E-02	±	1.83E-01	-6.37E-04	±	2.38E-03	93.1	113.8	±	1.8	495.0	±	6.9
# 102	8.26E-06	6.54E-03	±	1.90E-03	-6.05E-02	±	1.96E-01	3.73E-03	±	2.74E-03	98.3	113.6	±	1.4	494.4	±	5.3
# 103	8.11E-06	7.15E-03	±	2.26E-03	-9.41E-02	±	1.91E-01	8.62E-04	±	2.33E-03	98.1	111.1	±	2.0	484.9	±	7.7
# 104	8.76E-06	6.59E-03	±	2.00E-03	-1.73E-01	±	1.81E-01	-2.28E-03	±	2.31E-03	98.3	114.0	±	1.8	495.9	±	6.8
# 105	8.26E-06	1.38E-02	±	2.04E-03	-6.93E-02	±	1.87E-01	2.70E-03	±	2.69E-03	96.5	112.3	±	1.0	489.6	±	3.7
# 106	8.10E-06	3.02E-02	±	2.23E-03	2.45E-01	±	1.91E-01	5.88E-03	±	2.29E-03	92.5	109.6	±	1.2	479.0	±	4.8
# 107	7.73E-06	5.60E-03	±	2.11E-03	-1.18E-01	±	1.97E-01	-5.30E-03	±	2.16E-03	98.6	113.8	±	1.2	495.2	±	4.6
# 108	7.73E-06	1.90E-02	±	2.34E-03	6.03E-02	±	2.04E-01	-2.98E-03	±	2.17E-03	95.2	112.2	±	1.4	489.2	±	5.2
# 109	6.63E-06	3.66E-02	±	2.48E-03	1.68E-01	±	2.67E-01	-3.26E-03	±	3.26E-03	91.2	112.4	±	1.6	489.9	±	6.0
# 110	8.95E-06	3.04E-02	±	2.01E-03	-1.20E-01	±	1.69E-01	2.75E-04	±	2.35E-03	92.5	111.2	±	1.8	485.2	±	7.0
# 111	1.09E-05	2.54E-02	±	1.66E-03	1.91E-01	±	1.57E-01	-9.22E-04	±	2.42E-03	93.7	111.4	±	1.3	486.1	±	5.0
# 112	9.82E-06	1.70E-01	±	3.25E-03	3.76E-01	±	1.80E-01	1.64E-03	±	2.99E-03	68.7	110.3	±	1.8	481.9	±	6.7
# 113	8.86E-06	1.24E-01	±	2.94E-03	9.59E-02	±	1.81E-01	-4.66E-04	±	2.21E-03	75.0	109.8	±	1.2	479.8	±	4.4
# 114	7.97E-06	5.07E-02	±	2.28E-03	2.04E-01	±	1.93E-01	4.36E-04	±	2.30E-03	88.1	110.8	±	1.2	483.6	±	4.6
# 115	8.30E-06	9.59E-03	±	1.95E-03	1.56E-02	±	1.88E-01	7.19E-05	±	2.48E-03	97.6	113.3	±	1.7	493.3	±	6.4
# 117	2.00E-05	1.26E-02	±	9.84E-04	7.54E-02	±	1.06E-01	-1.13E-03	±	1.12E-03	96.8	110.9	±	0.8	484.2	±	3.1
# 118	1.30E-05	8.65E-02	±	2.30E-03	-1.13E-01	±	1.62E-01	1.53E-04	±	1.85E-03	80.6	106.0	±	1.5	465.4	±	5.7
# 119	1.12E-05	9.68E-02	±	2.17E-03	-9.87E-02	±	1.82E-01	-4.25E-03	±	1.72E-03	78.1	101.9	±	1.2	449.2	±	4.8
# 120	1.24E-05	1.89E-01	±	2.80E-03	-6.03E-02	±	1.64E-01	-3.43E-03	±	2.28E-03	64.1	99.7	±	1.3	440.7	±	5.0
# 121	1.12E-05	8.33E-02	±	2.41E-03	-8.53E-02	±	1.95E-01	2.01E-04	±	1.69E-03	81.0	105.2	±	1.3	462.0	±	5.2
# 122	1.13E-05	2.15E-01	±	2.98E-03	-2.52E-01	±	1.86E-01	-3.10E-03	±	2.08E-03	59.3	92.4	±	1.2	411.7	±	4.7
# 123	1.19E-05	4.56E-02	±	1.83E-03	1.03E-02	±	1.75E-01	-1.59E-03	±	1.35E-03	89.2	111.1	±	1.4	484.7	±	5.2
# 124	1.20E-05	1.19E-01	±	3.17E-03	-9.61E-02	±	1.72E-01	-1.73E-03	±	2.54E-03	73.4	96.9	±	1.4	429.8	±	5.5
# 125	1.35E-05	1.74E-02	±	1.57E-03	3.03E-01	±	1.58E-01	-9.15E-04	±	1.60E-03	95.6	111.4	±	1.6	486.1	±	5.9
# 126	1.32E-05	1.11E-02	±	1.52E-03	9.61E-02	±	1.63E-01	-2.68E-04	±	1.51E-03	97.1	110.4	±	1.3	482.3	±	5.0
# 127	1.28E-05	2.40E-01	±	4.08E-03	9.69E-02	±	1.63E-01	-7.79E-03	±	1.85E-03	57.7	96.7	±	1.5	429.0	±	6.0
# 128	1.22E-05	1.86E-01	±	2.96E-03	2.52E-02	±	1.95E-01	-3.42E-03	±	3.30E-03	64.3	99.0	±	1.3	437.8	±	5.1
# 129	1.47E-05	1.71E-01	±	3.20E-03	-1.48E-01	±	1.46E-01	4.33E-04	±	2.95E-03	66.6	100.3	±	1.5	443.1	±	6.0
# 130	2.06E-05	3.49E-01	±	3.43E-03	-5.01E-02	±	1.06E-01	1.05E-03	±	2.23E-03	44.8	83.5	±	1.0	376.0	±	4.1
# 131	1.54E-05	3.10E-01	±	3.79E-03	-2.10E-01	±	1.39E-01	-2.57E-04	±	2.33E-03	51.5	97.3	±	1.3	431.2	±	4.9
# 132	1.82E-05	1.41E-01	±	2.34E-03	-1.57E-01	±	1.19E-01	-1.04E-03	±	2.13E-03	71.2	102.9	±	1.1	453.2	±	4.2
# 133	1.88E-05	1.34E-01	±	1.50E-03	4.35E-02	±	1.35E-01	-4.39E-03	±	1.55E-03	73.5	109.2	±	0.7	477.5	±	2.8
# 134	2.43E-05	1.09E-01	±	1.36E-03	-3.50E-02	±	9.10E-02	-1.85E-03	±	1.11E-03	76.4	104.9	±	0.8	460.8	±	3.0
# 135	2.15E-05	2.95E-02	±	9.36E-04	3.44E-02	±	1.00E-01	7.05E-04	±	1.39E-03	92.9	113.4	±	1.3	493.5	±	4.9
# 136	2.43E-05	1.42E-01	±	1.78E-03	-9.40E-02	±	9.25E-02	3.33E-03	±	1.99E-03	71.2	103.7	±	1.1	456.3	±	4.4
# 137	2.03E-05	1.38E-01	±	2.09E-03	-1.01E-01	±	1.04E-01	-3.18E-03	±	1.42E-03	70.9	99.6	±	1.2	440.2	±	4.6

# 138	1.96E-05	2.00E-01	±	2.80E-03	-6.07E-02	±	1.07E-01	2.25E-03	±	1.67E-03	63.1	101.2	±	1.2	446.5	±	4.6
# 139	1.84E-05	2.99E-01	±	3.69E-03	-1.26E-01	±	1.15E-01	-1.81E-03	±	1.73E-03	50.0	88.3	±	1.2	395.4	±	4.7
# 140	1.96E-05	2.67E-01	±	3.59E-03	-1.26E-01	±	1.11E-01	-3.87E-04	±	1.99E-03	55.0	96.5	±	1.2	428.0	±	4.8
# 141	1.79E-05	2.87E-01	±	3.29E-03	2.31E-02	±	1.19E-01	8.31E-04	±	1.68E-03	52.7	94.2	±	1.1	419.0	±	4.5
# 142	1.99E-05	5.54E-02	±	1.26E-03	-6.06E-02	±	1.10E-01	1.33E-03	±	1.70E-03	87.1	110.4	±	1.3	482.2	±	5.0
# 143	1.96E-05	8.11E-02	±	1.31E-03	-6.30E-02	±	1.08E-01	-7.26E-04	±	1.44E-03	82.1	109.6	±	0.9	479.1	±	3.4
# 144	2.09E-05	1.45E-02	±	9.57E-04	-2.58E-02	±	1.06E-01	-2.16E-03	±	1.08E-03	96.3	112.3	±	0.7	489.4	±	2.7
# 145	2.03E-05	4.79E-02	±	1.43E-03	-6.82E-02	±	1.06E-01	-4.01E-04	±	1.31E-03	88.1	105.1	±	1.2	461.9	±	4.8
# 146	1.99E-05	6.80E-02	±	1.30E-03	-3.20E-02	±	1.07E-01	-2.57E-03	±	1.13E-03	83.7	103.5	±	1.3	455.4	±	5.0
# 147	1.89E-05	3.33E-02	±	1.48E-03	-3.94E-03	±	1.25E-01	-1.33E-03	±	1.18E-03	91.9	111.5	±	1.0	486.3	±	3.8
# 148	1.97E-05	2.91E-01	±	3.69E-03	3.85E-02	±	1.10E-01	-5.42E-03	±	2.94E-03	48.9	82.2	±	1.1	370.7	±	4.4
# 149	1.89E-05	7.74E-02	±	1.37E-03	-1.34E-02	±	1.18E-01	-2.62E-03	±	1.63E-03	82.6	108.6	±	0.9	475.1	±	3.6
# 150	1.65E-05	2.47E-01	±	3.44E-03	-7.31E-02	±	1.34E-01	-6.07E-03	±	2.59E-03	55.1	89.8	±	1.1	401.3	±	4.5
# 151	1.61E-05	2.93E-01	±	4.29E-03	1.22E-01	±	1.31E-01	2.19E-03	±	1.63E-03	51.8	92.7	±	1.3	413.1	±	5.3
# 152	1.71E-05	4.46E-02	±	1.35E-03	-1.37E-01	±	1.24E-01	-1.04E-03	±	1.43E-03	89.2	109.1	±	1.1	477.2	±	4.4
# 153	1.83E-05	6.58E-02	±	1.42E-03	3.12E-02	±	1.21E-01	-2.81E-03	±	1.13E-03	85.3	112.9	±	1.1	491.8	±	4.0
# 154	1.66E-05	2.81E-02	±	1.12E-03	2.90E-02	±	1.27E-01	-1.79E-03	±	9.37E-04	93.2	113.4	±	0.6	493.6	±	2.3
# 155	3.73E-05	6.79E-03	±	5.86E-04	-6.68E-02	±	5.58E-02	-5.11E-04	±	7.31E-04	98.3	112.3	±	0.6	489.5	±	2.1
# 156	3.73E-05	1.12E-02	±	3.79E-04	3.56E-02	±	6.13E-02	6.38E-04	±	9.78E-04	97.2	113.1	±	0.4	492.6	±	1.5
# 157	3.10E-05	2.30E-02	±	4.90E-04	2.61E-02	±	7.24E-02	5.08E-05	±	1.06E-03	94.1	109.2	±	0.5	477.5	±	1.8
# 158	2.92E-05	1.25E-02	±	3.86E-04	-2.55E-02	±	7.52E-02	-1.24E-03	±	8.92E-04	96.8	109.8	±	0.6	479.8	±	2.1
# 159	2.77E-05	4.77E-02	±	5.80E-04	4.90E-03	±	8.42E-02	-1.17E-03	±	7.62E-04	88.5	108.6	±	0.9	475.1	±	3.6
# 160	2.79E-05	8.16E-03	±	3.72E-04	-1.91E-02	±	8.35E-02	4.43E-04	±	1.09E-03	97.9	111.5	±	1.0	486.3	±	4.0
# 161	2.62E-05	3.41E-02	±	7.37E-04	-7.90E-02	±	8.25E-02	-3.37E-04	±	8.32E-04	91.6	109.7	±	0.6	479.4	±	2.3
# 162	2.63E-05	4.75E-02	±	8.70E-04	1.11E-03	±	8.40E-02	-1.52E-03	±	8.86E-04	88.8	111.5	±	0.5	486.2	±	1.9
# 163	2.43E-05	5.40E-02	±	5.39E-04	-4.76E-02	±	8.80E-02	-1.34E-03	±	8.57E-04	87.3	110.0	±	0.7	480.8	±	2.7
# 164	2.92E-05	5.44E-02	±	8.34E-04	-3.03E-02	±	7.38E-02	-7.63E-04	±	1.19E-03	87.4	111.6	±	0.9	486.9	±	3.3
# 165	2.87E-05	3.05E-02	±	4.64E-04	-4.46E-02	±	7.62E-02	-7.76E-04	±	9.73E-04	92.2	107.2	±	0.5	469.8	±	1.8
# 166	2.71E-05	2.95E-02	±	6.54E-04	3.34E-03	±	8.46E-02	3.75E-04	±	1.39E-03	92.5	106.6	±	0.6	467.5	±	2.4
# 167	2.66E-05	7.39E-03	±	4.01E-04	-2.59E-02	±	8.43E-02	-6.13E-04	±	8.76E-04	98.1	114.1	±	1.0	496.4	±	3.9
# 168	2.75E-05	1.06E-02	±	4.22E-04	1.02E-02	±	8.42E-02	-3.89E-04	±	8.81E-04	97.3	112.3	±	0.9	489.4	±	3.6
# 169	3.13E-05	8.54E-03	±	3.90E-04	-1.29E-02	±	7.05E-02	-7.78E-04	±	8.29E-04	97.8	112.7	±	0.9	491.1	±	3.5
# 170	3.20E-05	7.84E-03	±	2.79E-04	-7.38E-02	±	6.55E-02	8.26E-04	±	7.94E-04	98.0	111.5	±	0.7	486.4	±	2.6
# 171	1.10E-05	5.76E-02	±	1.75E-03	-2.19E-01	±	1.73E-01	-1.67E-03	±	1.84E-03	86.6	110.0	±	1.2	480.8	±	4.7
# 172	8.69E-06	2.95E-02	±	1.61E-03	2.89E-02	±	2.18E-01	1.91E-03	±	2.06E-03	92.8	111.8	±	1.7	487.4	±	6.4
# 173	1.08E-05	2.77E-02	±	1.62E-03	-1.29E-01	±	1.82E-01	-8.09E-04	±	1.92E-03	92.9	106.9	±	1.2	468.7	±	4.6

# 174	1.15E-05	1.35E-02	±	1.37E-03	-1.64E-01	±	1.75E-01	-7.57E-04	±	1.68E-03	96.6	113.3	±	1.6	493.1	±	6.1
# 175	1.12E-05	2.52E-02	±	1.48E-03	-1.71E-01	±	1.82E-01	-3.77E-03	±	1.48E-03	93.7	110.9	±	1.3	484.1	±	5.0
# 176	1.17E-05	2.14E-02	±	1.24E-03	-1.64E-01	±	1.66E-01	-1.91E-03	±	1.49E-03	94.7	112.9	±	1.1	491.7	±	4.4
# 177	1.08E-05	7.84E-03	±	1.53E-03	-3.69E-02	±	1.83E-01	-4.78E-04	±	1.85E-03	98.0	113.8	±	1.3	495.3	±	4.9
# 178	1.20E-05	3.23E-02	±	1.54E-03	4.38E-02	±	1.91E-01	-9.40E-04	±	1.45E-03	91.6	104.1	±	1.0	458.0	±	3.8
# 179	1.35E-05	6.90E-02	±	1.67E-03	-1.11E-02	±	1.47E-01	-3.82E-03	±	1.24E-03	83.0	99.6	±	1.2	440.2	±	4.7
# 180	1.15E-05	2.95E-02	±	1.67E-03	-3.19E-02	±	1.72E-01	-1.16E-03	±	1.99E-03	92.7	110.7	±	1.7	483.3	±	6.4
# 181	1.17E-05	1.35E-02	±	1.40E-03	2.49E-02	±	1.85E-01	-6.74E-04	±	1.53E-03	96.6	113.0	±	1.2	492.0	±	4.5
# 182	1.27E-05	1.28E-02	±	1.24E-03	1.10E-02	±	1.79E-01	-1.83E-03	±	1.38E-03	96.7	109.3	±	1.1	478.0	±	4.2
# 183	1.31E-05	2.73E-02	±	1.18E-03	-9.50E-02	±	1.54E-01	-2.91E-03	±	1.13E-03	93.3	112.4	±	1.4	489.7	±	5.4
# 184	1.32E-05	2.73E-02	±	1.19E-03	1.44E-01	±	1.67E-01	2.45E-05	±	1.61E-03	93.3	112.7	±	1.1	491.1	±	4.2
# 185	1.21E-05	6.13E-01	±	6.61E-03	-2.62E-01	±	1.68E-01	-5.12E-03	±	3.30E-03	38.9	115.2	±	1.5	500.6	±	5.7
# 186	1.23E-05	2.82E-02	±	1.42E-03	-9.69E-02	±	1.61E-01	-1.25E-04	±	2.36E-03	93.1	112.5	±	1.2	490.2	±	4.5
# 187	1.22E-05	3.23E-02	±	1.26E-03	-1.17E-01	±	1.62E-01	-8.12E-04	±	1.66E-03	92.3	113.6	±	1.4	494.5	±	5.5
# 188	1.23E-05	5.12E-02	±	1.49E-03	-1.12E-01	±	1.64E-01	-4.84E-03	±	1.56E-03	87.9	110.0	±	1.4	480.5	±	5.5
# 189	1.21E-05	7.29E-02	±	1.59E-03	-1.61E-01	±	1.64E-01	-2.24E-03	±	2.25E-03	83.5	108.8	±	1.2	475.9	±	4.6
# 190	1.07E-05	5.25E-02	±	1.81E-03	3.06E-01	±	1.90E-01	-1.65E-03	±	1.72E-03	87.2	105.3	±	1.4	462.5	±	5.3
# 191	1.33E-05	1.09E-01	±	2.14E-03	4.62E-02	±	1.50E-01	-5.49E-04	±	2.71E-03	75.4	98.5	±	1.2	435.9	±	4.7
# 192	1.17E-05	1.03E-01	±	2.09E-03	-7.85E-02	±	1.69E-01	-2.68E-03	±	1.39E-03	76.2	96.9	±	1.1	429.7	±	4.2
# 193	1.33E-05	1.90E-01	±	2.47E-03	-1.34E-01	±	1.48E-01	-1.54E-03	±	1.62E-03	61.9	91.1	±	1.0	406.7	±	4.0
# 194	1.07E-05	2.91E-01	±	4.21E-03	1.54E-02	±	1.89E-01	-6.60E-03	±	2.29E-03	53.1	97.2	±	1.4	431.0	±	5.4
# 195	8.29E-06	3.24E-02	±	2.66E-03	-2.28E-01	±	2.41E-01	-1.36E-03	±	2.46E-03	92.2	112.5	±	1.9	490.3	±	7.3
# 196	7.47E-06	1.43E-02	±	2.97E-03	-5.10E-02	±	2.60E-01	-7.91E-04	±	2.10E-03	96.4	113.7	±	1.8	494.8	±	6.8
# 197	6.62E-06	2.65E-02	±	3.63E-03	-2.24E-02	±	3.09E-01	6.64E-04	±	2.25E-03	93.5	112.9	±	2.5	491.8	±	9.5
# 198	6.59E-06	7.43E-02	±	3.58E-03	-1.16E-01	±	2.93E-01	-1.63E-03	±	2.30E-03	82.8	105.9	±	1.7	464.9	±	6.7
# 199	6.18E-06	2.83E-02	±	3.56E-03	1.42E-01	±	3.55E-01	-5.91E-03	±	2.54E-03	92.7	106.0	±	2.2	465.2	±	8.4
# 200	5.69E-06	2.61E-02	±	3.80E-03	7.59E-02	±	3.50E-01	-9.17E-04	±	2.51E-03	93.1	103.8	±	2.1	456.7	±	8.1
# 201	7.31E-06	8.52E-03	±	2.91E-03	-5.70E-02	±	2.69E-01	-2.82E-03	±	2.35E-03	97.8	110.6	±	1.5	483.0	±	5.8
Total	2.65E-03	6.45E-02	±	1.32E-04	-1.50E-02	±	9.58E-03	-8.25E-04	±	1.31E-04	85.1	108.8	±	0.1	476.2	±	4.3

9.3.2.4. LEP3

Echantillon sur la tranche :

	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$	$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$	$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$	% $^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$	Age (Ma)
--	--------------------	--	---	---	----------------------	-------------------------------------	----------

Spot #		(± 1σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2757E-02 ± .2818E-04																	
# 1	1.27E-05	8.67E-02	±	1.35E-03	-5.41E-02	±	4.60E-02	-7.18E-04	±	1.72E-03	79.8	101.1	±	0.7	443.5	±	2.8
# 2	1.15E-05	5.52E-02	±	1.06E-03	1.30E-02	±	6.29E-02	-2.60E-03	±	1.68E-03	86.3	102.5	±	1.1	449.1	±	4.2
# 3	1.44E-05	1.00E-01	±	1.25E-03	9.54E-02	±	4.67E-02	-3.75E-03	±	1.63E-03	74.2	85.2	±	0.7	380.6	±	2.9
# 4	1.45E-05	1.11E-01	±	1.47E-03	-9.98E-03	±	4.32E-02	3.01E-03	±	1.00E-03	68.2	70.3	±	0.6	319.8	±	2.7
# 5	1.01E-05	4.50E-02	±	1.44E-03	-1.08E-01	±	6.40E-02	-4.29E-03	±	1.68E-03	78.6	48.8	±	0.7	227.5	±	2.9
# 6	1.28E-05	5.97E-02	±	1.06E-03	-5.35E-02	±	4.78E-02	-2.93E-03	±	1.37E-03	81.1	75.8	±	0.8	342.2	±	3.2
# 7	9.58E-06	4.94E-02	±	1.63E-03	5.85E-02	±	6.61E-02	4.54E-04	±	1.29E-03	88.0	106.7	±	1.3	465.2	±	4.8
# 8	1.04E-05	2.83E-02	±	1.06E-03	-3.81E-02	±	6.40E-02	-2.55E-03	±	9.71E-04	92.6	105.2	±	1.1	459.3	±	4.4
# 9	1.04E-05	2.44E-02	±	9.74E-04	7.43E-02	±	6.90E-02	-3.65E-04	±	1.77E-03	93.8	108.7	±	1.4	472.8	±	5.5
# 10	9.14E-06	1.83E-02	±	1.06E-03	-1.52E-02	±	7.27E-02	-1.85E-03	±	1.71E-03	95.2	107.9	±	1.3	469.7	±	5.0
# 11	9.97E-06	1.47E-02	±	8.56E-04	1.06E-02	±	5.99E-02	-3.15E-03	±	1.50E-03	95.8	99.0	±	1.2	435.5	±	4.7
# 12	1.13E-05	9.42E-02	±	1.64E-03	-7.64E-03	±	5.91E-02	-3.09E-03	±	1.80E-03	70.0	65.0	±	0.6	297.3	±	2.6
# 13	1.19E-05	6.57E-02	±	1.44E-03	7.75E-03	±	5.27E-02	-2.31E-03	±	1.11E-03	77.9	68.4	±	0.8	311.6	±	3.4
# 14	9.61E-06	1.55E-02	±	4.41E-04	1.36E-01	±	7.23E-02	1.30E-03	±	1.27E-03	95.6	98.7	±	1.2	434.2	±	4.6
# 15	9.13E-06	3.85E-02	±	1.18E-03	-2.42E-02	±	7.00E-02	4.95E-04	±	1.78E-03	88.9	91.1	±	0.8	404.1	±	3.4
# 16	9.51E-06	1.46E-03	±	3.86E-04	4.54E-02	±	7.01E-02	-1.24E-03	±	1.11E-03	99.6	110.2	±	1.0	478.4	±	3.7
# 17	8.81E-06	2.37E-03	±	5.23E-04	7.98E-03	±	7.43E-02	2.14E-03	±	1.86E-03	99.4	110.5	±	1.5	479.6	±	5.7
# 18	1.01E-05	4.80E-03	±	4.59E-04	-4.04E-02	±	6.25E-02	-2.99E-03	±	1.21E-03	98.7	107.4	±	1.2	467.8	±	4.4
# 19	9.42E-06	9.97E-03	±	5.48E-04	-7.89E-02	±	7.09E-02	-7.07E-04	±	1.80E-03	97.3	104.5	±	1.1	456.7	±	4.3
# 20	9.45E-06	8.70E-03	±	5.38E-04	-8.28E-02	±	6.70E-02	-1.17E-03	±	1.15E-03	97.6	102.4	±	0.6	448.6	±	2.3
# 21	9.21E-06	7.33E-03	±	5.34E-04	-3.57E-02	±	6.77E-02	5.99E-04	±	1.50E-03	97.9	103.1	±	1.7	451.2	±	6.4
# 22	8.99E-06	1.84E-02	±	6.81E-04	-7.92E-02	±	7.43E-02	-1.63E-03	±	1.16E-03	95.0	103.7	±	1.0	453.6	±	3.8
# 23	9.87E-06	6.74E-02	±	1.40E-03	-5.77E-02	±	6.32E-02	-3.89E-03	±	2.26E-03	83.7	101.9	±	1.2	446.6	±	4.7
# 24	1.05E-05	6.79E-02	±	2.00E-03	1.42E-02	±	5.94E-02	-7.96E-04	±	2.01E-03	83.7	102.7	±	1.0	449.8	±	3.9
# 25	1.11E-05	1.21E-01	±	2.52E-03	-3.68E-02	±	6.00E-02	-3.62E-03	±	2.23E-03	73.7	100.0	±	1.3	439.0	±	5.2
# 26	1.35E-05	1.21E-01	±	1.85E-03	-4.36E-02	±	4.75E-02	-3.26E-03	±	1.36E-03	64.9	66.0	±	0.9	301.6	±	3.8
# 27	1.25E-05	1.17E-01	±	2.04E-03	-2.78E-02	±	5.33E-02	-3.46E-04	±	1.19E-03	68.9	76.4	±	0.9	344.7	±	3.6
# 28	1.12E-05	8.49E-02	±	1.26E-03	-2.07E-02	±	5.40E-02	3.00E-03	±	1.48E-03	77.7	87.3	±	1.1	388.9	±	4.5
# 29	8.58E-06	5.46E-02	±	1.47E-03	-9.88E-02	±	7.20E-02	-6.25E-03	±	1.58E-03	86.9	107.4	±	1.5	468.0	±	5.6
# 30	1.02E-05	5.36E-02	±	1.88E-03	1.50E-02	±	6.88E-02	-5.79E-04	±	1.21E-03	86.9	104.7	±	1.2	457.7	±	4.8
# 31	9.77E-06	7.73E-02	±	1.24E-03	3.35E-02	±	7.20E-02	-3.13E-03	±	1.66E-03	82.1	104.8	±	1.1	457.9	±	4.1
# 32	1.06E-05	4.15E-02	±	1.00E-03	8.93E-02	±	6.16E-02	7.23E-04	±	2.31E-03	89.8	108.0	±	0.6	470.0	±	2.4
# 33	1.19E-05	6.43E-02	±	1.16E-03	-3.71E-02	±	5.31E-02	5.05E-04	±	1.18E-03	81.3	82.7	±	0.9	370.5	±	3.8

# 34	1.29E-05	1.21E-01	±	2.08E-03	-2.74E-02	±	4.77E-02	-8.80E-04	±	2.32E-03	68.3	77.1	±	1.0	347.5	±	4.0
# 35	1.03E-05	1.16E-01	±	2.19E-03	3.14E-01	±	6.82E-02	-6.72E-03	±	1.38E-03	69.9	79.8	±	1.1	358.6	±	4.5
# 36	1.22E-05	1.01E-01	±	1.43E-03	1.48E-01	±	5.58E-02	5.12E-04	±	1.92E-03	71.8	76.2	±	0.9	343.8	±	3.7
# 37	8.81E-06	3.40E-02	±	9.34E-04	-1.77E-03	±	7.19E-02	-2.78E-03	±	1.94E-03	91.4	106.8	±	1.1	465.6	±	4.0
# 38	9.51E-06	7.61E-02	±	1.53E-03	6.94E-02	±	7.38E-02	-2.35E-03	±	1.59E-03	81.9	101.9	±	0.9	446.5	±	3.7
# 39	9.96E-06	6.14E-02	±	1.24E-03	8.21E-02	±	7.15E-02	-5.73E-03	±	1.96E-03	83.9	94.8	±	1.1	419.0	±	4.2
# 40	1.05E-05	5.40E-02	±	1.86E-03	1.76E-02	±	7.46E-02	-2.30E-03	±	1.55E-03	86.5	102.0	±	1.1	447.0	±	4.3
# 41	1.22E-05	1.17E-01	±	1.82E-03	3.16E-02	±	6.19E-02	2.82E-03	±	1.90E-03	70.7	83.7	±	0.9	374.3	±	3.7
# 42	1.27E-05	1.34E-01	±	2.45E-03	-5.27E-02	±	5.92E-02	-4.32E-03	±	1.85E-03	65.4	75.0	±	1.1	338.8	±	4.7
# 43	1.02E-05	1.07E-01	±	2.00E-03	-4.79E-02	±	6.61E-02	-4.17E-03	±	1.70E-03	72.5	83.6	±	1.0	374.2	±	4.1
# 44	9.68E-06	7.43E-02	±	1.91E-03	-1.97E-02	±	7.22E-02	-7.50E-03	±	1.36E-03	79.8	86.5	±	0.9	385.9	±	3.7
# 45	7.18E-06	1.16E-01	±	2.34E-03	-1.61E-04	±	9.54E-02	-5.76E-03	±	2.56E-03	71.1	84.8	±	1.4	379.1	±	5.5
# 46	6.72E-06	4.62E-02	±	1.44E-03	-3.02E-02	±	1.01E-01	-2.22E-03	±	1.87E-03	87.2	92.8	±	0.9	410.8	±	3.4
# 47	5.60E-06	4.31E-02	±	1.66E-03	-1.46E-01	±	1.50E-01	-1.82E-03	±	2.22E-03	88.3	95.6	±	1.5	422.0	±	6.1
# 48	8.32E-06	1.38E-01	±	2.81E-03	-1.05E-02	±	1.04E-01	-1.83E-03	±	1.99E-03	67.1	83.3	±	1.3	372.9	±	5.2
# 49	8.10E-06	1.46E-01	±	3.29E-03	7.42E-02	±	1.14E-01	8.21E-04	±	2.01E-03	63.9	76.5	±	1.3	345.3	±	5.5
# 52	1.03E-05	1.42E-01	±	2.59E-03	-4.39E-03	±	8.31E-02	2.19E-03	±	1.24E-03	63.8	74.0	±	1.0	334.9	±	4.1
# 53	9.27E-06	1.35E-01	±	2.32E-03	3.41E-01	±	1.10E-01	-3.33E-03	±	2.43E-03	68.9	88.7	±	1.0	394.5	±	4.2
# 54	9.66E-06	8.83E-02	±	1.83E-03	3.30E-02	±	8.47E-02	2.94E-04	±	2.26E-03	78.7	96.2	±	1.1	424.4	±	4.5
# 55	1.05E-05	7.44E-02	±	1.42E-03	2.30E-02	±	8.34E-02	-8.90E-04	±	1.38E-03	81.2	95.1	±	0.9	420.1	±	3.6
# 56	1.11E-05	1.14E-01	±	1.44E-03	-6.97E-02	±	7.83E-02	-6.01E-03	±	1.93E-03	73.3	92.1	±	0.9	408.0	±	3.7
# 57	1.14E-05	1.01E-01	±	1.75E-03	-1.63E-02	±	7.44E-02	-2.07E-03	±	1.35E-03	74.3	86.6	±	1.0	386.1	±	4.2
# 58	1.06E-05	7.82E-02	±	1.62E-03	-4.52E-02	±	7.76E-02	-5.28E-03	±	1.95E-03	79.1	87.4	±	1.3	389.2	±	5.3
# 59	1.07E-05	1.11E-01	±	2.23E-03	3.13E-02	±	8.53E-02	-7.36E-03	±	1.67E-03	70.8	79.0	±	1.0	355.4	±	4.3
# 60	1.18E-05	1.59E-01	±	2.62E-03	-6.08E-02	±	7.05E-02	6.20E-04	±	2.05E-03	63.9	82.9	±	1.0	371.2	±	4.0
# 61	9.66E-06	1.29E-01	±	1.83E-03	-1.16E-01	±	8.77E-02	3.55E-03	±	2.89E-03	68.3	81.9	±	0.9	367.2	±	3.7
# 62	1.04E-05	2.81E-02	±	1.05E-03	-4.48E-04	±	8.78E-02	-1.69E-03	±	1.39E-03	92.7	105.9	±	0.9	462.2	±	3.6
# 63	1.08E-05	3.66E-02	±	9.43E-04	-6.39E-02	±	7.75E-02	-1.26E-04	±	1.88E-03	89.8	95.3	±	0.9	420.7	±	3.5
# 64	1.20E-05	1.16E-01	±	1.91E-03	-9.78E-02	±	7.13E-02	-3.53E-03	±	1.22E-03	71.9	87.5	±	1.2	389.7	±	4.7
# 65	1.18E-05	1.19E-01	±	2.58E-03	-9.18E-02	±	7.46E-02	2.61E-03	±	2.37E-03	71.7	89.1	±	1.3	396.2	±	5.0
# 66	1.11E-05	7.02E-02	±	1.33E-03	1.71E-01	±	8.07E-02	2.22E-03	±	1.36E-03	81.3	90.1	±	1.0	400.1	±	4.0
# 67	1.10E-05	6.06E-02	±	1.44E-03	1.37E-01	±	7.63E-02	-4.09E-03	±	1.38E-03	83.9	93.4	±	1.4	413.1	±	5.5
# 68	9.92E-06	1.31E-01	±	2.47E-03	-7.40E-02	±	8.77E-02	3.86E-04	±	2.71E-03	70.1	90.7	±	1.1	402.5	±	4.3
# 69	1.37E-05	9.72E-02	±	1.52E-03	4.63E-02	±	6.38E-02	-1.29E-04	±	1.53E-03	76.4	92.8	±	0.7	410.8	±	2.9
# 70	9.13E-06	3.37E-02	±	1.13E-03	-5.71E-02	±	9.18E-02	-2.06E-03	±	1.32E-03	91.1	102.4	±	1.1	448.7	±	4.4
# 71	1.09E-05	4.39E-02	±	1.02E-03	2.38E-01	±	8.30E-02	-9.08E-05	±	1.53E-03	88.4	99.1	±	1.4	435.8	±	5.4

# 72	1.22E-05	5.60E-02	±	1.57E-03	2.01E-01	±	7.61E-02	3.94E-04	±	1.09E-03	85.7	99.4	±	1.1	437.0	±	4.2
# 74	8.37E-06	4.41E-02	±	1.70E-03	-1.18E-02	±	1.01E-01	-2.35E-03	±	1.71E-03	87.2	88.6	±	1.5	394.1	±	6.2
# 76	1.14E-05	1.29E-01	±	2.60E-03	-3.75E-02	±	8.54E-02	-5.53E-03	±	1.76E-03	68.9	84.0	±	1.1	375.8	±	4.6
# 78	1.16E-05	7.42E-02	±	1.62E-03	-1.16E-01	±	7.30E-02	-3.69E-03	±	2.46E-03	82.5	103.6	±	1.6	453.3	±	6.3
# 79	1.01E-05	1.55E-01	±	2.65E-03	1.04E-01	±	9.10E-02	-1.70E-03	±	1.96E-03	65.4	86.7	±	1.0	386.7	±	4.0
# 80	1.27E-05	3.29E-02	±	8.88E-04	-4.83E-02	±	7.71E-02	1.12E-03	±	1.23E-03	91.7	106.8	±	1.1	465.7	±	4.2
# 81	1.27E-05	1.03E-01	±	2.09E-03	-5.45E-02	±	6.84E-02	-5.46E-04	±	1.21E-03	74.5	89.1	±	1.0	396.1	±	3.9
# 82	9.97E-06	6.10E-02	±	1.75E-03	-8.35E-02	±	9.67E-02	-7.64E-04	±	2.51E-03	82.8	86.7	±	1.0	386.7	±	4.1
# 83	1.13E-05	4.95E-02	±	1.53E-03	-4.20E-02	±	7.90E-02	-1.28E-04	±	1.62E-03	86.2	91.2	±	0.9	404.4	±	3.4
# 84	1.07E-05	8.99E-02	±	1.47E-03	9.13E-03	±	8.87E-02	-4.55E-03	±	1.98E-03	77.8	93.1	±	0.9	412.0	±	3.5
# 85	1.27E-05	2.28E-02	±	8.76E-04	-1.21E-01	±	6.67E-02	5.00E-04	±	1.12E-03	94.1	106.9	±	1.4	466.0	±	5.2
# 86	1.09E-05	1.36E-01	±	1.56E-03	4.11E-01	±	8.61E-02	-3.71E-03	±	2.62E-03	67.2	82.2	±	0.8	368.6	±	3.4
# 87	1.21E-05	1.55E-01	±	2.23E-03	-1.23E-02	±	7.09E-02	-2.88E-03	±	1.93E-03	64.2	82.0	±	0.8	367.7	±	3.3
# 88	1.38E-05	3.41E-02	±	6.05E-04	-6.52E-03	±	6.75E-02	-2.74E-03	±	8.64E-04	91.5	108.9	±	1.2	473.6	±	4.4
# 89	1.21E-05	9.40E-02	±	1.93E-03	-1.28E-02	±	7.51E-02	-4.70E-03	±	1.79E-03	78.3	100.1	±	1.2	439.7	±	4.7
# 90	1.19E-05	5.96E-02	±	1.15E-03	-7.41E-02	±	7.90E-02	-2.69E-03	±	1.06E-03	83.3	88.1	±	0.9	392.1	±	3.7
# 91	1.14E-05	5.36E-02	±	1.23E-03	-3.15E-02	±	7.40E-02	-5.05E-03	±	1.05E-03	85.1	90.2	±	1.1	400.6	±	4.3
# 92	9.57E-06	6.58E-02	±	1.07E-03	6.08E-02	±	9.77E-02	-2.43E-03	±	2.32E-03	83.6	98.9	±	0.9	434.9	±	3.5
# 93	9.46E-06	2.19E-02	±	8.72E-04	5.17E-02	±	1.37E-01	-4.87E-03	±	1.20E-03	94.2	105.6	±	1.3	460.9	±	4.8
# 94	1.13E-05	7.02E-02	±	2.05E-03	1.07E-01	±	1.12E-01	-2.83E-03	±	2.00E-03	83.7	106.8	±	1.4	465.4	±	5.3
# 95	7.95E-06	9.89E-02	±	2.83E-03	5.07E-01	±	1.68E-01	-2.18E-03	±	1.74E-03	76.8	96.5	±	1.6	425.7	±	6.1
# 96	8.29E-06	9.47E-02	±	2.59E-03	1.33E-02	±	1.58E-01	1.91E-03	±	2.21E-03	79.2	106.3	±	1.7	463.8	±	6.5
# 97	9.89E-06	6.50E-02	±	1.23E-03	2.66E-02	±	1.28E-01	-6.19E-03	±	1.41E-03	82.7	91.9	±	1.0	407.6	±	4.0
# 98	1.22E-05	4.94E-02	±	1.00E-03	-1.67E-02	±	1.05E-01	-4.47E-03	±	1.62E-03	86.3	92.2	±	1.0	408.4	±	4.0
# 99	9.95E-06	5.22E-02	±	1.25E-03	3.11E-02	±	1.27E-01	-3.22E-03	±	2.05E-03	86.2	96.6	±	1.3	426.0	±	5.2
# 100	9.13E-06	8.84E-02	±	2.08E-03	-1.04E-01	±	1.35E-01	-6.94E-03	±	1.81E-03	76.2	83.7	±	1.0	374.3	±	4.0
# 101	1.03E-05	8.62E-02	±	1.94E-03	-1.82E-02	±	1.20E-01	5.46E-04	±	1.75E-03	79.7	100.2	±	0.9	440.1	±	3.5
# 102	2.98E-06	1.55E-01	±	5.88E-03	-3.16E-02	±	4.18E-01	-8.66E-03	±	4.87E-03	67.7	96.1	±	2.2	423.9	±	8.8
# 104	1.42E-05	7.54E-02	±	1.49E-03	-3.26E-02	±	8.95E-02	-2.57E-03	±	1.02E-03	81.4	97.7	±	1.0	430.2	±	3.9
# 105	1.21E-05	1.02E-01	±	2.12E-03	1.87E-01	±	1.06E-01	-8.67E-04	±	2.69E-03	75.4	92.1	±	1.1	408.3	±	4.2
# 106	1.40E-05	7.70E-02	±	1.15E-03	1.02E-01	±	9.24E-02	4.52E-04	±	1.85E-03	79.2	86.5	±	0.9	385.8	±	3.6
# 108	1.34E-05	1.04E-01	±	2.13E-03	7.14E-02	±	9.36E-02	-1.37E-03	±	1.35E-03	73.9	87.2	±	1.2	388.6	±	4.7
# 109	1.13E-05	7.84E-02	±	1.06E-03	-1.91E-02	±	1.15E-01	4.74E-03	±	2.03E-03	81.1	99.6	±	0.7	437.6	±	2.7
# 110	1.05E-05	8.93E-02	±	2.47E-03	-1.34E-02	±	1.28E-01	5.54E-04	±	1.26E-03	78.5	96.3	±	1.1	424.7	±	4.5
# 111	1.54E-05	6.78E-02	±	1.13E-03	-2.09E-02	±	8.56E-02	-4.22E-03	±	1.14E-03	83.2	98.8	±	1.1	434.7	±	4.5
# 112	1.41E-05	8.14E-02	±	1.26E-03	-4.46E-02	±	8.98E-02	-1.66E-03	±	1.00E-03	79.5	93.0	±	0.8	411.8	±	3.1

# 113	1.26E-05	3.23E-02	±	1.18E-03	-8.62E-02	±	1.00E-01	-1.12E-03	±	1.08E-03	91.5	102.6	±	1.1	449.3	±	4.4
# 114	9.16E-06	1.20E-01	±	2.00E-03	-1.25E-01	±	1.46E-01	1.75E-03	±	3.19E-03	73.2	97.0	±	1.1	427.4	±	4.3
# 115	1.18E-05	8.97E-02	±	1.81E-03	-8.98E-02	±	1.10E-01	-4.52E-03	±	1.22E-03	79.1	100.0	±	1.4	439.4	±	5.3
# 116	9.60E-06	1.37E-01	±	2.32E-03	4.23E-02	±	1.41E-01	-3.92E-04	±	1.81E-03	70.9	99.0	±	1.3	435.3	±	5.1
# 117	1.25E-05	9.19E-02	±	1.14E-03	-8.62E-02	±	1.01E-01	3.85E-04	±	1.58E-03	78.8	100.7	±	0.8	442.1	±	3.1
# 118	1.36E-05	4.15E-02	±	1.21E-03	2.78E-01	±	9.59E-02	2.80E-05	±	1.50E-03	88.9	98.6	±	0.8	433.7	±	3.1
# 120	1.09E-05	7.72E-02	±	1.77E-03	1.29E-01	±	1.20E-01	-7.52E-04	±	1.23E-03	81.1	98.2	±	1.2	432.2	±	4.6
# 121	1.00E-05	9.58E-02	±	1.47E-03	1.02E-01	±	1.30E-01	-5.52E-03	±	1.36E-03	77.1	95.2	±	0.8	420.4	±	3.1
# 122	8.05E-06	1.23E-01	±	2.88E-03	-1.61E-02	±	1.64E-01	5.23E-03	±	2.29E-03	70.9	88.7	±	1.5	394.8	±	5.9
# 123	9.28E-06	1.10E-01	±	2.66E-03	-3.53E-02	±	1.37E-01	2.34E-03	±	2.65E-03	73.3	89.0	±	1.3	396.0	±	5.2
# 124	9.72E-06	1.08E-01	±	2.13E-03	-7.70E-02	±	1.31E-01	-4.74E-03	±	1.62E-03	73.7	89.2	±	1.0	396.8	±	3.8
# 125	1.02E-05	7.86E-02	±	2.55E-03	-2.23E-02	±	1.26E-01	-2.67E-03	±	2.32E-03	80.7	97.3	±	1.4	428.7	±	5.3
# 126	8.88E-06	7.40E-02	±	2.21E-03	6.39E-02	±	1.46E-01	-2.20E-04	±	2.87E-03	80.6	91.0	±	1.7	403.8	±	6.7
# 127	8.60E-06	1.29E-01	±	2.62E-03	4.30E-02	±	1.47E-01	-1.23E-03	±	2.91E-03	67.0	77.2	±	1.3	348.2	±	5.5
# 128	1.11E-05	1.13E-01	±	2.08E-03	1.00E-01	±	1.18E-01	5.60E-04	±	2.22E-03	70.7	80.9	±	0.9	363.4	±	3.7
# 129	7.82E-06	8.54E-02	±	2.55E-03	-1.80E-03	±	1.64E-01	-1.20E-03	±	2.28E-03	80.0	101.2	±	1.4	443.8	±	5.4
Total	1.29E-03	7.85E-02	±	1.53E-04	1.10E-02	±	8.25E-03	-1.62E-03	±	1.61E-04	80.0	92.6	±	0.1	410.2	±	3.8

Echantillon à plat :

	³⁹ Ar _K	³⁶ Ar _{atm} / ³⁹ Ar _K			³⁷ Ar _{Ca} / ³⁹ Ar _K			³⁸ Ar _{Cl} / ³⁹ Ar _K			% ⁴⁰ Ar*	⁴⁰ Ar*/ ³⁹ Ar _K			Age (Ma)		
Spot #		(± 1 σ)			(± 1 σ)			(± 1 σ)				(± 1 σ)			(± 1 σ)		
J = .2757E-02 ± .2818E-04																	
# 1	9.39E-06	6.41E-02	±	2.94E-03	-1.12E-01	±	8.76E-02	-1.83E-03	±	1.81E-03	85.4	110.3	±	1.9	479.1	±	7.1
# 2	1.19E-05	2.80E-02	±	1.93E-03	6.09E-02	±	7.34E-02	-8.62E-04	±	1.47E-03	93.2	113.1	±	1.3	489.8	±	5.0
# 3	1.33E-05	5.00E-02	±	1.83E-03	1.90E-03	±	6.05E-02	-1.23E-03	±	1.56E-03	88.4	112.6	±	1.3	487.6	±	4.9
# 4	1.04E-05	1.83E-01	±	3.39E-03	2.64E-01	±	9.28E-02	-2.80E-03	±	1.80E-03	65.3	102.0	±	1.5	446.9	±	5.7
# 5	1.20E-05	2.64E-01	±	4.04E-03	7.01E-01	±	7.47E-02	-1.70E-03	±	1.58E-03	51.7	83.3	±	1.3	372.8	±	5.2
# 6	1.28E-05	6.70E-02	±	2.09E-03	-4.28E-02	±	6.25E-02	-2.07E-03	±	1.22E-03	82.2	91.2	±	1.1	404.4	±	4.3
# 7	1.19E-05	8.39E-02	±	2.11E-03	-3.92E-03	±	6.93E-02	1.70E-03	±	2.15E-03	77.9	87.4	±	1.0	389.6	±	3.9
# 8	1.13E-05	1.06E-01	±	2.26E-03	1.66E-01	±	7.28E-02	-6.63E-05	±	1.72E-03	77.6	108.3	±	1.3	471.3	±	4.9
# 9	1.07E-05	1.26E-01	±	3.36E-03	-2.26E-02	±	7.30E-02	-5.13E-03	±	1.45E-03	74.7	109.8	±	1.6	476.9	±	6.2
# 10	8.09E-06	1.61E-01	±	4.11E-03	-2.55E-02	±	1.02E-01	-6.04E-03	±	2.98E-03	70.6	114.1	±	1.8	493.5	±	6.8
# 11	9.20E-06	1.60E-01	±	3.40E-03	-1.05E-02	±	8.20E-02	-3.88E-03	±	2.27E-03	67.4	97.5	±	1.6	429.3	±	6.2

# 12	9.59E-06	1.95E-01	±	3.37E-03	-4.78E-02	±	8.15E-02	-3.57E-03	±	2.29E-03	62.0	94.1	±	1.3	415.9	±	5.2
# 13	7.52E-06	2.88E-01	±	6.57E-03	-1.66E-02	±	1.02E-01	-7.31E-03	±	4.17E-03	47.9	78.1	±	1.9	351.6	±	7.8
# 14	9.47E-06	5.89E-02	±	2.85E-03	-6.05E-02	±	8.39E-02	-2.17E-03	±	1.51E-03	84.4	93.9	±	1.6	415.4	±	6.4
# 15	8.83E-06	5.17E-02	±	2.63E-03	-2.64E-02	±	8.90E-02	-1.31E-03	±	1.93E-03	83.7	78.2	±	1.4	352.1	±	5.9
# 16	8.36E-06	2.50E-02	±	2.51E-03	1.94E-03	±	1.05E-01	-5.43E-05	±	2.29E-03	87.8	53.4	±	1.0	247.9	±	4.2
# 17	1.05E-05	4.33E-02	±	1.98E-03	1.35E-01	±	8.26E-02	-6.00E-03	±	1.48E-03	86.7	83.7	±	1.1	374.7	±	4.6
# 18	8.24E-06	4.06E-02	±	2.61E-03	4.57E-02	±	9.94E-02	-1.89E-03	±	1.64E-03	87.5	84.2	±	1.3	376.4	±	5.1
# 19	8.47E-06	1.34E-01	±	3.72E-03	-1.14E-01	±	9.30E-02	-3.61E-03	±	2.27E-03	68.0	83.9	±	1.8	375.5	±	7.3
# 20	9.00E-06	1.70E-01	±	3.26E-03	1.67E-02	±	8.94E-02	9.74E-04	±	3.29E-03	64.7	92.1	±	1.4	408.3	±	5.6
# 21	1.16E-05	1.24E-01	±	3.19E-03	7.77E-02	±	7.16E-02	-1.88E-03	±	2.20E-03	71.7	92.7	±	1.3	410.7	±	5.2
# 22	9.06E-06	1.80E-01	±	4.67E-03	2.27E-01	±	9.74E-02	1.03E-04	±	2.95E-03	61.9	86.5	±	1.7	385.6	±	6.7
# 23	1.06E-05	6.52E-02	±	2.20E-03	-2.24E-03	±	7.91E-02	1.84E-03	±	1.70E-03	84.9	108.2	±	1.2	470.9	±	4.5
# 24	1.15E-05	1.24E-01	±	2.68E-03	4.79E-02	±	7.19E-02	-4.61E-03	±	1.56E-03	72.5	96.6	±	1.2	425.7	±	4.5
# 25	8.64E-06	2.45E-01	±	4.62E-03	3.53E-01	±	9.27E-02	-2.10E-04	±	4.26E-03	59.5	106.4	±	1.8	464.2	±	6.8
# 27	1.05E-05	4.30E-02	±	2.26E-03	-2.10E-03	±	7.24E-02	-3.49E-04	±	1.56E-03	90.0	114.5	±	1.3	494.7	±	5.1
# 28	6.76E-06	7.27E-02	±	3.47E-03	5.40E-02	±	1.22E-01	-3.63E-03	±	1.85E-03	82.0	97.6	±	2.1	429.6	±	8.2
# 29	9.09E-06	7.91E-02	±	2.65E-03	1.17E-01	±	9.05E-02	-2.61E-03	±	2.35E-03	80.8	98.3	±	1.2	432.7	±	4.6
# 30	1.12E-05	4.53E-02	±	2.05E-03	1.64E-02	±	7.12E-02	-5.99E-04	±	1.66E-03	88.6	104.3	±	1.6	456.0	±	6.2
# 31	3.21E-06	3.18E-02	±	6.40E-03	1.53E-01	±	2.68E-01	-5.15E-03	±	3.14E-03	92.2	111.2	±	3.4	482.5	±	13.1
# 32	8.98E-06	5.11E-02	±	2.57E-03	5.06E-02	±	9.39E-02	5.49E-04	±	1.52E-03	85.8	90.9	±	1.3	403.5	±	5.1
# 33	8.55E-06	1.15E-01	±	3.38E-03	4.48E-02	±	1.07E-01	-5.22E-03	±	1.40E-03	72.9	91.5	±	1.7	405.8	±	6.7
# 34	8.14E-06	2.34E-01	±	5.96E-03	1.08E-01	±	1.04E-01	-6.54E-03	±	2.60E-03	57.1	91.9	±	2.1	407.2	±	8.4
# 35	4.94E-06	1.51E-01	±	6.24E-03	3.01E-02	±	1.74E-01	-5.19E-03	±	3.31E-03	65.5	84.7	±	2.4	378.4	±	9.7
Total	3.24E-04	1.12E-01	±	5.30E-04	6.73E-02	±	1.52E-02	-2.18E-03	±	3.66E-04	74.4	96.0	±	0.3	423.6	±	4.0

Echantillon sur la tranche :

	$^{39}\text{Ar}_K$	$^{36}\text{Ar}_{\text{atm}}/^{39}\text{Ar}_K$				$^{37}\text{Ar}_{\text{Ca}}/^{39}\text{Ar}_K$				$^{38}\text{Ar}_{\text{Cl}}/^{39}\text{Ar}_K$			$\% ^{40}\text{Ar}^*$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K$			Age (Ma)		
Spot #		($\pm 1 \sigma$)				($\pm 1 \sigma$)				($\pm 1 \sigma$)				($\pm 1 \sigma$)			($\pm 1 \sigma$)		
J = .2757E-02 $\pm$.2818E-04																			
# 1	1.70E-06	1.14E-01	$\pm$	6.38E-03	-1.45E-03	$\pm$	9.75E-02	-2.70E-03	$\pm$	5.47E-03	73.8	94.4	$\pm$	3.7	417.2	$\pm$	14.7		
# 2	1.09E-06	1.10E-01	$\pm$	8.26E-03	-8.39E-02	$\pm$	1.27E-01	5.52E-03	$\pm$	8.49E-03	72.8	86.9	$\pm$	4.4	387.3	$\pm$	17.8		
# 3	5.64E-07	1.33E-01	$\pm$	1.79E-02	-1.89E-01	$\pm$	2.47E-01	-1.44E-03	$\pm$	1.70E-02	74.8	116.3	$\pm$	8.8	501.8	$\pm$	33.2		
# 4	3.62E-07	1.15E-01	$\pm$	2.35E-02	1.46E-01	$\pm$	3.71E-01	-1.53E-02	$\pm$	2.12E-02	78.3	122.6	$\pm$	14.0	525.4	$\pm$	52.0		

# 5	3.11E-06	8.02E-03	±	2.08E-03	-3.06E-02	±	4.67E-02	-2.19E-03	±	3.12E-03	98.0	113.6	±	3.0	491.4	±	11.3
# 6	3.78E-06	4.69E-03	±	1.74E-03	-1.48E-02	±	3.69E-02	-6.10E-03	±	2.18E-03	98.8	114.9	±	2.5	496.5	±	9.6
# 7	2.61E-06	7.08E-02	±	4.99E-03	-4.51E-02	±	5.42E-02	-6.54E-03	±	5.47E-03	84.3	112.2	±	3.3	486.4	±	12.5
# 8	4.96E-06	9.26E-03	±	1.33E-03	-1.56E-03	±	3.02E-02	-9.35E-04	±	2.28E-03	97.6	111.3	±	1.5	482.6	±	5.6
# 9	2.36E-06	1.10E-02	±	2.64E-03	3.44E-02	±	5.85E-02	2.07E-03	±	4.45E-03	97.3	116.1	±	3.9	501.0	±	14.9
# 10	2.77E-06	3.88E-02	±	2.71E-03	-1.14E-02	±	5.25E-02	-3.01E-03	±	3.19E-03	89.6	99.2	±	2.6	436.1	±	10.0
# 11	2.94E-06	1.50E-02	±	2.20E-03	-4.02E-02	±	4.54E-02	-8.64E-03	±	2.85E-03	96.2	111.0	±	2.4	481.7	±	9.0
# 12	2.62E-06	4.48E-02	±	3.23E-03	3.54E-02	±	5.43E-02	-4.53E-03	±	3.32E-03	88.3	100.3	±	2.1	440.4	±	8.2
# 13	1.41E-06	3.67E-02	±	4.12E-03	-8.58E-02	±	9.86E-02	-1.16E-02	±	5.05E-03	88.0	79.3	±	3.0	356.6	±	12.4
# 14	2.99E-06	3.81E-02	±	3.20E-03	1.34E-02	±	4.59E-02	-5.42E-03	±	3.74E-03	90.3	104.4	±	1.5	456.2	±	5.9
# 15	2.92E-06	1.50E-02	±	2.17E-03	-2.75E-02	±	4.89E-02	-3.29E-03	±	3.07E-03	96.1	109.6	±	1.9	476.1	±	7.3
# 16	2.89E-06	1.10E-02	±	1.77E-03	-1.11E-02	±	4.90E-02	-8.16E-03	±	2.84E-03	97.0	105.3	±	2.7	460.0	±	10.5
# 17	1.93E-06	2.56E-02	±	3.47E-03	-7.55E-02	±	7.24E-02	-7.75E-03	±	3.94E-03	93.7	112.0	±	3.2	485.4	±	12.3
# 18	5.77E-06	1.69E-02	±	1.08E-03	1.56E-02	±	2.38E-02	-3.46E-04	±	1.59E-03	95.7	111.9	±	1.7	485.0	±	6.3
# 19	5.02E-06	3.72E-03	±	1.08E-03	3.59E-03	±	2.89E-02	-1.58E-03	±	1.88E-03	99.1	119.1	±	2.1	512.1	±	7.9
# 20	5.33E-06	1.12E-02	±	1.18E-03	-1.54E-02	±	2.77E-02	-6.16E-04	±	1.89E-03	97.2	112.7	±	1.5	488.3	±	5.6
# 21	6.30E-06	2.11E-02	±	1.27E-03	1.97E-02	±	2.13E-02	6.25E-04	±	1.36E-03	94.5	106.3	±	2.0	463.7	±	7.9
# 22	1.19E-05	1.08E-03	±	4.45E-04	-7.17E-03	±	1.22E-02	-7.93E-04	±	8.26E-04	99.7	115.4	±	0.9	498.3	±	3.4
# 23	1.35E-05	1.30E-03	±	3.99E-04	-3.26E-03	±	1.09E-02	6.10E-04	±	1.54E-03	99.7	114.4	±	0.9	494.6	±	3.4
# 24	1.32E-05	8.50E-03	±	4.13E-04	5.92E-03	±	1.16E-02	-2.93E-03	±	1.26E-03	97.8	112.7	±	1.1	488.2	±	4.2
# 25	4.66E-07	1.29E-03	±	1.09E-02	2.51E-01	±	2.99E-01	8.52E-03	±	1.55E-02	99.7	129.6	±	8.8	551.0	±	32.3
# 26	3.07E-06	-7.40E-04	±	3.92E-03	-4.81E-02	±	4.54E-02	-4.74E-04	±	2.56E-03	100.2	120.7	±	2.7	518.1	±	10.2
# 27	5.74E-06	4.41E-03	±	2.09E-03	-4.94E-03	±	2.72E-02	-3.54E-03	±	1.99E-03	98.8	107.3	±	1.7	467.6	±	6.6
# 28	1.87E-06	7.70E-02	±	6.83E-03	4.42E-03	±	7.27E-02	-2.91E-03	±	6.15E-03	82.0	103.5	±	4.0	452.8	±	15.6
# 29	5.21E-06	3.27E-02	±	2.61E-03	7.38E-03	±	2.60E-02	1.46E-04	±	2.69E-03	91.9	109.8	±	2.8	477.1	±	10.5
# 30	2.61E-06	9.29E-03	±	4.59E-03	1.69E-02	±	5.42E-02	-3.73E-03	±	3.39E-03	97.4	102.9	±	2.7	450.7	±	10.5
# 31	1.33E-05	4.11E-02	±	1.21E-03	-5.41E-03	±	9.87E-03	9.22E-04	±	1.54E-03	87.9	88.5	±	1.0	393.6	±	3.8
# 32	4.92E-06	1.36E-03	±	2.38E-03	-2.10E-02	±	2.87E-02	-3.63E-05	±	2.16E-03	99.7	120.9	±	1.9	518.8	±	7.3
# 33	6.79E-06	1.26E-02	±	1.96E-03	3.47E-03	±	2.11E-02	-2.82E-03	±	1.49E-03	96.8	114.0	±	2.1	493.0	±	8.1
# 34	6.24E-06	2.28E-02	±	2.02E-03	1.71E-02	±	2.62E-02	2.14E-03	±	1.67E-03	94.3	111.7	±	2.3	484.3	±	8.8
# 35	6.51E-06	1.46E-02	±	1.93E-03	1.08E-03	±	2.31E-02	-5.05E-04	±	1.59E-03	96.3	111.0	±	2.3	481.6	±	8.9
# 36	7.93E-06	3.11E-02	±	1.79E-03	-7.67E-03	±	1.68E-02	9.56E-04	±	1.45E-03	92.2	108.9	±	1.6	473.6	±	6.0
# 37	7.07E-06	3.76E-02	±	1.90E-03	4.45E-03	±	2.03E-02	-3.85E-04	±	1.95E-03	89.5	94.9	±	1.4	419.3	±	5.4
# 38	6.16E-06	1.52E-02	±	2.00E-03	1.98E-02	±	2.20E-02	2.78E-03	±	2.20E-03	96.0	108.2	±	1.9	470.9	±	7.4
# 39	5.05E-06	3.59E-02	±	1.95E-03	5.06E-03	±	3.50E-02	-1.30E-04	±	2.49E-03	89.8	93.1	±	1.5	412.2	±	6.1
# 40	3.83E-06	5.88E-02	±	3.13E-03	-2.38E-02	±	4.51E-02	-5.52E-03	±	2.74E-03	84.1	91.6	±	1.9	406.2	±	7.5

# 41	3.90E-06	5.09E-02	±	2.53E-03	-5.88E-03	±	4.43E-02	-8.45E-03	±	2.58E-03	85.6	89.7	±	1.5	398.6	±	5.8
# 42	4.47E-06	3.34E-02	±	2.15E-03	3.54E-02	±	3.81E-02	-2.29E-03	±	2.59E-03	90.4	92.6	±	1.7	410.3	±	6.9
# 43	3.27E-06	5.16E-02	±	2.95E-03	3.73E-02	±	5.51E-02	-5.17E-03	±	2.66E-03	87.4	105.8	±	2.6	461.9	±	10.0
# 44	3.51E-06	4.90E-02	±	2.95E-03	-6.26E-02	±	4.75E-02	-3.21E-03	±	2.25E-03	84.6	79.6	±	1.8	357.8	±	7.3
# 45	4.68E-06	2.66E-02	±	2.01E-03	-3.18E-02	±	3.58E-02	-1.35E-03	±	3.03E-03	92.4	95.3	±	1.9	420.8	±	7.5
# 46	3.75E-06	4.15E-02	±	3.06E-03	-1.59E-02	±	4.45E-02	-6.76E-05	±	2.37E-03	87.9	88.9	±	1.9	395.5	±	7.5
# 47	3.61E-06	5.77E-02	±	3.65E-03	-2.81E-02	±	4.66E-02	-3.73E-03	±	2.74E-03	84.4	92.3	±	2.5	408.9	±	9.8
# 48	3.38E-06	4.04E-02	±	3.11E-03	1.99E-02	±	5.17E-02	-2.86E-03	±	2.52E-03	89.6	102.9	±	2.5	450.4	±	9.6
# 49	3.24E-06	5.23E-02	±	3.19E-03	6.94E-02	±	5.36E-02	-4.87E-03	±	2.77E-03	86.7	100.8	±	2.1	442.4	±	8.2
# 50	3.57E-06	9.01E-02	±	3.63E-03	1.37E-02	±	4.84E-02	-4.78E-04	±	3.08E-03	76.4	86.4	±	1.7	385.4	±	7.0
# 51	3.30E-06	2.46E-02	±	2.90E-03	3.69E-02	±	5.57E-02	-5.12E-03	±	3.04E-03	93.9	110.8	±	1.6	480.9	±	6.2
# 52	3.00E-06	8.28E-03	±	2.79E-03	-4.34E-02	±	5.74E-02	3.53E-04	±	2.77E-03	98.0	118.5	±	2.1	509.8	±	7.8
# 53	3.03E-06	1.24E-02	±	3.19E-03	-4.08E-02	±	5.56E-02	2.09E-04	±	3.74E-03	97.0	119.6	±	3.7	514.1	±	13.8
# 54	3.30E-06	5.08E-03	±	2.44E-03	-2.21E-02	±	5.09E-02	-5.42E-03	±	2.37E-03	98.7	113.0	±	2.4	489.3	±	9.1
# 55	4.07E-06	1.76E-02	±	2.31E-03	-2.79E-02	±	4.11E-02	-5.09E-03	±	2.33E-03	95.7	116.5	±	2.1	502.6	±	7.9
# 56	2.92E-06	8.47E-03	±	2.83E-03	1.71E-02	±	6.68E-02	-7.87E-03	±	2.58E-03	97.9	116.0	±	2.3	500.4	±	8.8
# 57	3.29E-06	3.80E-02	±	2.88E-03	-2.66E-02	±	5.32E-02	-3.56E-03	±	3.60E-03	89.7	98.2	±	2.6	432.2	±	10.2
# 58	3.17E-06	1.81E-03	±	2.84E-03	3.23E-03	±	5.53E-02	6.06E-03	±	5.96E-03	99.5	112.9	±	2.5	488.8	±	9.6
# 59	2.75E-06	1.70E-02	±	3.37E-03	-9.99E-03	±	6.49E-02	-8.33E-04	±	5.16E-03	96.0	120.5	±	2.8	517.4	±	10.6
# 60	3.03E-06	5.25E-03	±	3.28E-03	-1.64E-02	±	5.11E-02	-2.01E-03	±	3.27E-03	98.6	111.4	±	3.2	483.3	±	12.2
# 61	2.88E-06	6.84E-02	±	3.95E-03	1.46E-02	±	6.56E-02	9.42E-04	±	4.77E-03	84.4	109.2	±	2.9	474.9	±	11.2
# 62	3.25E-06	5.08E-02	±	3.20E-03	-1.32E-02	±	5.07E-02	-3.14E-03	±	3.74E-03	87.6	105.6	±	2.1	461.0	±	8.0
# 63	3.27E-06	1.37E-02	±	2.77E-03	-4.44E-02	±	4.89E-02	1.38E-03	±	3.81E-03	96.3	104.3	±	1.8	456.0	±	7.1
# 64	2.98E-06	1.02E-01	±	5.09E-03	-1.15E-02	±	5.50E-02	-3.21E-03	±	5.09E-03	77.5	103.3	±	2.3	451.9	±	9.0
# 65	2.86E-06	4.63E-02	±	3.58E-03	2.37E-02	±	6.26E-02	-7.92E-03	±	4.02E-03	88.3	103.6	±	2.2	453.1	±	8.5
# 66	2.93E-06	1.34E-01	±	5.41E-03	4.72E-02	±	5.79E-02	3.07E-03	±	3.94E-03	67.4	81.6	±	2.4	366.1	±	9.6
# 67	3.24E-06	1.91E-01	±	5.18E-03	1.45E-02	±	5.50E-02	-4.90E-03	±	6.41E-03	56.3	72.4	±	1.7	328.2	±	7.1
# 68	3.32E-06	1.63E-01	±	5.68E-03	-2.52E-02	±	4.71E-02	-2.63E-03	±	4.58E-03	63.1	82.6	±	2.1	369.9	±	8.7
# 69	3.31E-06	1.10E-01	±	3.23E-03	1.63E-02	±	4.89E-02	-3.67E-03	±	3.22E-03	73.7	90.9	±	1.4	403.5	±	5.5
# 70	2.86E-06	1.27E-01	±	4.85E-03	1.97E-02	±	5.88E-02	-6.11E-03	±	4.77E-03	69.1	83.9	±	2.4	375.3	±	9.6
# 71	3.42E-06	1.25E-01	±	4.48E-03	3.42E-02	±	5.01E-02	-1.86E-03	±	5.46E-03	68.1	79.0	±	2.1	355.4	±	8.5
# 72	3.35E-06	1.19E-01	±	4.51E-03	4.79E-02	±	5.34E-02	9.39E-05	±	5.00E-03	71.4	87.7	±	1.8	390.8	±	7.1
# 73	3.26E-06	6.90E-02	±	3.57E-03	-3.18E-02	±	5.02E-02	-1.37E-02	±	3.65E-03	81.9	92.1	±	2.6	408.1	±	10.1
# 74	3.55E-06	5.41E-02	±	3.89E-03	-1.76E-02	±	4.70E-02	-9.13E-03	±	3.51E-03	86.9	105.7	±	2.7	461.2	±	10.5
# 75	3.27E-06	8.08E-02	±	3.70E-03	-2.85E-03	±	5.08E-02	-8.56E-03	±	3.46E-03	80.6	99.1	±	2.4	435.5	±	9.6
# 76	3.12E-06	1.46E-01	±	4.83E-03	-5.22E-04	±	5.21E-02	-5.23E-03	±	4.17E-03	66.6	85.6	±	2.2	382.1	±	8.9

# 77	2.93E-06	6.81E-02	±	5.76E-03	5.85E-03	±	5.91E-02	-1.09E-02	±	3.81E-03	82.5	94.6	±	3.2	418.1	±	12.5
# 78	3.28E-06	2.00E-02	±	4.57E-03	2.55E-03	±	5.02E-02	-4.18E-03	±	3.88E-03	94.6	104.0	±	3.1	454.9	±	11.9
# 79	2.66E-06	2.43E-03	±	5.56E-03	-2.73E-02	±	6.29E-02	-3.18E-03	±	3.79E-03	99.4	114.3	±	3.2	494.2	±	12.1
# 80	2.59E-06	5.52E-02	±	5.96E-03	3.76E-04	±	6.33E-02	5.90E-03	±	6.53E-03	85.8	98.1	±	2.6	432.0	±	10.0
# 81	4.91E-06	3.17E-02	±	2.70E-03	-2.06E-02	±	3.26E-02	1.60E-03	±	2.47E-03	92.1	108.9	±	2.0	473.8	±	7.6
# 82	6.72E-06	5.97E-02	±	2.42E-03	-1.72E-02	±	2.47E-02	-3.75E-04	±	2.65E-03	85.5	103.8	±	1.7	454.1	±	6.6
# 83	7.60E-06	8.16E-02	±	2.24E-03	8.54E-03	±	2.23E-02	-1.76E-03	±	2.36E-03	80.2	97.6	±	1.6	429.7	±	6.4
# 84	3.74E-06	7.50E-02	±	4.28E-03	-1.47E-02	±	4.35E-02	5.67E-03	±	4.87E-03	81.2	95.4	±	2.3	421.1	±	9.0
# 85	8.92E-06	1.24E-01	±	3.00E-03	-1.77E-03	±	1.82E-02	6.57E-03	±	2.72E-03	70.2	86.1	±	1.3	384.1	±	5.1
# 86	7.29E-06	7.53E-02	±	2.81E-03	2.06E-03	±	2.27E-02	-6.91E-04	±	3.05E-03	78.6	81.7	±	1.2	366.3	±	4.7
# 87	7.00E-06	1.91E-01	±	4.21E-03	2.04E-02	±	2.42E-02	3.90E-03	±	2.94E-03	58.3	78.7	±	1.6	354.0	±	6.4
# 88	7.25E-06	1.01E-01	±	3.18E-03	-7.87E-03	±	2.24E-02	1.31E-03	±	3.27E-03	77.1	101.0	±	2.0	443.1	±	7.9
# 89	8.87E-06	1.43E-01	±	3.10E-03	-3.28E-03	±	1.80E-02	-4.27E-03	±	3.11E-03	62.0	68.7	±	1.2	312.9	±	5.2
# 90	7.15E-06	9.06E-02	±	2.30E-03	-1.14E-02	±	2.20E-02	5.39E-04	±	2.65E-03	76.3	86.0	±	1.3	383.7	±	5.0
# 91	7.46E-06	5.57E-02	±	2.30E-03	-6.16E-03	±	2.29E-02	1.77E-03	±	2.46E-03	83.8	85.1	±	1.2	380.2	±	4.9
# 92	7.61E-06	1.00E-01	±	2.77E-03	-2.00E-02	±	2.03E-02	-1.63E-03	±	2.40E-03	71.4	73.9	±	1.6	334.5	±	6.4
# 93	7.03E-06	4.99E-02	±	1.96E-03	2.32E-03	±	2.45E-02	-3.58E-04	±	2.38E-03	87.4	101.9	±	1.4	446.5	±	5.5
# 94	7.84E-06	4.03E-02	±	1.79E-03	-9.03E-03	±	2.07E-02	-7.04E-04	±	2.32E-03	90.0	106.9	±	1.2	466.0	±	4.5
# 95	7.28E-06	4.80E-02	±	2.58E-03	1.25E-02	±	2.35E-02	3.12E-03	±	2.17E-03	88.7	111.1	±	1.5	482.0	±	5.8
# 96	7.10E-06	4.00E-02	±	2.16E-03	-2.17E-02	±	2.23E-02	1.26E-03	±	2.29E-03	90.4	111.2	±	1.4	482.3	±	5.4
# 97	7.04E-06	5.22E-03	±	1.95E-03	-1.12E-02	±	2.25E-02	1.25E-03	±	1.91E-03	98.7	115.6	±	1.3	498.9	±	4.9
# 98	7.27E-06	1.30E-02	±	2.17E-03	4.83E-03	±	2.21E-02	-2.76E-03	±	2.21E-03	96.6	110.5	±	1.6	479.8	±	5.9
# 99	7.61E-06	2.51E-02	±	2.12E-03	2.33E-03	±	2.23E-02	-1.15E-03	±	1.89E-03	93.6	109.1	±	1.1	474.5	±	4.2
# 100	7.51E-06	6.73E-03	±	1.58E-03	7.90E-03	±	2.43E-02	2.47E-05	±	2.13E-03	98.3	112.0	±	1.1	485.5	±	4.3
# 101	8.69E-06	4.32E-02	±	1.88E-03	1.38E-02	±	1.96E-02	-1.53E-03	±	2.02E-03	88.3	96.1	±	1.1	424.0	±	4.2
# 102	8.33E-06	6.78E-02	±	2.65E-03	5.65E-03	±	1.98E-02	2.75E-03	±	2.79E-03	81.3	87.2	±	1.5	388.8	±	6.1
# 103	8.83E-06	6.49E-02	±	2.06E-03	2.09E-02	±	2.12E-02	1.89E-03	±	2.28E-03	79.1	72.7	±	1.4	329.3	±	5.6
# 104	9.07E-06	5.83E-02	±	2.38E-03	-1.02E-02	±	1.81E-02	2.88E-03	±	2.01E-03	79.6	67.3	±	1.1	307.1	±	4.5
# 105	1.01E-05	5.36E-02	±	2.25E-03	-1.04E-02	±	1.59E-02	-3.62E-03	±	1.74E-03	76.3	51.1	±	0.9	237.8	±	3.7
# 106	1.12E-05	2.56E-02	±	1.27E-03	-1.35E-02	±	1.43E-02	1.39E-04	±	1.36E-03	92.2	89.4	±	1.0	397.4	±	3.9
# 107	9.46E-06	3.36E-02	±	1.42E-03	-4.15E-03	±	1.74E-02	-5.77E-03	±	1.58E-03	90.1	89.9	±	1.2	399.3	±	4.7
# 108	9.37E-06	6.06E-03	±	1.48E-03	-8.59E-03	±	1.73E-02	-2.15E-03	±	1.50E-03	98.3	103.9	±	0.9	454.4	±	3.3
# 109	8.32E-06	1.52E-02	±	1.47E-03	-9.04E-03	±	1.95E-02	-3.34E-03	±	1.67E-03	95.9	105.4	±	1.1	460.2	±	4.2
# 110	8.12E-06	2.58E-02	±	1.61E-03	-2.07E-02	±	1.95E-02	8.39E-04	±	2.42E-03	93.0	101.8	±	1.2	446.2	±	4.6
# 111	8.33E-06	1.02E-02	±	1.67E-03	2.51E-02	±	2.17E-02	1.31E-03	±	2.00E-03	97.3	107.6	±	1.5	468.7	±	5.6
# 112	1.12E-05	4.76E-02	±	1.67E-03	3.70E-02	±	1.43E-02	-1.80E-03	±	1.56E-03	81.4	61.6	±	1.0	282.8	±	4.1

# 113	8.71E-06	5.73E-02	±	1.83E-03	3.42E-02	±	2.46E-02	9.12E-04	±	2.82E-03	73.1	46.0	±	0.9	215.5	±	3.8
# 114	9.33E-06	7.78E-02	±	2.13E-03	1.64E-03	±	1.72E-02	-5.35E-03	±	2.01E-03	68.7	50.5	±	0.7	235.1	±	3.2
# 115	9.35E-06	5.11E-02	±	1.56E-03	-5.05E-03	±	1.85E-02	-5.14E-03	±	1.83E-03	84.7	83.7	±	0.9	374.7	±	3.6
# 116	7.75E-06	1.36E-02	±	2.05E-03	-1.86E-02	±	2.01E-02	-3.01E-03	±	2.45E-03	96.5	111.1	±	1.3	482.0	±	4.9
# 117	7.96E-06	1.56E-02	±	2.23E-03	-9.63E-03	±	2.11E-02	-2.49E-03	±	1.48E-03	95.9	109.1	±	1.4	474.2	±	5.2
# 118	7.57E-06	2.41E-02	±	2.50E-03	-3.57E-03	±	2.20E-02	-4.10E-03	±	1.99E-03	93.7	105.4	±	1.5	460.2	±	5.9
# 119	7.35E-06	3.47E-02	±	2.65E-03	-3.28E-03	±	2.27E-02	-3.58E-03	±	1.62E-03	91.6	112.4	±	2.0	487.1	±	7.4
# 120	8.19E-06	1.20E-02	±	2.07E-03	-6.58E-03	±	1.89E-02	-3.83E-03	±	1.76E-03	96.9	110.3	±	1.2	478.8	±	4.5
# 121	7.40E-06	1.83E-02	±	2.17E-03	1.03E-02	±	2.17E-02	-2.33E-03	±	1.47E-03	95.3	109.8	±	1.8	477.0	±	6.7
# 122	7.33E-06	4.99E-03	±	2.32E-03	1.14E-02	±	2.13E-02	-4.09E-03	±	1.82E-03	98.7	108.8	±	1.1	473.2	±	4.2
# 123	6.86E-06	1.28E-02	±	2.28E-03	-1.11E-02	±	2.29E-02	-1.58E-03	±	2.38E-03	96.8	114.2	±	1.8	493.9	±	6.9
# 124	8.12E-06	5.95E-02	±	2.81E-03	2.14E-02	±	2.08E-02	-2.60E-03	±	1.89E-03	86.0	108.2	±	1.4	471.1	±	5.3
Total	6.70E-04	4.34E-02	±	2.23E-04	-1.30E-03	±	2.67E-03	-1.51E-03	±	2.36E-04	88.5	98.2	±	0.2	432.3	±	4.0

9.4. Participation à des congrès scientifiques

9.4.1. EGU, Vienne, 2019

Legeay, A., Scaillet, S., Précigout, J., Augier, R., Stünitz, H., Duval, F., 2019. Effect of deformation on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating in granitic rocks: an experimental approach. Presented at the EGU General Assembly 2019, p. 2019.

Geophysical Research Abstracts
Vol. 21, EGU2019-15550, 2019
EGU General Assembly 2019
© Author(s) 2019. CC Attribution 4.0 license.



Effect of deformation on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating in granitic rocks: an experimental approach

Alexane Legeay (1), Stéphane Scaillet (1), Jacques Précigout (1), Romain Augier (1), Holger Stünitz (1,2), and Florian Duval (1)

(1) Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), UMR7327, CNRS-BRGM, Université d'Orléans, Orléans, France (alexane.legeay@univ-orleans.fr), (2) Department of Geology, University of Tromsø, Dramsveien 201, 9037 Tromsø, Norway

Although the effect of temperature for argon retentivity is a well-known process in the realm of the Dodsonian closure theory, the role of deformation for Ar diffusion remains very elusive. To address this issue, we performed deformation experiments followed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on white mica within a Hercynian microgranite (Carnac, France). A set of 8 mm diameter and 15 mm long cores were first extracted, and then deformed as-is using a solid-medium Griggs-type apparatus at a pressure of 1.2 GPa and a temperature of 650 °C. Coaxial deformation has been applied for different amounts of shortening between 15% and 35%. Each experiment was doubled by a clone experiment performed in the same pressure-temperature-time conditions, but without deformation (hot pressing) to constrain the influence of temperature alone. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating was then applied on muscovite using in-situ UV laser ablation at the University of Orléans (ISTO). While $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages on the starting material distribute between 285.7 ± 4.0 to 319.0 ± 5.6 Ma, a deformed sample shows a younger and more extended distribution from 205.8 ± 3.59 to 308.3 ± 5.13 Ma, with a heterogeneous spatial distribution that depends on the size of grains and location of ablation spot (core vs. rim). These observations are reproducible for 20 and 30% shortening. Such an argon loss is also observed with respect to the hot-pressed sample, suggesting that deformation promotes significant rejuvenation of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages. Although our data acquisition is still ongoing, our findings may have strong implications for the interpretation of geological processes based on mica ages from equivalent natural settings.

Legeay, A., Scailliet, S., Précigout, J., Stünitz, H., Duval, F., 2021. Etude expérimentale de l'effet de la déformation sur les datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans les muscovites, in: 27^e Édition de La Réunion Des Sciences de La Terre. SGF, CNRS, Laboratoire de Géologie de Lyon ou l'étude de la Terre, des planètes et de l'environnement, Lyon, France.

Experimental study of deformation effect on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating in muscovite

Alexane Legeay ^{*1}, Stéphane Scailliet ¹, Jacques Précigout ¹, Holger Stünitz ^{1,2}, and Florian Duval ¹

(1) Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), UMR 7327, CNRS-BRGM, Université d'Orléans, France ;

(2) Department of Geology, University of Tromsø, Norway

The effect of temperature for argon retentivity is a well-known process, while the role of deformation for argon diffusion remains very elusive. To address this issue, we performed deformation experiments followed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on white mica within a Hercynian granite (Carnac, France). A set of cores were deformed using a solid-medium, Griggs-type apparatus at a pressure of 1.2 GPa and a temperature of 650 °C. These conditions have been chosen so that muscovite can deform viscously in nominally open-system conditions for argon, but without any melting. Coaxial deformation has been applied for different amounts of shortening between 15% and 30%. Each experiment was backed by a control experiment performed in the same pressure-temperature-time conditions, but without deformation (hot pressing) to constrain the influence of temperature alone. While a first set of experiments was performed as-is (no water added), a second set of experiments has been performed in the same conditions, with 0.2 wt.% water added. *In-situ* UV laser ablation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating was then applied on muscovite. While $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages on the starting material are homogeneously close to 305.5 ± 0.4 Ma, the control experiments show a slight rejuvenation with a very homogeneous spatial distribution (295.2 ± 0.2 Ma for the hot pressing without water added). In contrast, deformed samples – with or without water added – display more scattered ages with pronounced rejuvenation and heterogeneous spatial distribution controlled by grain size and location of ablation spot (core-rim gradients). Local rejuvenation can amount to up of 45% ^{40}Ar loss. Such argon loss is spatially correlated with deformation features.

Key words: experimental deformation, muscovite, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, argon retention

Alexane LEGEAY

Effet de la déformation sur l'enregistrement isotopique $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des micas blancs. Approche expérimentale

La datation par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ est de loin la plus utilisée dans l'étude des micas métamorphiques et dans les contextes de déformation crustale. Pourtant, la signification des âges $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dans ces contextes est sujette à discussion. Les modalités d'ouverture et de fermeture du système chronométrique K/Ar sont-elles sous le contrôle de la diffusion ou de la déformation ? De nombreux cas naturels rapportent des rajeunissements apparents à l'approche (ou dans) les zones déformées sans que l'on sache précisément si c'est l'effet de la température (et du taux de refroidissement) ou de l'intensité de la déformation finie qui domine l'enregistrement isotopique final. Une incertitude persiste quant à savoir si les âges obtenus correspondent au début, à la fin de la déformation, ou encore à une fermeture antérieure. Cette thèse a pour objectif d'explorer le lien entre les âges (la rétention d'argon) et la déformation afin de clarifier la contribution relative des effets thermiques et de la déformation. Pour cela, des déformations expérimentales, couplées à des expériences statiques (recuits statiques isothermaux de référence), ont été réalisées au moyen d'une presse de Griggs. Des échantillons naturels de roche granitique (isotrope et anisotrope) et de monograin de mica blanc ont été soumis à différents taux de déformation pour des températures et pressions fixes ($T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 12/15\text{ kbar}$), puis datés par cartographie isotopique à haute résolution spatiale par la méthode *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Les microstructures induites lors de ces expériences sont liées aux régimes de déformation cassante et plastique. La localisation et la quantité de structures induites semblent dépendre de l'agencement et de l'orientation des minéraux, ainsi que des structures préexistantes. Les pertes d' ^{40}Ar peuvent atteindre 20 % pour les expériences statiques et, 45, 56 et 70 % en fonction du matériau déformé et de la quantité de déformation appliquée. De plus, les cartes d'âge présentent des variations d'âge inter-grains et intra-grains mettant en évidence les liens étroits entre les distributions spatiales des structures de déformation et des âges *in-situ* enregistrés. Les calculs de diffusion montrent l'implication de plusieurs processus, dont des voies de diffusion rapide, pour produire les importantes pertes d'Ar dans les micas blancs des échantillons déformés. Les coefficients de diffusion, déduits à partir des cartographies d'âge $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ *in-situ*, impliquent des vitesses de diffusion de 5 à 6 ordres de grandeur plus rapides, comparées à la diffusion volumique.

Mots clés : géochronologie Ar/Ar, déformation, micas blancs, muscovite, isotope argon.

Effect of deformation on the Ar/Ar isotopic record of white micas. Experimental approach

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating technique is by far the most widely used in studies of metamorphic micas and in crustal deformation contexts. However, in these contexts, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age meaning is subject to debate. Are modalities of opening and closing of K/Ar chronometric system under the control of the diffusion or the deformation? Many natural cases report apparent rejuvenation on approach (or in) deformed areas without being clear whether it is the effect of temperature (and cooling rate) or intensity of finite deformation that dominates final isotopic record. There is an uncertainty as to whether ages obtained correspond to the beginning, the end of the deformation, or an earlier closure. This thesis aims to explore links between ages (argon retention) and deformation in order to clarify the relative contribution of thermal effects and deformation. For this, experimental deformations, coupled to static experiments (reference isothermal static annealing), were carried out by a Griggs-type apparatus. Natural samples of granitic rocks (isotropic and anisotropic) and white mica monograins were deformed at different amount of strain for fixed temperature and pressures ($T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 12/15\text{ kbar}$) and then dated by high spatial resolution isotope mapping using the *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method. Microstructures induced during these experiments are related to brittle and plastic deformation regimes. Location and amount of induced structures appear to depend on the arrangement and orientation of minerals, as well as pre-existing structures. ^{40}Ar losses can reach 20 % for static experiments and 45, 56 and 70 % in function of starting material and the applied amount of strain. In addition, age maps show inter-grain and intra-grain age variations highlighting close links between spatial distributions of deformation structures and recorded *in-situ* ages. Diffusion calculations show the involvement of several processes, including fast diffusion pathways, to produce large Ar losses in white micas of deformed samples. Diffusion coefficients deduced from *in-situ* $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age maps imply diffusion rates 5 to 6 orders of magnitude faster than volume diffusion rate.

Keywords: Ar/Ar geochronology, deformation, white micas, muscovite, argon isotope.



Institut des Sciences de la Terre d'Orléans
1A, rue de la Ferollerie - 45071 Orléans Cedex 2

