

# MB 2023-02

Rapport sur les datations U-Pb de roches du Québec 2021-2022

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



## **Rapport sur les datations U-Pb de roches du Québec 2021-2022**

Donald W. Davis

MB 2023-02



Ressources naturelles  
et Forêts

Québec 

**Avertissement**

Ce document est une copie fidèle du manuscrit soumis par l'auteur, sauf pour une vérification sommaire destinée à assurer une qualité convenable de diffusion.

# **Rapport sur les datations U-Pb de roches du Québec 2021-2022**

Donald W. Davis  
Department of Earth Sciences  
University of Toronto

# **Rapport sur les datations U-Pb de roches du Québec 2021-2022**

**Donald W. Davis**  
**Department of Earth Sciences**  
**University of Toronto**  
**Earth Sciences Centre**  
**22 Ursula Franklin Street**  
**Toronto ON M5S 3B1**  
[dond@es.utoronto.ca](mailto:dond@es.utoronto.ca)

## **INTRODUCTION, liste des échantillons et sommaire des âges**

Ce rapport fait état des travaux de datation géochronologique effectués sur des échantillons prélevés dans la Province du Supérieur (Baie-James, régions du lac Conviac et du lac Le Vilin ainsi qu'en Abitibi-Pontiac), dans le Domaine Nord de l'Orogène de l'Ungava (Amarurtuuq et Lac Spartan) et dans la Province de Grenville (Île-du-Grand-Calumet et MCS). Les analyses ont été effectuées par la méthode d'ablation laser, ionisation au plasma et spectrométrie de masse quadripôle (LA-ICP-MS) sur des zircons, des monazites, des titanites, des rutiles et des baddeleyites. Le tableau 1 ci-dessous présente un sommaire des résultats et le tableau 2 (dossier « Autres données numériques ») la localisation des échantillons.

**Tableau 1**

Échantillon		Lithologie	Résultats
<b>1. Baie-James-Lac Conviac</b>			
1.1	2021-MK-3078B	Tuf à cristaux intermédiaire	Zd : 2639 ±8 Ma
1.2	2021-MK-3186A	Dacite	Tmt : 2661 ±7 Ma
1.3	2021-MY-1103A	Paragneiss à nodules de sillimanite	Mzmg : 2621 ±12 Ma
1.4	2021-SG-4070A	Monzodiorite quartzifère	Zmg : 2703 ±2 Ma
1.5	2021-WM-2186A	Granodiorite foliée à grain moyen	Zmg : environ 2730 Ma
1.6	2021-WM-2239A	Paragneiss à biotite	Mzmg : 2643 ±9 Ma Zd : 3517 Ma à 2719 Ma
<b>2. Baie-James-Lac Le Vilin</b>			
2.1	2021-CG-7043A	Quartzite	Zd : 3336 ±20 Ma à 2903 ±14 Ma Tmt : 2610 Ma
2.2	2021-CG-7051A	Roche métasomatique à cordiérite, sillimanite et grenat	Zmg : 2833 ±3 Ma
2.3	2021-CG-7051E	Roche volcanoclastique felsique	Zmg : 2821 ±7 Ma, 2839 ±6 Ma
2.4	2021-CG-7055B	Tonalite gneissique	Zmg : 2830 ±5 Ma Zmt : 2632 ±20 Ma Rut : 2512 ±11 Ma
2.5	2021-CS-4115A	Gneiss tonalitique	Zmg : 2826 ±13 Ma Zmt : environ 2650 Ma
2.6	2021-DB-1157A	Tonalite à biotite foliée	Zmg : 2804 ±3 Ma
2.7	2021-DB-1158A	Tuf rhyodacitique	Zmg/d : 7 composantes, 3,4 Ga à 2,85
2.8	2021-DB-1599A	Monzodiorite quartzifère	Zmg : 2707 ±3 Ma
2.9	2021-EC-2019A	Gneiss tonalitique	Zmg : 2843 ±7 Ma Zmt : 2,78 Ga Zh : 3,28 Ga
2.10	2021-EC-2109A	Quartzite	Mzd ou Mzmt : 2614 ±7 Ma Rut : 2559 ±40 Ma
<b>3. Churchill-Amarurttuq</b>			
3.1	2021-IL-3106A	Tonalite migmatitisée	Zmt : 2674 ±12 Ma Zmg : 2705 ±3 Ma Zh : 2769 ±5 Ma, 2802 ±4 Ma
3.2	2021-IL-3132A	Tonalite gneissique	Zmg : 2700 ±5 Ma Zh : 2,8 Ga
3.3	2021-JV-2112A	Granodiorite porphyroïde	Zmg : 1854 ±5 Ma
3.4	2021-JV-2117A	Monzodiorite quartzifère à hornblende	Zmg : 2767 ±3 Ma
3.5	2021-TG-4053A	Monzogranite	Impossible à dater
3.6	2021-TG-4065A	Granite d'anatexie à grenat	Zmt : 1766 ±5 Ma Mzmt : 1783 ±9 Ma

**Tableau 1 (suite)**

<b>4. Churchill - Lac Spartan</b>			
4.1	2021-MV-1067C	Roche volcanique porphyrique à phénocristaux de plagioclase	Impossible à dater
4.2	2021-MV-1071B	Paragneiss migmatitisé à grenat	Zd : 1,99 à 2,75 Ga Mzmt : 1876 ±8 Ma
4.3	2021-MV-1085D	Dyke de tonalite foliée	Zmt : 1837 ±20 Ma Zh : 2,7 à 2,0 Ga
4.4	2021-TD-2065C	Paragneiss	Zd : 1854 ±17 Ma, 1885 ±4 Ma et 1904 ±7 Ma
4.5	2021-TD-2086A	Gabbro rubané	Zmg : 1875 ±3 Ma
4.6	2021-GM-3066A	Dyke de granite folié	Zmg : 1841 ±10 Ma
<b>5. Grenville - Île-du-Grand-Calumet</b>			
5.1	2021-CB-1063A	Syénite à feldspath alcalin gneissique	Zmg : 1240 ±6 Ma
5.2	2021-CB-1124A	Granite gneissique	Zmg : 1222 ±10 Ma
5.3	2021-CB-1155A	Diorite quartzifère	Zmg : 1195 ±7 Ma Zmt : 1042 ±19 Ma
5.4	2021-CB-1238B	Quartzite	Zd : 1203 ±7 Ma Tmt : 1091 ±12 Ma
5.5	2021-CB-1242A	Granodiorite foliée	Zmt : 1073 ±8 Ma Zmg : 1254 ±20 Tmg : 1218 ±11 Ma
<b>6. Synthèse du Supérieur (Abitibi et Pontiac) et Minéraux critiques et stratégiques</b>			
6.1	1997-JG-1592-S3	Wacke à biotite et amphibole	Impossible à dater
6.2	2021-JG-Diorite	Diorite à hornblende, biotite et magnétite	Zmg : 2798 ±3 Ma
6.3	2021-JG-Dyke	Dyke mafique porphyrique à plagioclase métamorphisé	Impossible à dater
6.4	2021-FP-2002A	Granite pegmatitique à muscovite, spodumène et colombo-tantalite	Zircons altérés, impossibles à dater
6.5	2021-JG-4101C	Granite à feldspath alcalin avec muscovite, spodumène et colombo-tantalite	Zmg : environ 2625 ±12 Ma Mzmg : 2632 ±5 Ma
6.6	2021-JG-4103A	Granite à hornblende, quartz bleu et magnétite	Zmg : 2682 ±3 Ma
6.7	2005-JG-0206A	Granodiorite à biotite, muscovite et épidote	Zmg : 2684 ±5 Ma Zh : 2731 ±10 Ma et 2707 ±4 Ma
6.8	2021-JG-4121A	Tonalite à biotite et hornblende	Zmg : 2683 ±2 Ma Zh : 2708 ±4 Ma
6.9	2012-ML-1044A	Syénite quartzifère sodique à pyroxène, magnétite et biotite	Zmg : 2698 ±3 Ma
6.10	2012-ML-1063A	Syénite à feldspath alcalin avec biotite, pyroxène et magnétite	Zmg : 2694 ±2 Ma
6.11	2012-ML-1079A	Monzodiorite quartzifère à hornblende, biotite et magnétite	Zmg : 2698 ±2 Ma
6.12	2014-FL-2021A	Conglomérat polygénique	Zd : 2800 Ma à 2707 Ma
<b>7. Grenville - Minéraux critiques et stratégiques</b>			
7.1	2021-LD-1006A	Carbonatite	Badd : 1112 ±15 Ma
7.2	2021-LD-1010A	Carbonatite	Impossible à dater

Zmg, Tmg, Mzmg : zircon, titanite et monazite magmatiques; Zmt, Tmt, Mzmt : zircon, titanite et monazite métamorphiques; Zd, Mzd : zircon et monazite détritiques; Zh : zircon hérité; Rut : rutile; Badd : baddeleyite

## MÉTHODES D'ANALYSE

Les échantillons (< 15 kg) ont été pulvérisés au moyen d'un concasseur à mâchoires suivi d'un pulvérisateur à disques. Les minéraux lourds ont été séparés par passages successifs sur une table à secousses Wilfley, ce qui permet d'obtenir un concentré de quelques grammes. Cette fraction est par la suite traitée à l'aide de liqueurs denses (bromoforme et iodure de méthylène). Les minéraux lourds obtenus sont séparés en fonction de leur susceptibilité magnétique en utilisant un séparateur isodynamique Frantz. La monazite est concentrée dans la fraction magnétique à l'aide du séparateur Frantz réglé à 1,0 A avec une pente de 10°. La séparation de la baddeleyite s'effectue au moyen de la table Wilfley en utilisant la méthode de Söderlund et Johansson (2002). La sélection finale est faite sous une loupe binoculaire en recherchant les cristaux sans microfractures ni évidences d'altération.

Les analyses ont été effectuées aux laboratoires du Jack Satterly Geochronological Laboratory de l'Université de Toronto. Les analyses par LA-ICP-MS ont été effectuées en utilisant un système composé d'un laser New Wave à 193 nm couplé à un spectromètre ICP-MS Agilent 7900. Les zircons sont montés dans l'époxy et polis pour obtenir des images en cathodoluminescence (CL) et en électrons rétrodiffusés (BSE) à l'aide d'un microscope à balayage électronique JEOL JSM6610-Lv. Ces images permettent de reconnaître et de choisir les domaines de croissance spécifiques pour l'analyse. Les grains trop petits pour le polissage sont fixés sur du ruban adhésif et photographiés avec un arrière-plan noir. Les domaines les plus transparents sont choisis pour l'ablation.

L'ablation est réalisée par un faisceau laser de 10 à 50  $\mu\text{m}$  de diamètre à une fréquence de 10 Hz et une densité d'énergie de 3 à 5  $\text{J}/\text{cm}^2$ . La zone ciblée pour l'analyse est d'abord soumise à un nettoyage par ablation avec un faisceau de plus grand diamètre pendant 1 s (grains polis) ou 3 s (grains entiers) afin d'enlever la couche d'altération et de contamination superficielle. Cette étape est suivie d'un intervalle de 10 s pour nettoyer le système. Après un autre intervalle de 10 s pour mesurer le bruit de fond et stabiliser le laser, les données sont collectées pendant 25 s pour les isotopes  $^{88}\text{Sr}$  (10 ms),  $^{206}\text{Pb}$  (30 ms),  $^{207}\text{Pb}$  (70 ms),  $^{232}\text{Th}$  (10 ms) et  $^{238}\text{U}$  (20 ms). Le laser est ensuite éteint pour une durée de 10 s afin de purger le système. Une analyse représente environ 140 cycles de mesure. La profondeur du trou créé par l'ablation est d'environ 15 à 20  $\mu\text{m}$ .

Le traitement des données est effectué à l'aide d'un logiciel VBA conçu par l'auteur (programme *UtilLaz*). En général, la plupart des données  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  peuvent être utilisées pour calculer une valeur moyenne. Les rapports  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ont tendance à augmenter de 5 à 10 % avec la profondeur du trou quand le diamètre de celui-ci est similaire à celui du faisceau (autour de 20  $\mu\text{m}$ ). On tente donc d'utiliser un diamètre de faisceau le plus grand possible en fonction de l'échantillon (généralement 50  $\mu\text{m}$  si possible). Un étalon de zircon d'âge connu est utilisé pour corriger les effets du fractionnement des isotopes dans le plasma au cours de l'ablation. Aucune correction pour le plomb commun n'est effectuée en raison des signaux du  $^{204}\text{Pb}$  trop faibles pour

être mesurés avec précision et parce que les zircons frais ne contiennent pas de plomb commun en quantité significative. La présence de plomb commun se manifesterait par une dispersion des données vers la droite le long d'une ligne coupant la concordia à un âge d'environ 4500 Ma. Ce phénomène n'est pas observé dans le zircon ou la monazite, mais il peut être présent chez la titanite qui contient souvent une quantité de Pb commun plus importante.

Le signal du  $^{88}\text{Sr}$  est utilisé comme un indice permettant d'identifier les zones d'altération ou les inclusions et permet de savoir si le faisceau laser a traversé les grains analysés. Les données associées aux signaux de  $^{88}\text{Sr}$  dépassant le bruit de fond sont éliminées du calcul des moyennes. Le rapport Th/U mesuré constitue un indicateur de l'origine pétrogénétique des zircons. Les zircons d'origine magmatiques présentent typiquement des rapports Th/U compris entre 0,1 et 1,0, alors que des rapports inférieurs à 0,1 démontrent typiquement une origine métamorphique. Le rapport Th/U est calculé à partir du rapport  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  radiogénique et de l'âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de l'échantillon. Ce rapport modèle est plus exact que la mesure directe du rapport Th/U parce que le Th est très fractionné par l'oxydation dans le plasma et que les rapports Th/U de l'étalon ne sont pas constants.

Les étalons de zircon, de monazite, de titanite, de rutile et de baddeleyite utilisés pour les analyses par LA-ICP-MS ont été préalablement datés par ID-TIMS. Pour le zircon, il s'agit de l'échantillon DD85-17, une diorite quartzifère de l'Ontario datée à  $3002 \pm 2$  Ma (Tomlinson *et al.*, 2002), et de l'échantillon DD91-1, une monzodiorite du Pluton de Fournière au Québec datée à  $2682 \pm 1$  Ma (Davis, 2002). L'étalon de monazite provient de l'échantillon DD90-26A, granite de Lac Lacroix de la Province Supérieure au Minnesota ( $2671 \pm 2$  Ma; D.W. Davis, données inédites). L'étalon de rutile vient du Grand Dyke du Zimbabwe ( $2575 \pm 1$  Ma; Oberthur *et al.*, 2002). L'étalon de titanite vient de la diorite de Heronry de la Sous-province de Wabigoon du Supérieur ( $2699 \pm 1$  Ma; Davis et Edwards, 1986). L'étalon de baddeleyite est issu des dykes de Long Range à Terre-Neuve (Kamo et Gower, 1995).

La correction des rapports  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  associée au biais d'ablation est sensible aux différences de l'état structural de l'échantillon par rapport à l'étalon. Cet état dépend des dommages radiogéniques qui varient en fonction de la concentration en uranium et de l'âge. Les étalons sont à peu près du même âge que les échantillons analysés, mais les concentrations d'uranium peuvent différer. La plupart des analyses ont été corrigées à l'aide de deux étalons, un premier à faible concentration d'uranium (DD85-17) et un second montrant une concentration plus élevée (DD91-1). L'étalon dont la composition est la plus proche des échantillons analysés sert d'étalon primaire pour corriger les biais d'ablation et d'ionisation. L'autre est utilisé comme étalon secondaire pour confirmer les mesures des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ne sont pas sensibles aux conditions d'ablation et sont beaucoup plus fiables que les âges  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  dans le cas des échantillons précambriens.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats des analyses par LA-ICP-MS sont donnés au tableau 3 (erreurs à 1 sigma; dossier « Autres données numériques »). Les diagrammes concordia et les calculs des âges sont réalisés en utilisant la programme *Isoplot* de Ludwig (2008). Les erreurs sur les âges dans le texte et les diagrammes sont données à un niveau de confiance de 95 % (2 sigma). Les ellipses des erreurs sur les diagrammes sont données à 2 sigma. Pour les échantillons précambriens, les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  sont généralement plus précis et exacts que les âges  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  ou  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . Dans le cas où la plupart des données se positionnent sur la courbe concordia, l'âge moyen est calculé en prenant la moyenne des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (ce qui équivaut à calculer l'intersection de la concordia avec une ligne fixée à l'origine et qui passe par les données). Les constantes de désintégration de l'uranium sont de Jaffey *et al.* (1971) et le rapport moderne  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  est fixé à 137,88 (voir notes du tableau 3).

L'accord d'une population d'âges est estimé au moyen de la mesure des carrés des écarts pondérés (*Mean Square of Weighted Deviations* ou MSWD). Une valeur de MSWD autour de 1,0 indique normalement que les données proviennent d'une seule population. Les valeurs de MSWD des données LA-ICP-MS sont souvent un peu plus grandes que 1,0 parce que les erreurs sur les données peuvent être sous-estimées en raison des extrapolations des mesures par rapport à l'étalon. Dans ce rapport, on tolère une valeur de MSWD jusqu'à 2,0 avant de conclure à la présence de plus d'une population.

## 1. Baie-James–Lac Conviac

### 1.1 - 2021-MK-3078B Tuf à cristaux intermédiaire

Cet échantillon n'a fourni que 7 petits grains de zircon sous la forme des cristaux frais, équants et brunâtres (figure 1.1.1). Les analyses U-Pb ont été réalisées sur des grains fixés sur du ruban adhésif (figure 1.1.2).

Les âges obtenus sont proches, mais ne s'accordent pas dans la marge d'erreur (figure 1.1.3). Les rapports Th/U suggèrent que les zircons sont d'origine magmatique, mais la dispersion des âges suggère une composante détritique. Dans ce cas, l'âge le plus jeune représente l'âge maximal de déposition. Celui-ci est de  $2628 \pm 14$  Ma, mais il est probablement trop jeune, car il représente la composante la plus jeune d'une distribution aléatoire. Une meilleure estimation est donnée par la moyenne du groupement des âges les plus jeunes qui s'accordent à peu près dans la marge d'erreur, soit un âge de  $2639 \pm 8$  Ma pour quatre grains (figure 1.1.3). Cet âge est plus jeune que l'âge de mise en place ou de déposition de la plupart des roches métavolcaniques ou métasédimentaires de la région ou même de la Province du Supérieur.

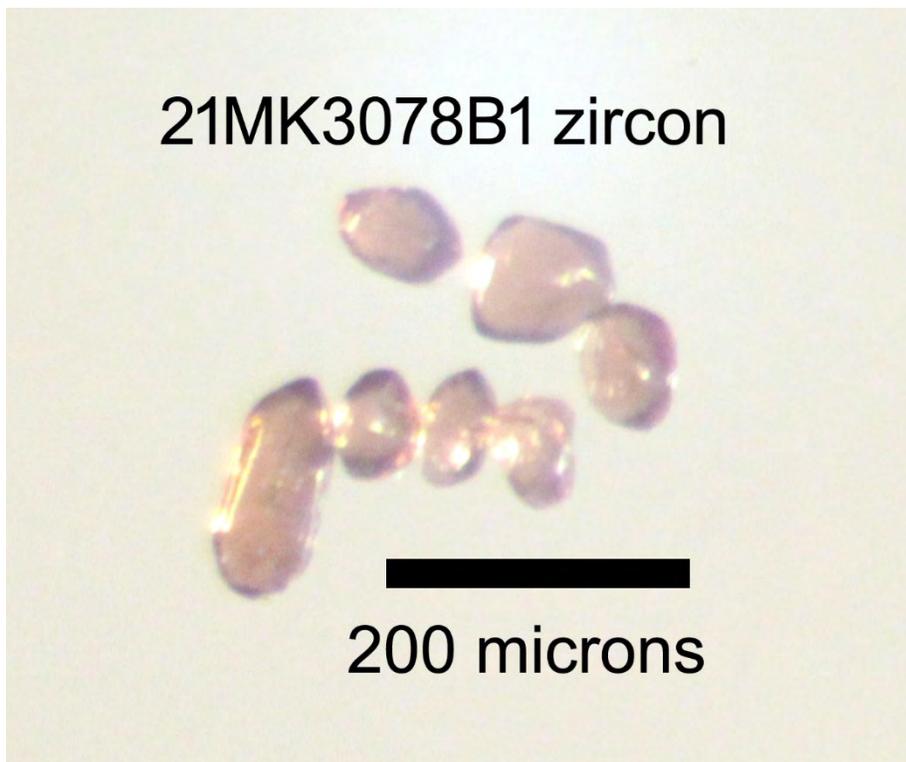


Figure 1.1.1 – Totalité des zircons trouvés dans l'échantillon de tuf intermédiaire 2021-MK-3078B.

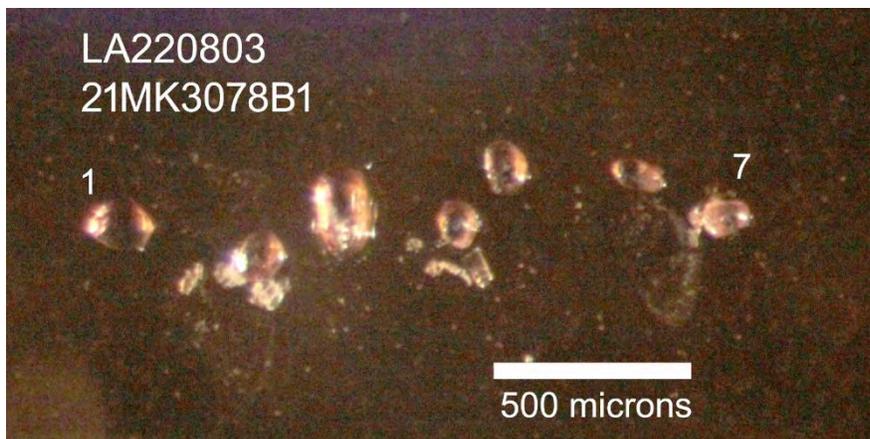


Figure 1.1.2 – Zircons de l'échantillon de tuf intermédiaire 2021-MK-3078B fixés sur du ruban adhésif pour analyse.

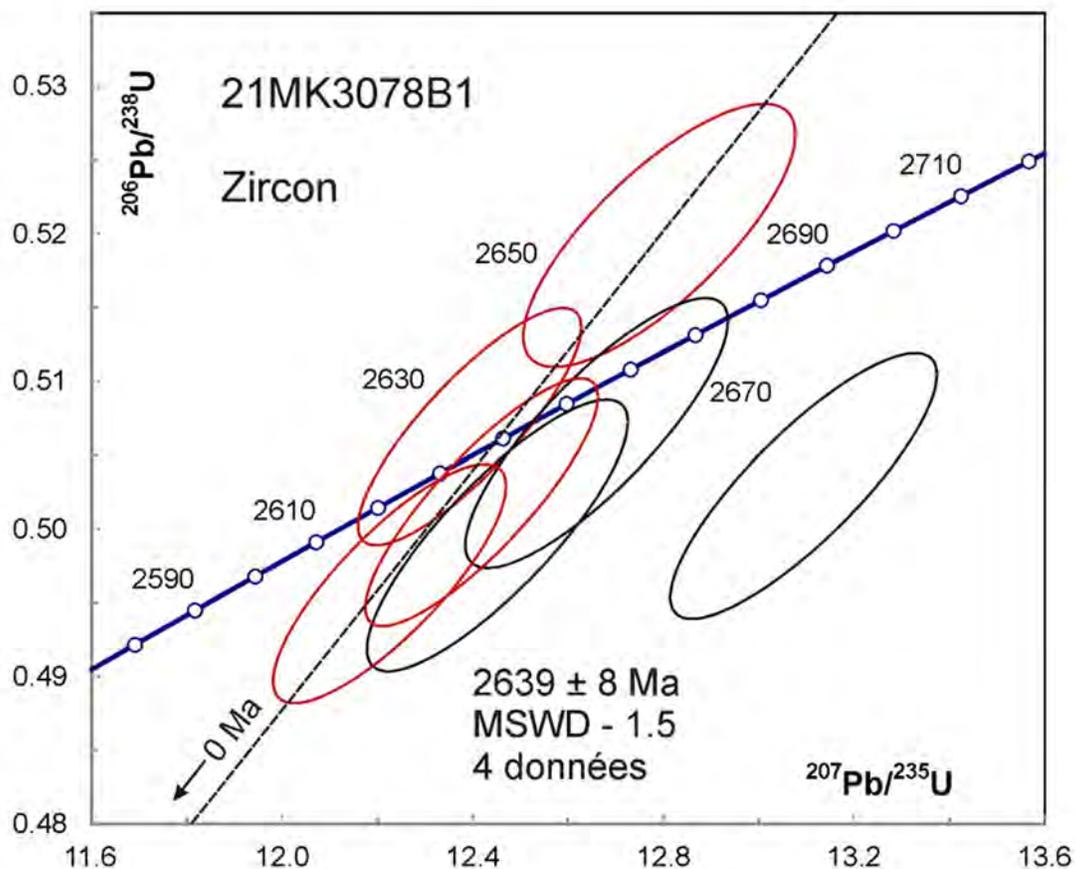


Figure 1.1.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-MK-3078B. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 1.2 - 2021-MK-3186A Dacite

Cet échantillon n'a fourni aucun zircon. Une population de titanite brunâtre est présente et des fragments frais ont été sélectionnés pour analyse (figure 1.2.1). Les images en électrons rétrodiffusés (BSE; figure 1.2.2) montrent une légère zonation, ce qui est typique de la titanite.

L'analyse des titanites est compliquée par le fait que ce minéral contient typiquement une faible quantité de Pb commun tant dans les échantillons analysés que dans l'étalon. Sur le diagramme concordia, les analyses contenant du Pb commun devraient tomber sur une ligne de mélange entre la composante radiogénique et la composante de Pb commun définie par la pente de cette ligne. Le rapport  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  probable du Pb commun est défini par un modèle d'évolution du Pb dans la croûte, tel celui de Stacey et Kramers (1975), qui permet d'obtenir un rapport  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de 1,077 à 2700 Ma. Cette correction donne des données pour la plupart concordantes (figure 1.2.3), bien qu'il y ait un peu de dispersion, ce qui indique que le Pb dans la titanite est très radiogénique. Dans ce cas, on peut utiliser les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  comme estimation de l'âge de la titanite, avec une moyenne de  $2661 \pm 7$  Ma pour le groupement principal. Les rapports Th/U des titanites magmatiques sont proches de ceux de la croûte, autour de 4 et typiquement supérieurs à 1. Les titanites analysées dans l'échantillon 2021-MK-3186A montrent des rapports Th/U variables, mais faibles ( $< 1,0$ , tableau 3), ce qui suggère une origine métamorphique.

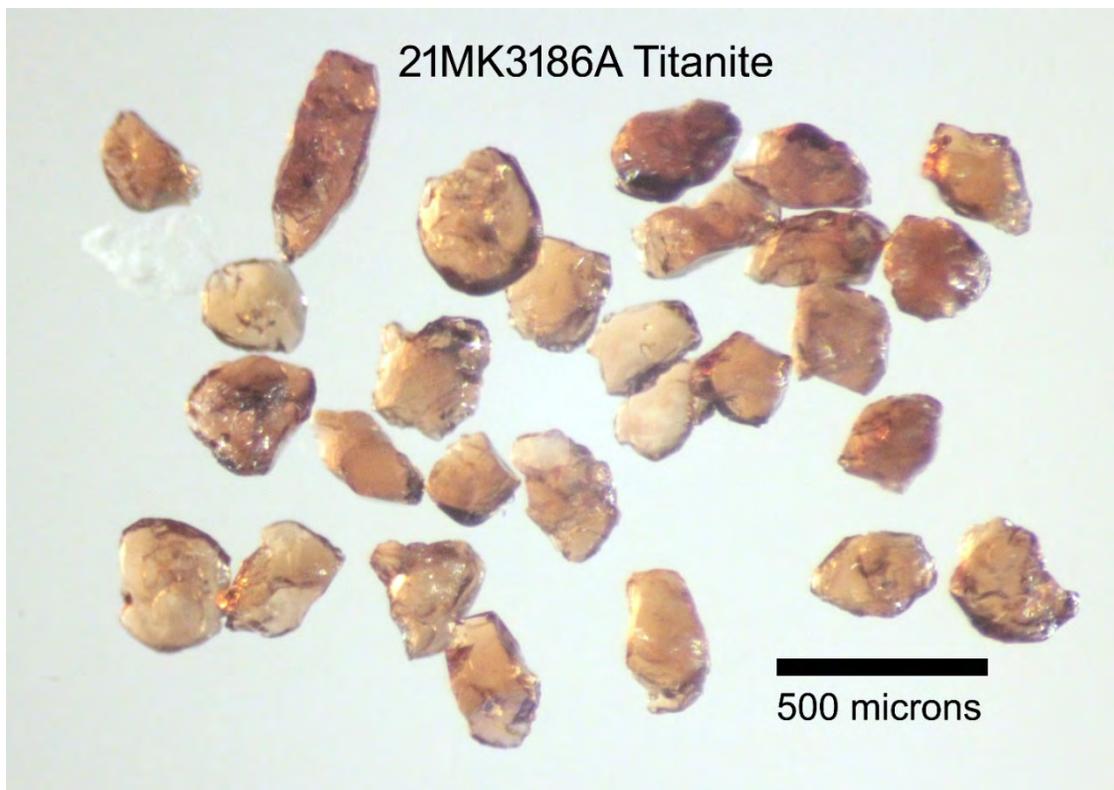


Figure 1.2.1 – Fragments de titanite extraits de l'échantillon de dacite 2021-MK-3186A.

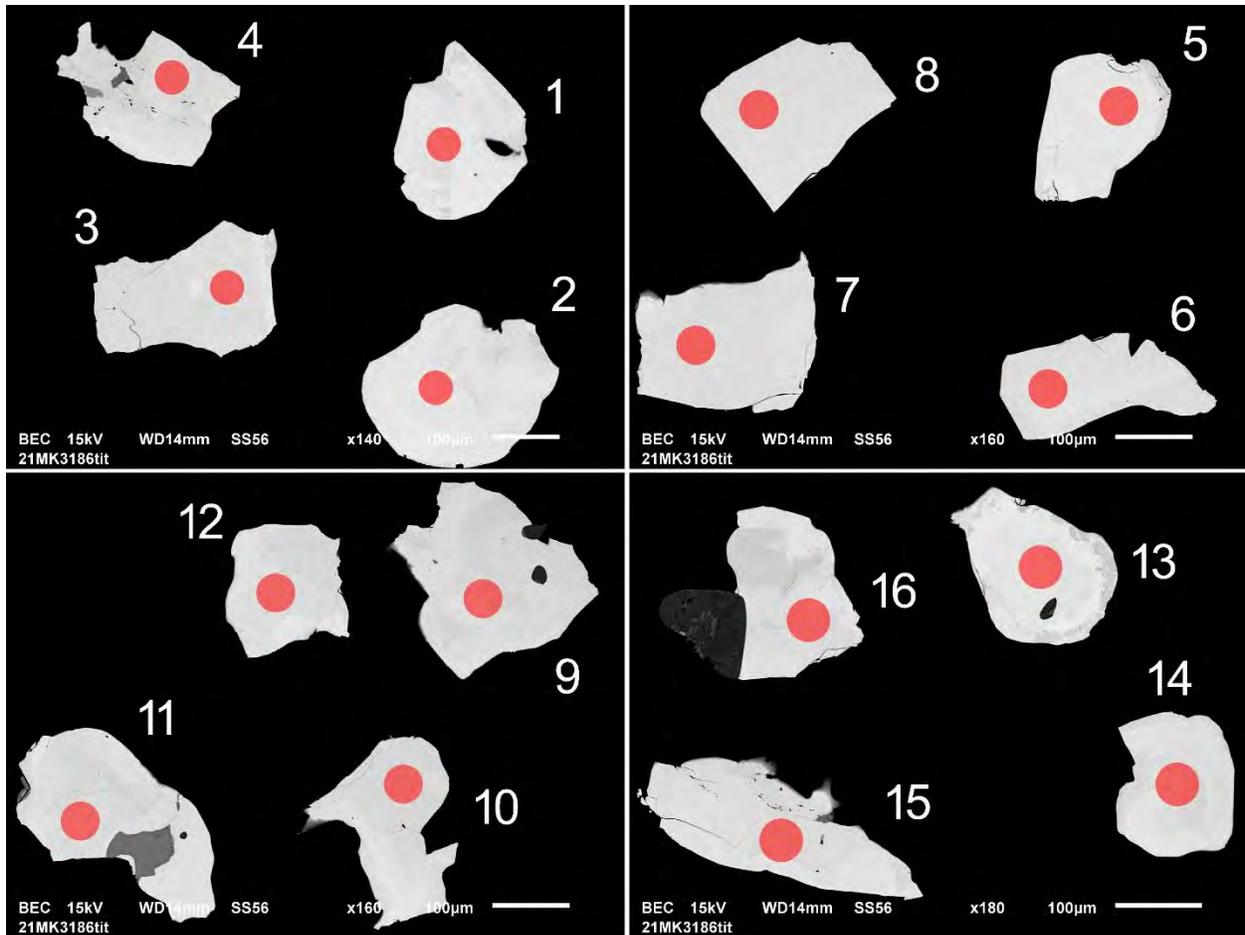


Figure 1.2.2 – Images en BSE des titanites polies de l'échantillon de dacite 2021-MK-3186A. Les points rouges marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

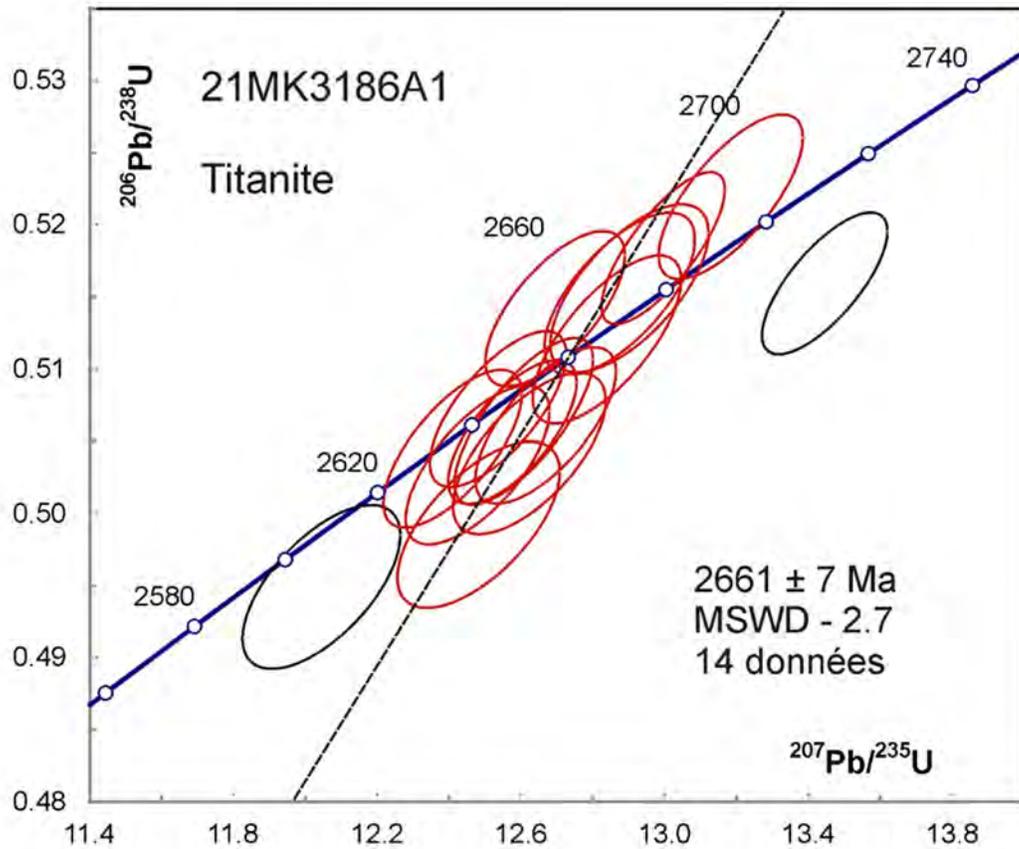


Figure 1.2.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des titanites de l'échantillon de dacite 2021-MK-3186A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

### 1.3 - 2021-MY-1103A Paragneiss à nodules de sillimanite

Aucun zircon n'a été extrait de cet échantillon. Les paillettes de biotite montrent des auréoles pléochroïques qui sont probablement dues aux monazites souvent présentes dans les paragneiss. Quatre cristaux de monazite provenant des fractions fines magnétiques étaient assez grands pour être montés sur du ruban adhésif (figure 1.3.1). Les analyses de 9 sites ne s'accordent pas tout à fait dans la marge d'erreur, mais donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2621 \pm 12$  Ma (figure 1.3.2). En omettant l'analyse la plus vieille, l'âge moyen est de  $2617 \pm 7$  Ma (MSWD = 1,2). L'âge de la monazite ainsi que ses rapports Th/U, qui sont plutôt bas pour la monazite magmatique, et son association avec la biotite suggère qu'il est d'origine métamorphique. Pour l'instant, il est difficile d'intégrer cet âge dans l'évolution géologique du secteur.

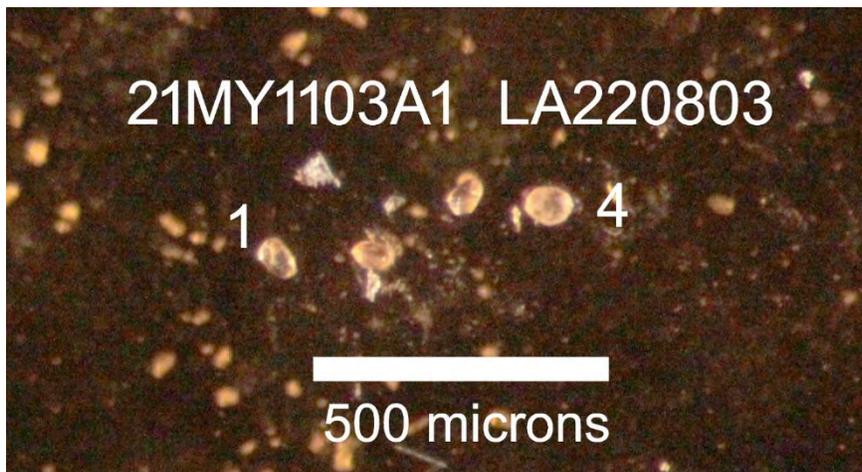


Figure 1.3.1 – Monazites de l'échantillon de paragneiss 2021-MY-1103A fixés sur du ruban adhésif pour les analyses.

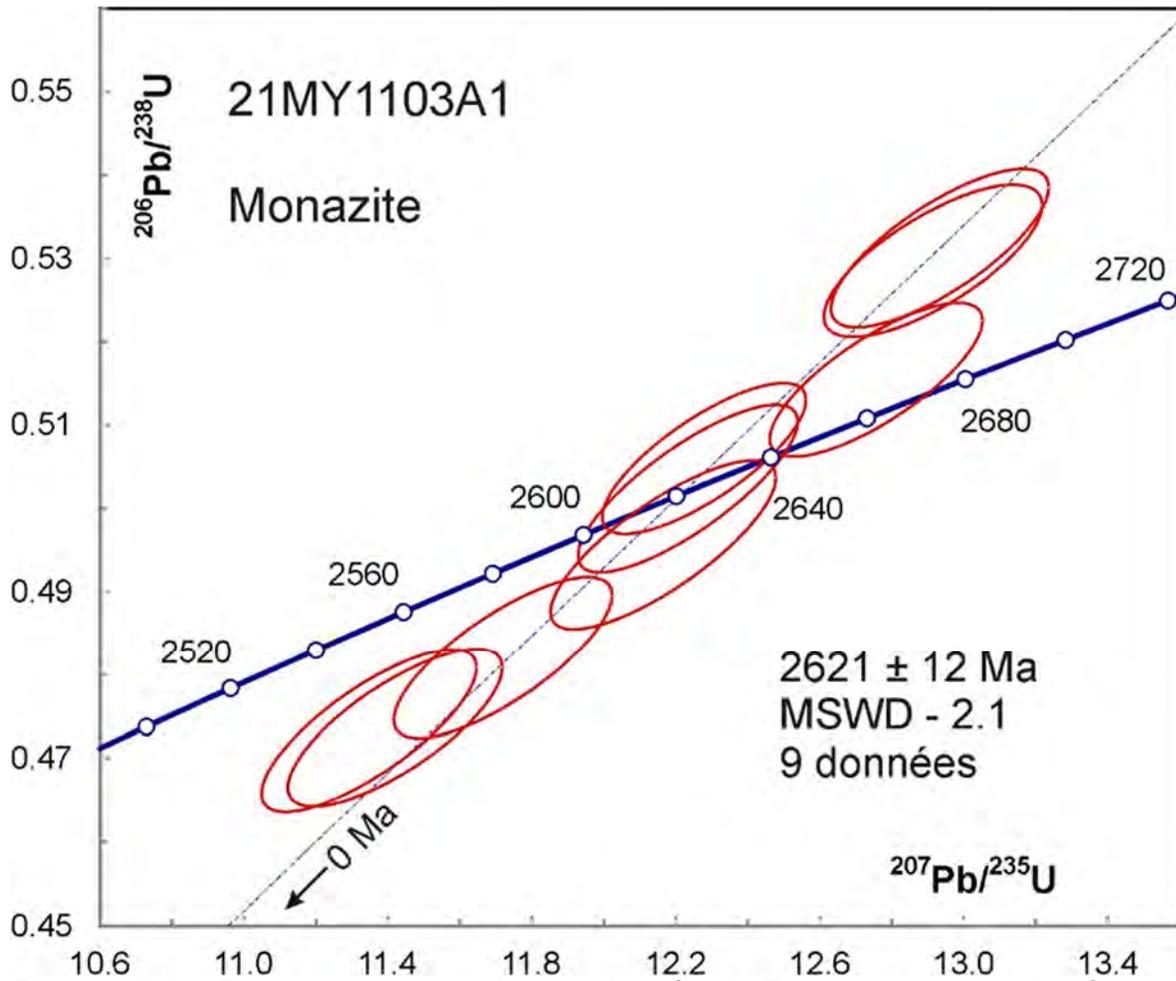


Figure 1.3.2 – Diagramme concordia des données U-Pb des monazites de l'échantillon de paragneiss 2021-MY-1103A.

#### 1.4 - 2021-SG-4070A Monzodiorite quartzifère

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de grains trapus subarrondis et frais (figure 1.4.1). Les images en BSE montrent une structure caractérisée par zones oscillatoires typiques des zircons cristallisés à partir de magmas felsiques (figure 1.4.2).

En excluant trois résultats quelque peu différents, les analyses U-Pb forment un groupe dans la marge d'erreur avec un âge moyen de  $2703 \pm 2$  Ma (figure 1.4.3).



Figure 1.4.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de monzodiorite quartzifère 2021-SG-4070A.

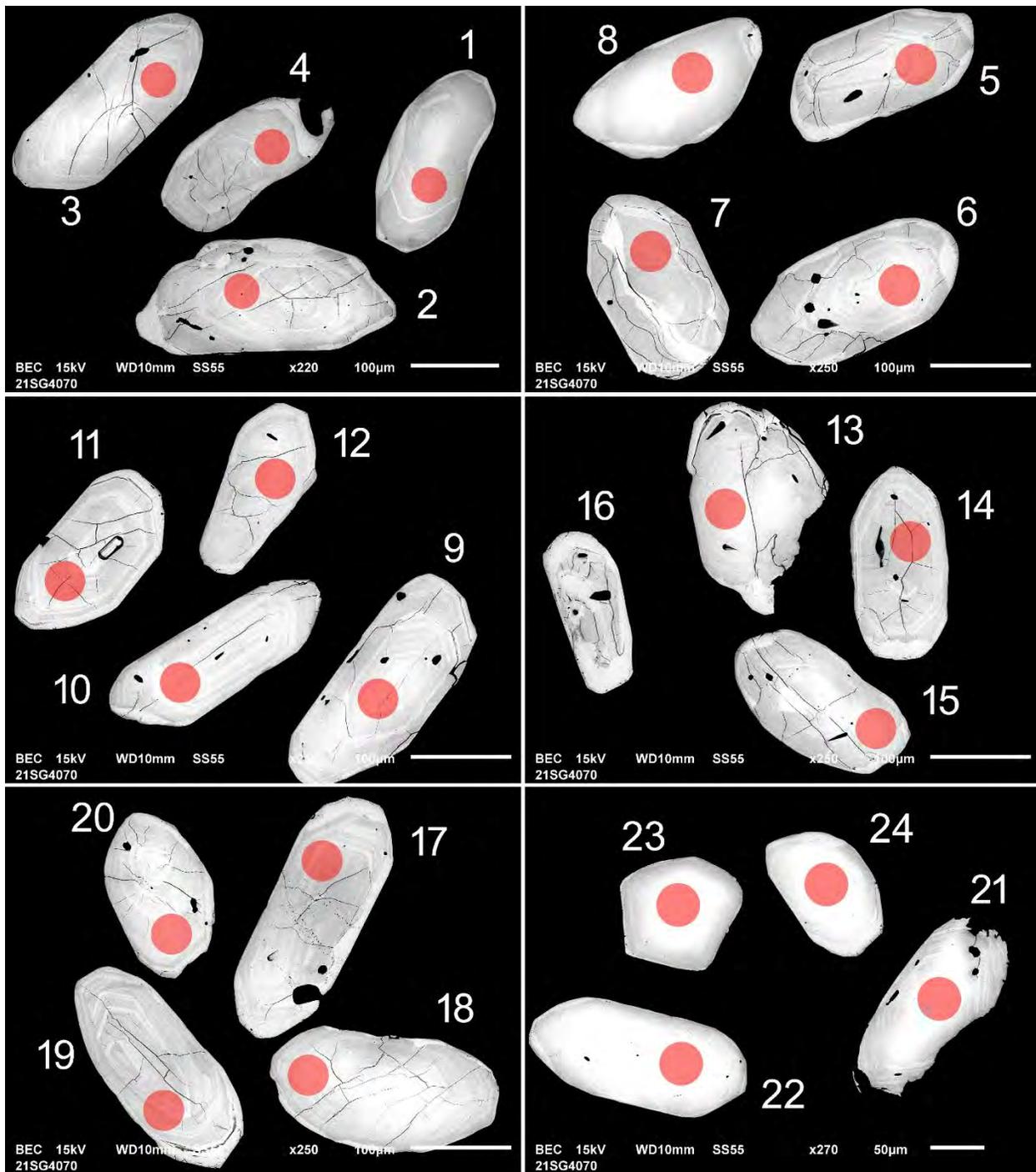


Figure 1.4.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite 2021-SG-4070A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

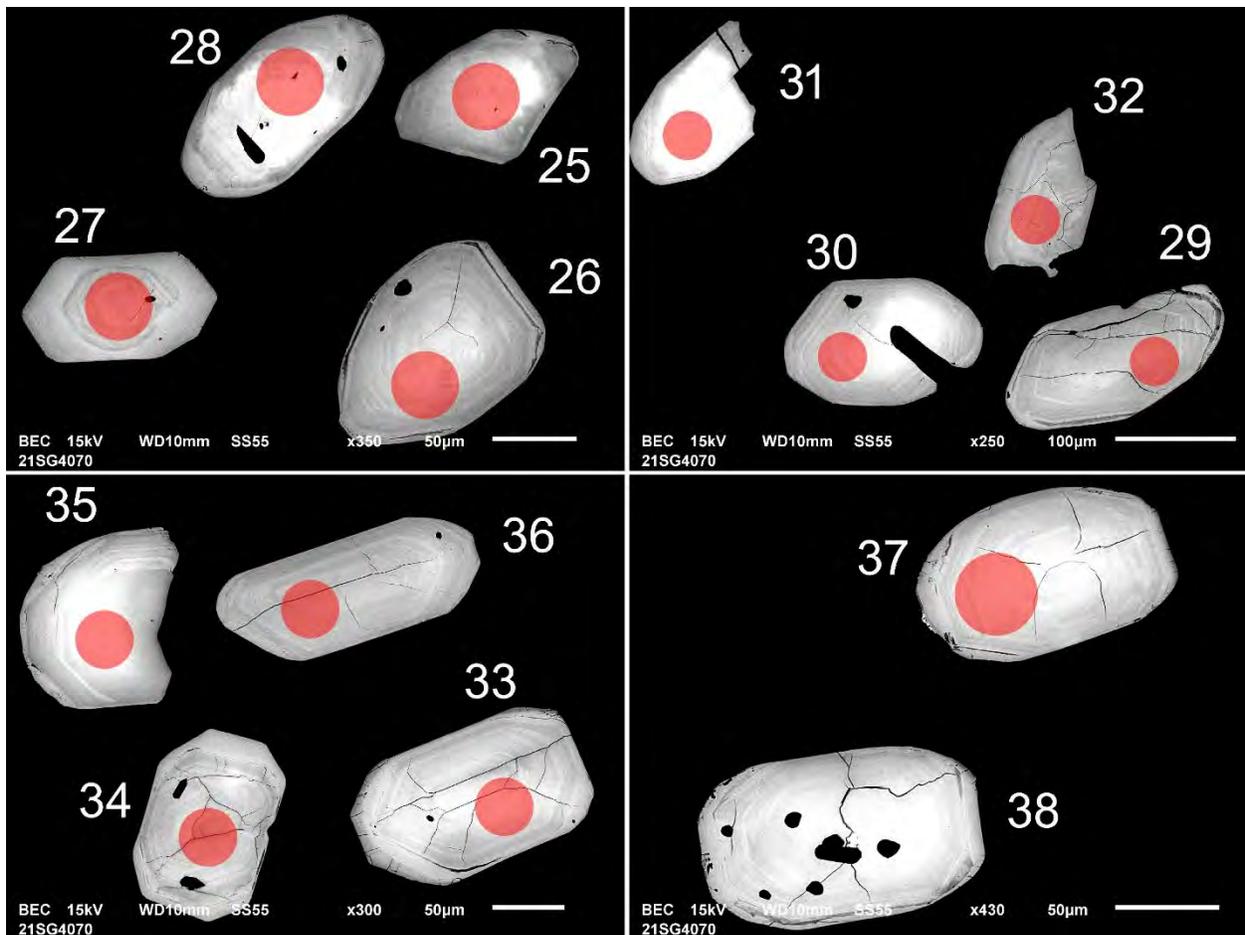


Figure 1.4.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite 2021-SG-4070A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

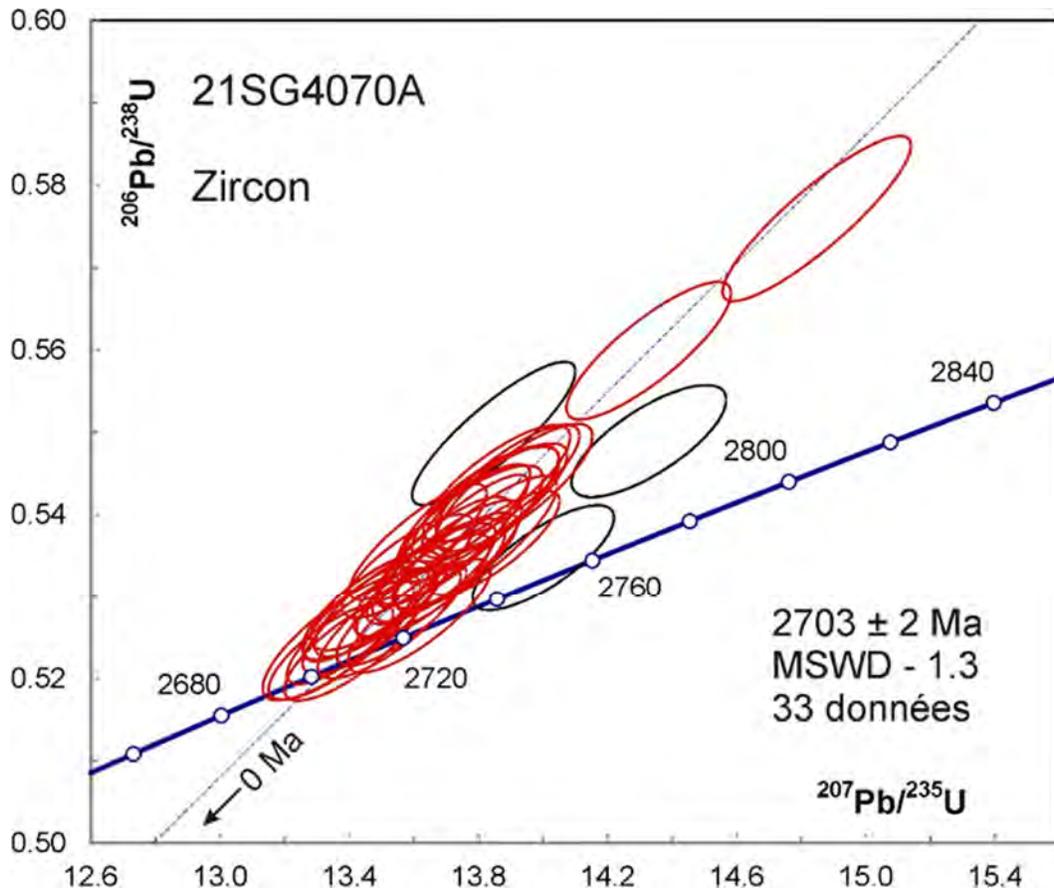


Figure 1.4.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-SG-4070A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

### 1.5 – 2021-WM-2186A Tonalite foliée à grain moyen

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de prismes pour la plupart fracturés et altérés (figure 1.5.1). Les images en BSE montrent des grains endommagés (figure 1.5.2).

Les analyses les plus jeunes sont distribuées le long de la courbe concordia (figure 1.5.3). Elles montrent des concentrations élevées de Sr, ce qui suggère une altération. Dix analyses se groupent autour d'un âge d'environ 2,73 Ga et six de ces analyses s'accordent dans la marge d'erreur avec un âge moyen de  $2730 \pm 5$  Ma. Cet âge représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de cette intrusion.



Figure 1.5.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tonalite 2021-WM-2186A.

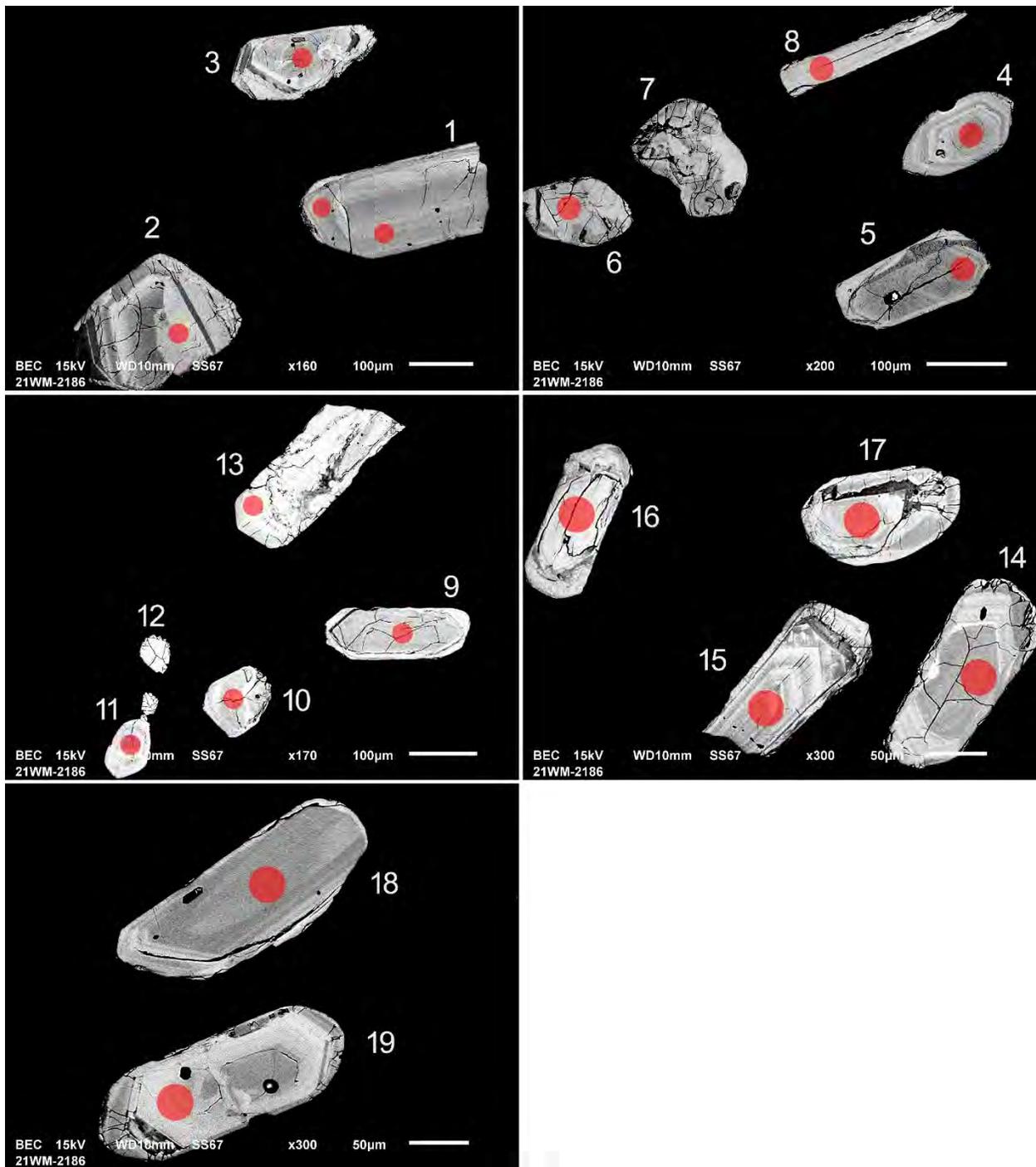


Figure 1.5.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-WM-2186A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

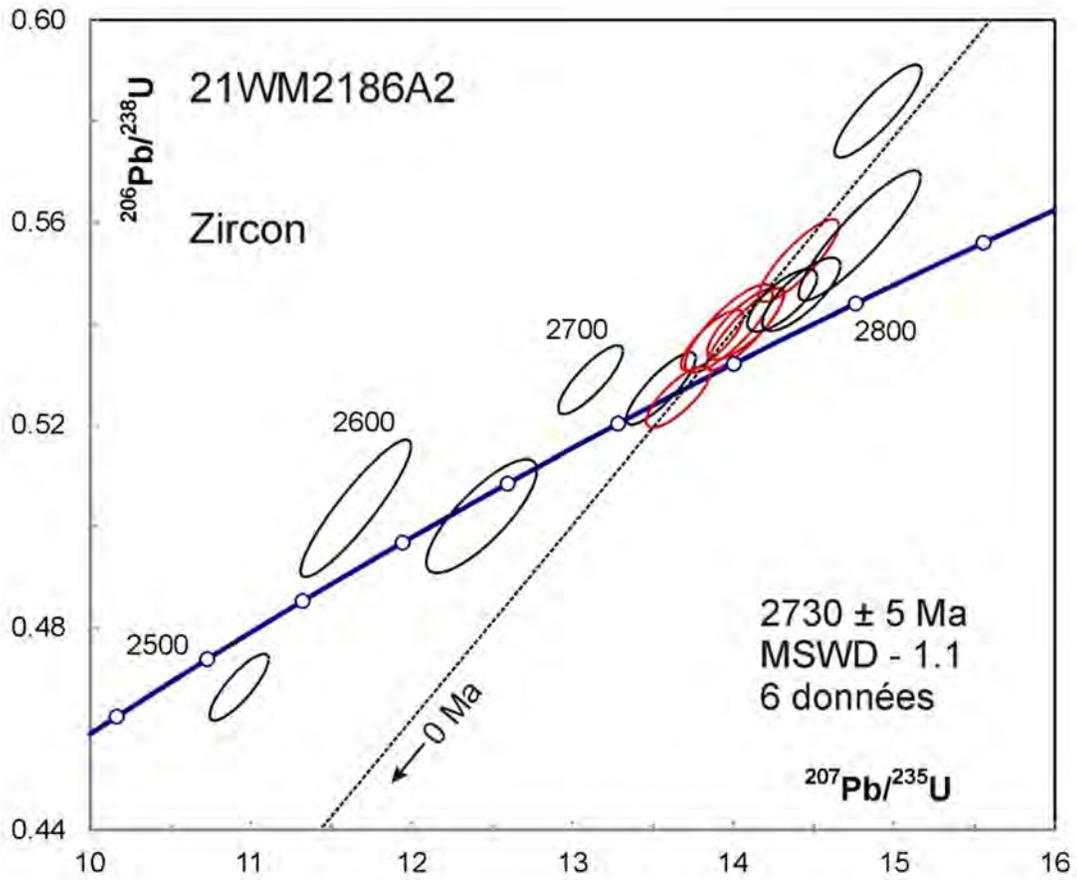


Figure 1.5.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-WM-2186A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 1.6 – 2021-WM-2239A Paragneiss à biotite

La fraction non magnétique de cet échantillon contenait beaucoup de pyrite, laquelle a été dissoute avec de l'acide nitrique. On a ainsi obtenu une population de zircons trapus (figure 1.6.1) plus ou moins endommagés dont l'aspect varie de frais (grains transparents), fracturé (grains brunâtres) à altéré (grains blanc laiteux), ainsi qu'une population mineure des petits grains de monazite (figure 1.6.2). Les images en BSE des zircons montrent des zonations de divers types avec de possibles noyaux et des surcroissances pour quelques grains (figure 1.6.3).

Les analyses U-Pb des zircons donnent des âges divers, ce qui indique une origine détritique (figure 1.6.4). La plupart des zircons donnent des âges néoarchéens avec des groupements d'âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  qui peuvent correspondre à plusieurs populations de diverses provenances (figure 1.6.4). Le groupement le plus jeune ( $2719 \pm 5$  Ma) représente l'âge maximal de déposition de la roche sédimentaire. Plusieurs grains présentent des âges  $> 3$  Ga avec des valeurs qui s'étendent jusqu'à  $3517 \pm 16$  Ma. Les analyses U-Pb des monazites s'accordent avec un âge moyen de  $2643 \pm 9$  Ma (figure 1.6.5). Les rapports Th/U sont variables, mais élevés, ce qui est typique des monazites d'origine magmatique. Cet âge représente la meilleure estimation de l'âge de fusion partielle du paragneiss.

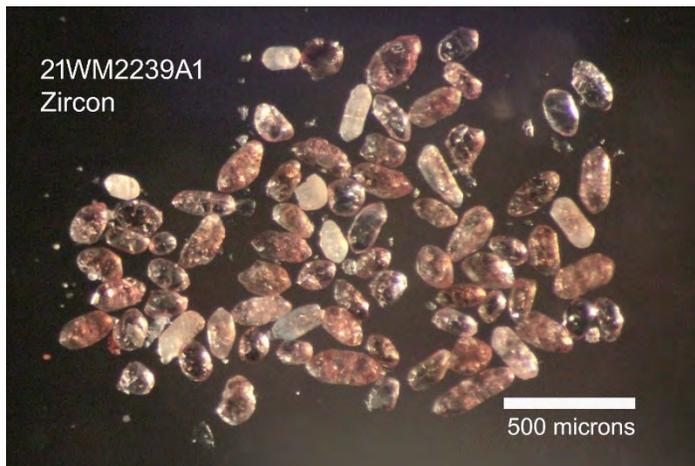


Figure 3.6.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-WM-2239A.



Figure 1.6.2 – Monazites sélectionnées à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-WM-2239A.

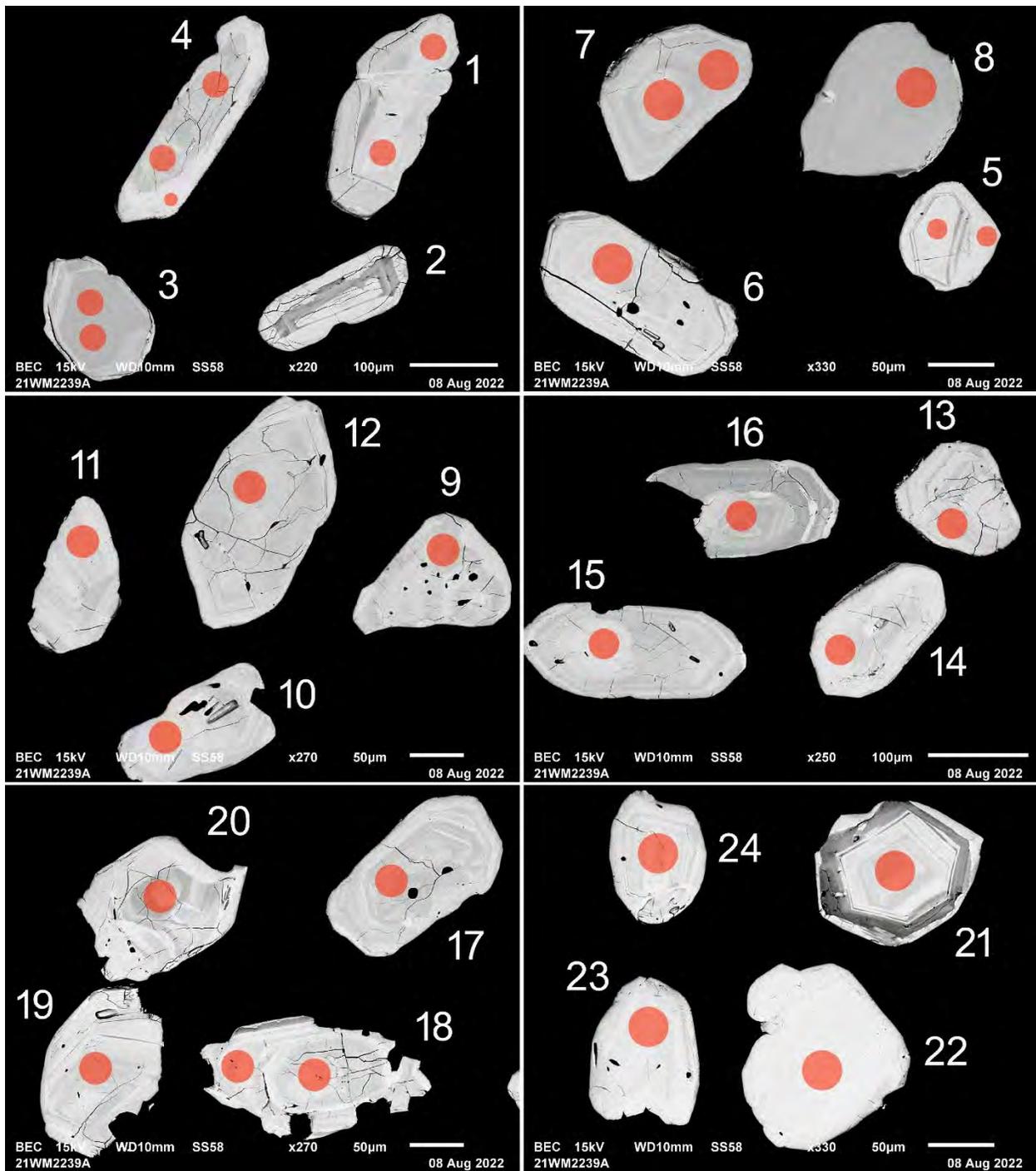


Figure 1.6.3 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-WM-2239A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

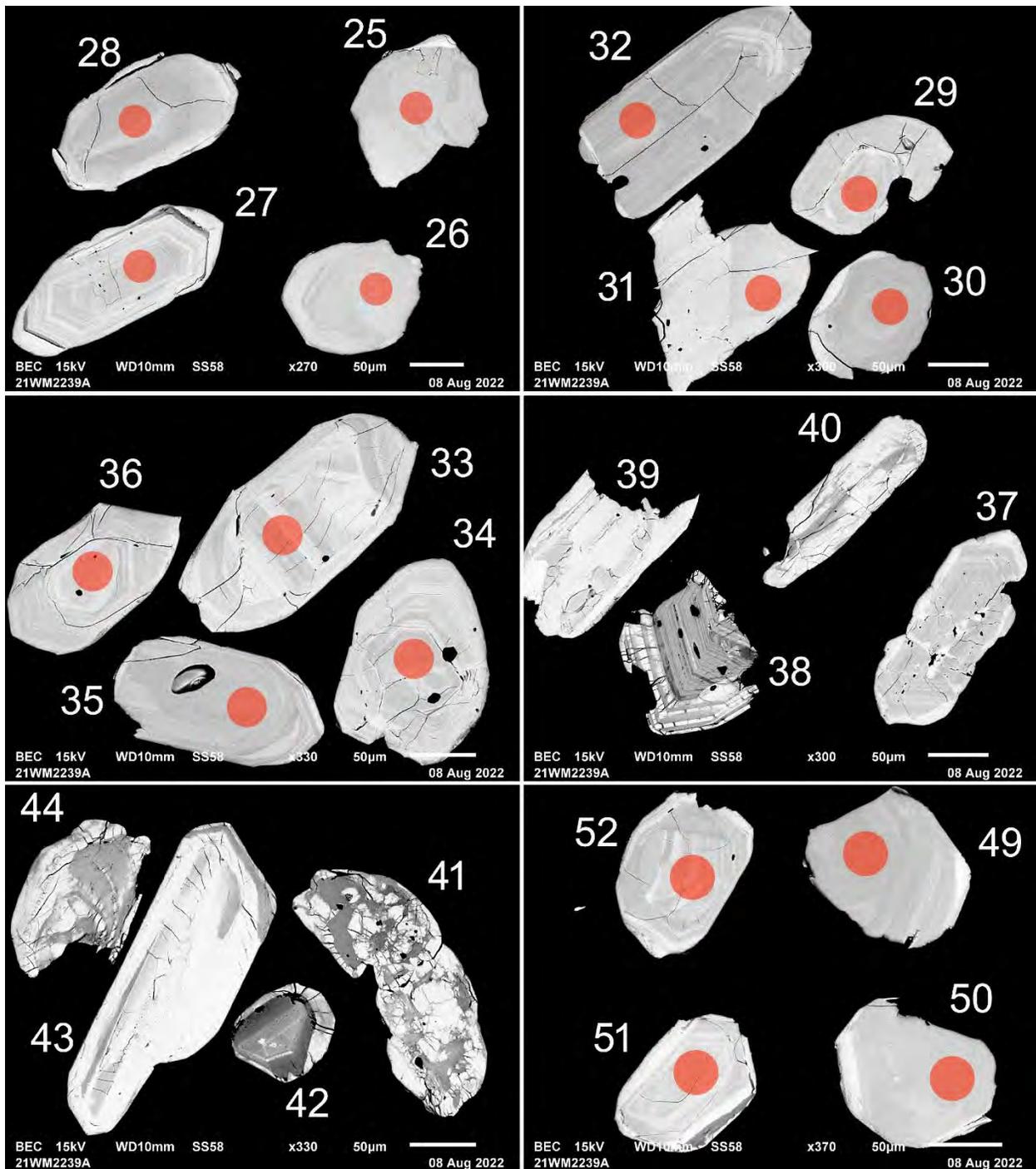


Figure 1.6.3 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-WM-2239A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

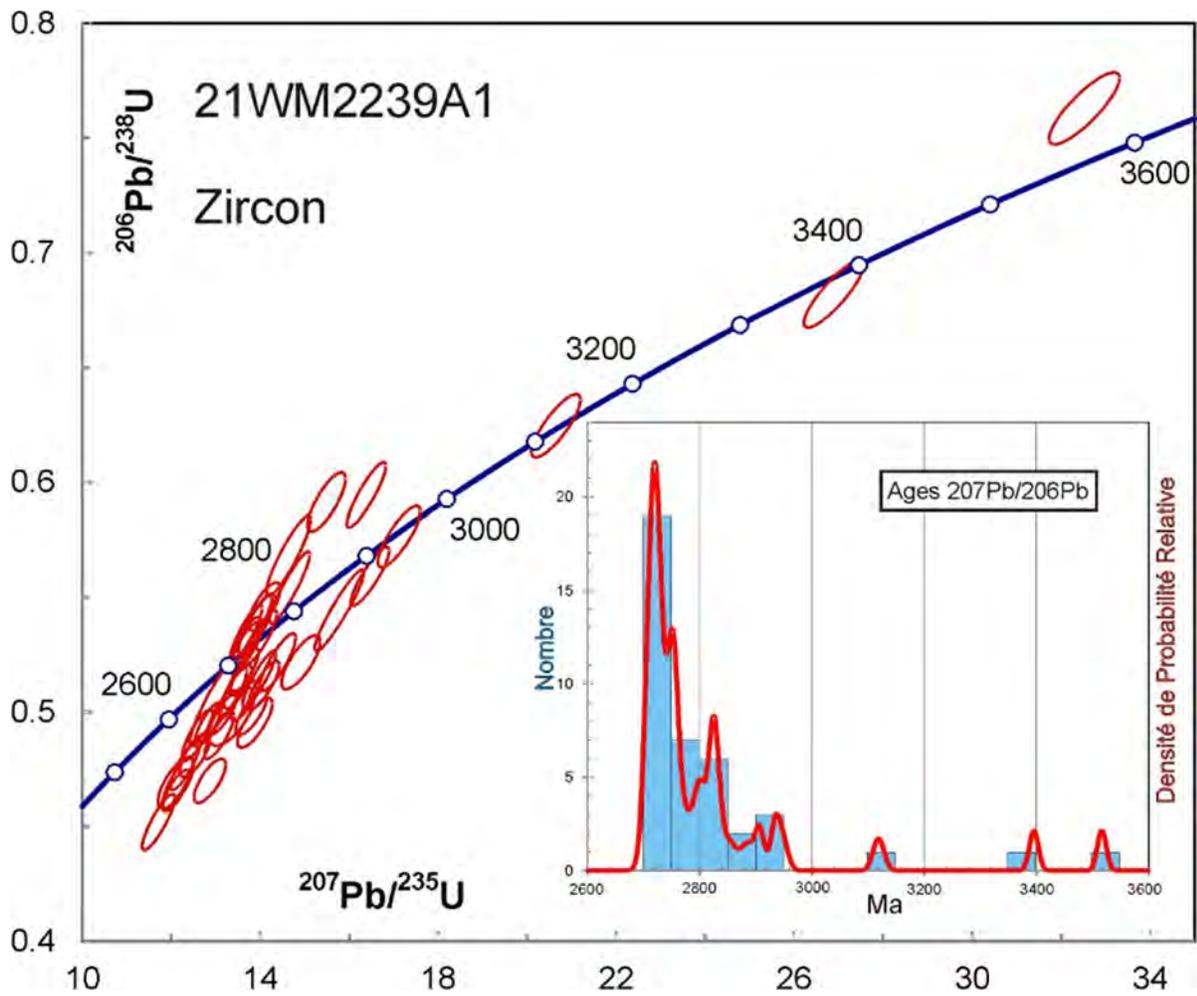


Figure 1.6.4 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-WM-2139A avec la distribution de densité de probabilité des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

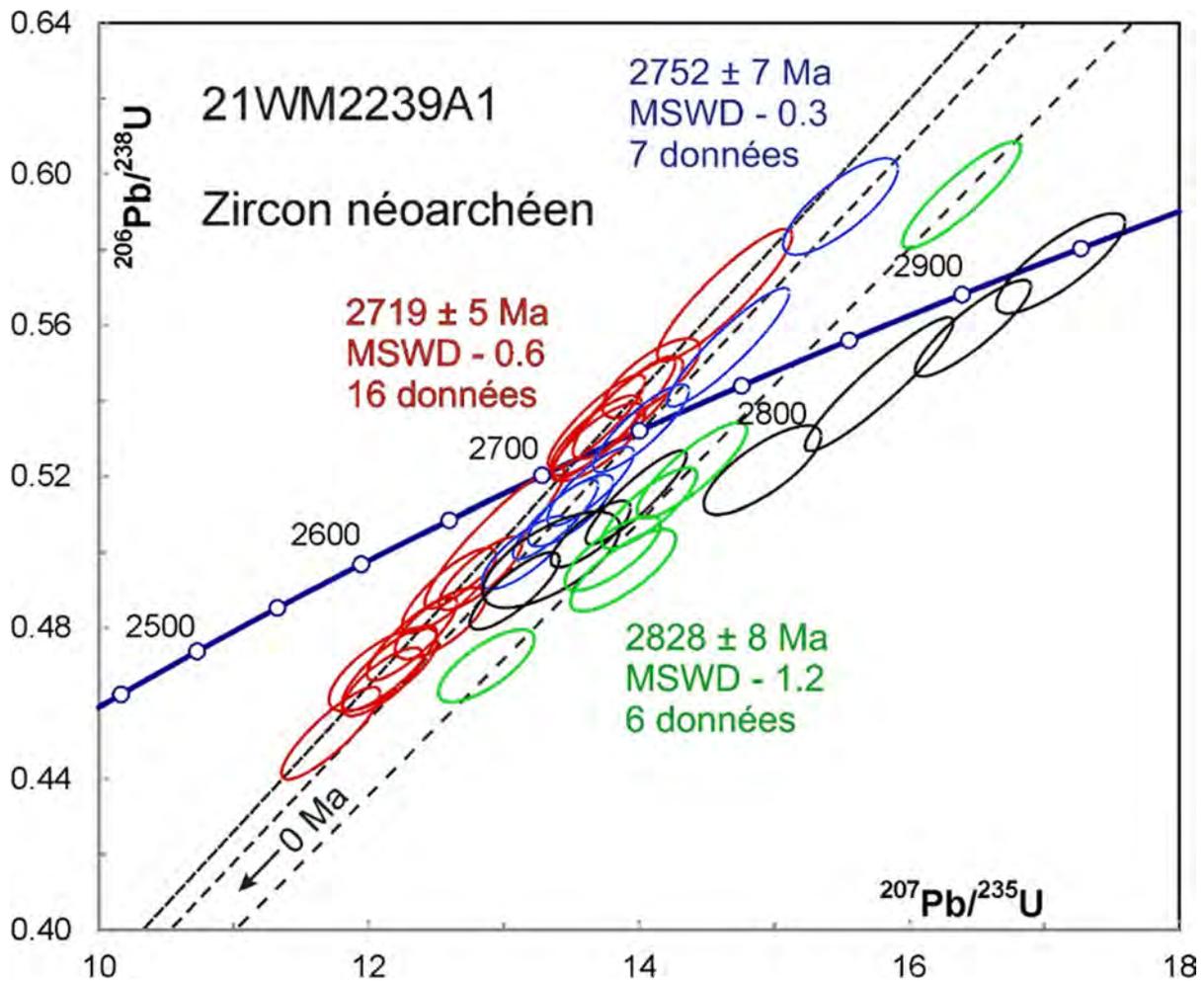


Figure 1.6.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons néoarchéens de l'échantillon 2021-WM-2139A. Les divers groupes d'âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  sont différenciés par des couleurs différentes. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul des âges moyens.

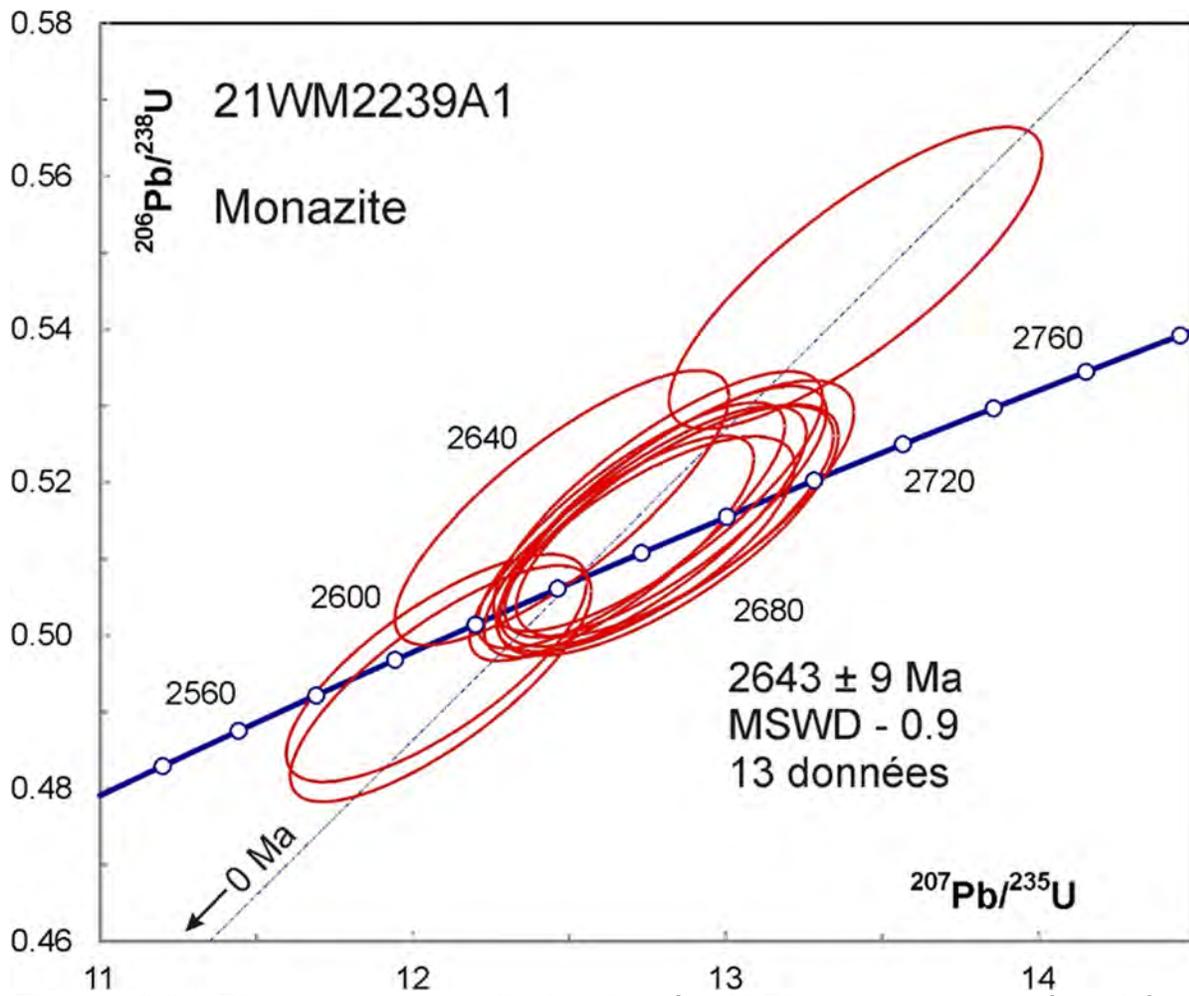


Figure 1.6.6 – Diagramme concordia des données U-Pb des monazites néoarchéennes de l'échantillon 2021-WM-2139A.

## **2. Baie-James–Lac Le Vilin**

### **2.1 – 2021-CG-7043A Quartzite**

Cet échantillon n'a donné que quelques grains de zircon sous la forme de petits prismes souvent en partie fracturés et altérés (figure 2.1.1). Les analyses ont d'abord été réalisées sur les domaines clairs des grains entiers de zircon fixés sur du ruban adhésif (figure 2.1.2). La plupart des analyses sont discordantes et donnent des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  variables (figure 2.1.3). Quatre analyses concordantes donnent un âge moyen de  $2927 \pm 8$  Ma (MSWD = 1,2), mais deux autres analyses également concordantes donnent des âges autour de 2890 Ma. L'analyse d'un autre grain est presque concordante à  $3336 \pm 20$  Ma. La plupart des analyses montrent des rapports Th/U qui augmentent au cours de l'analyse, ce qui suggère la présence d'une surcroissance mince de zircon métamorphique.

Pour améliorer les résultats, ces grains ont été montés dans l'époxy et polis. Les images en BSE montrent des noyaux et la présence d'altération (figure 2.1.4). Un grain avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $3334 \pm 26$  Ma correspond probablement à celui analysé dans le montage précédent. Les autres analyses forment un groupe autour d'un âge de 2900 Ma (figure 2.1.5). Les âges ne s'accordent pas tout à fait dans la marge d'erreur et représentent probablement plusieurs populations étant donné l'origine détritique des zircons. L'âge le plus jeune est de  $2863 \pm 24$  Ma, mais la moyenne des toutes les analyses ( $2903 \pm 14$  Ma) représente une meilleure estimation de l'âge maximal de déposition.

L'échantillon a aussi donné une population de titanite brunâtre (figure 2.1.6). La meilleure estimation de l'âge de la titanite est d'environ 2610 Ma basée sur les analyses les plus radiogéniques. Cet âge et les faibles rapports Th/U (tableau 3) indiquent que la titanite est d'origine métamorphique.

On conclut que cette roche sédimentaire provient d'un terrain mésoarchéen avec une composante paléoarchéenne. L'âge de déposition se situe autour de 2,8 Ga ou plus jeune. Étant donné l'absence d'analyse autour de 2,7 Ga, la sédimentation s'est probablement produite autour de 2,8 Ga.



Figure 2.1.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A.

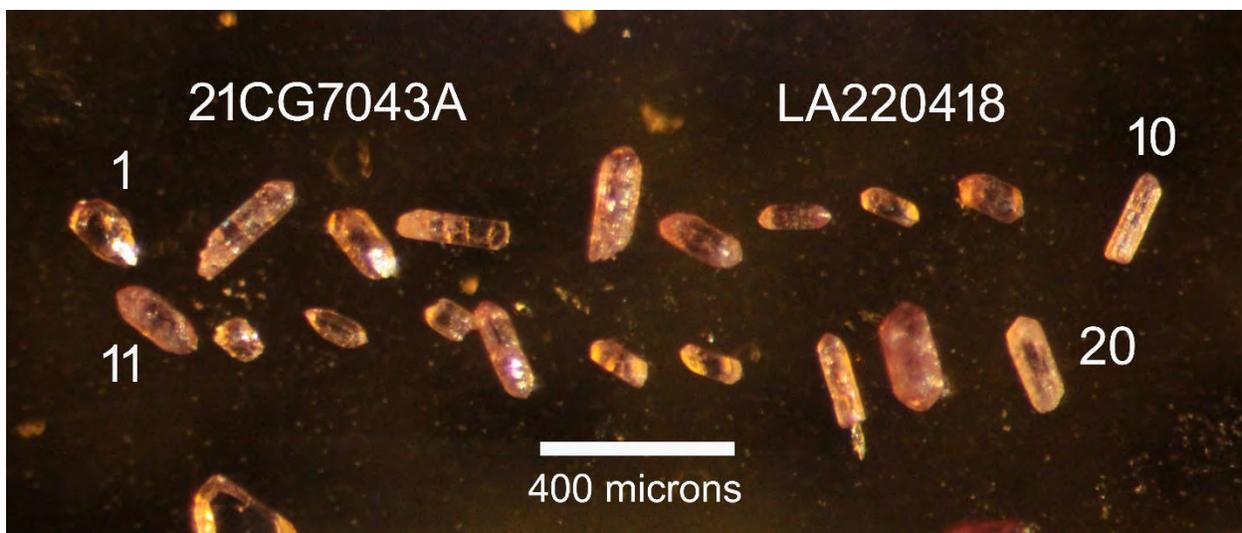


Figure 2.1.2 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-CG-7043A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées dans les domaines les plus transparents.

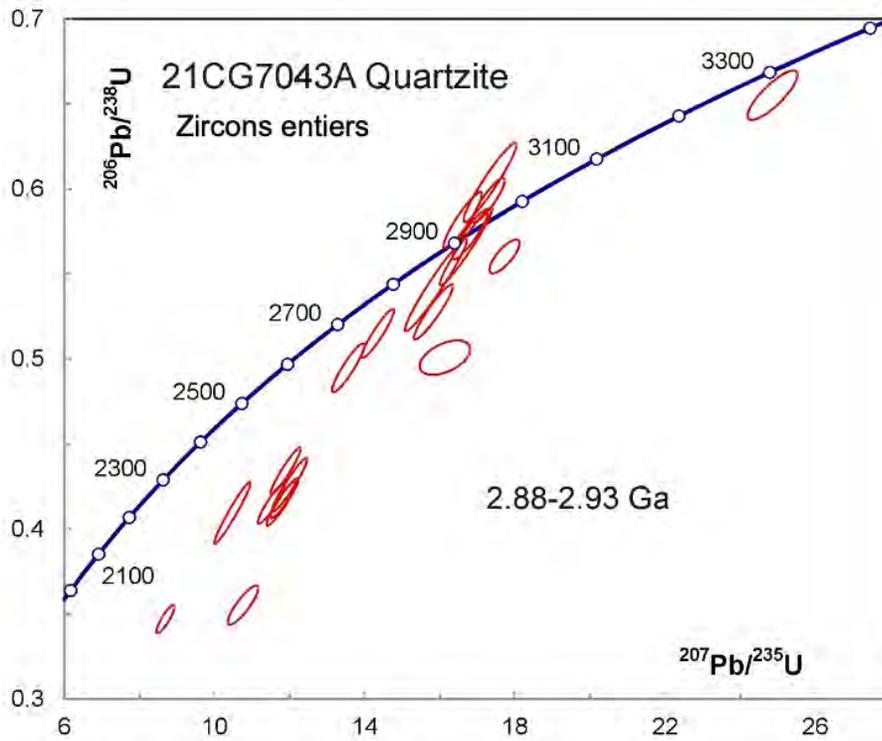


Figure 2.1.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A.

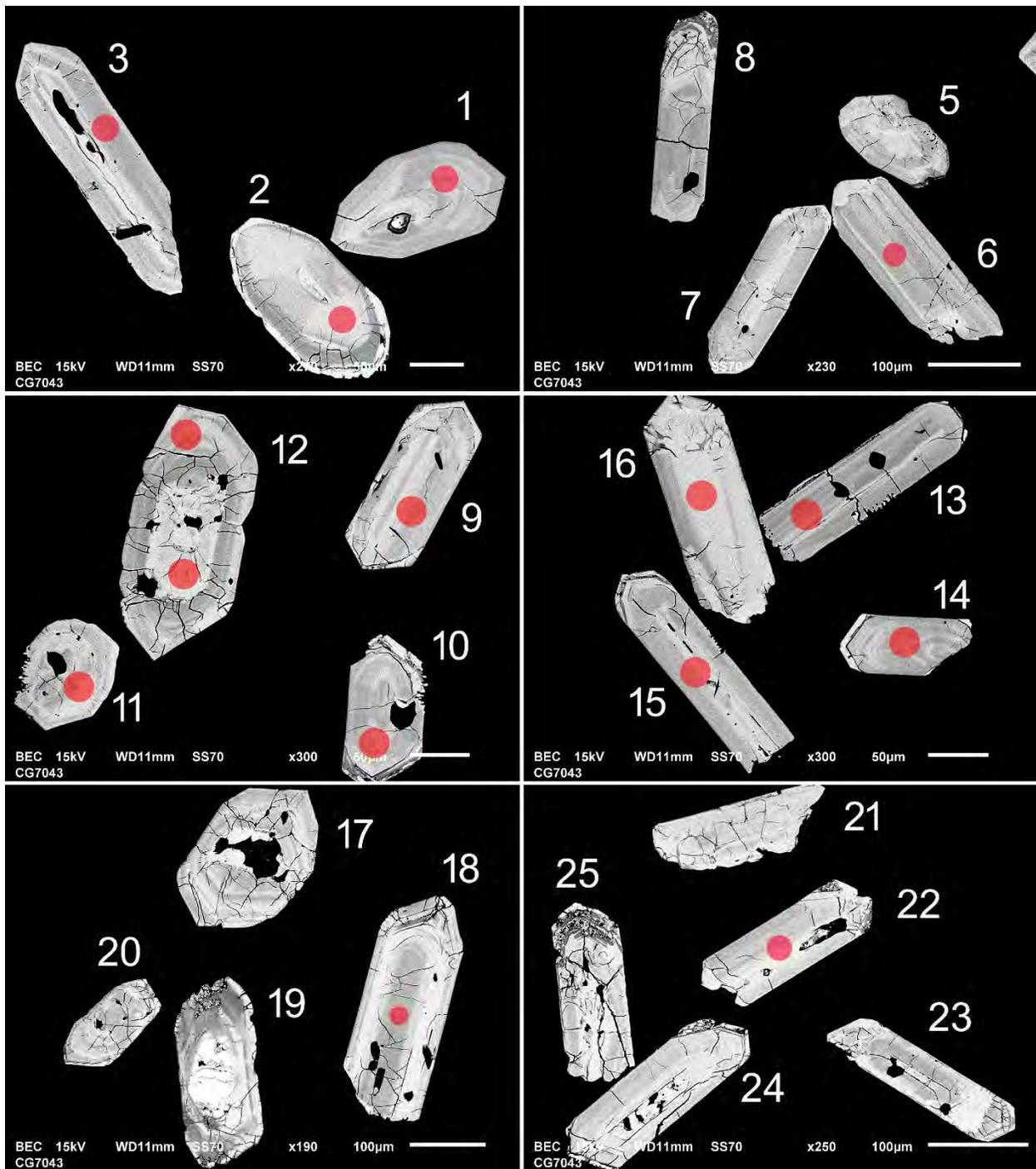


Figure 2.1.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

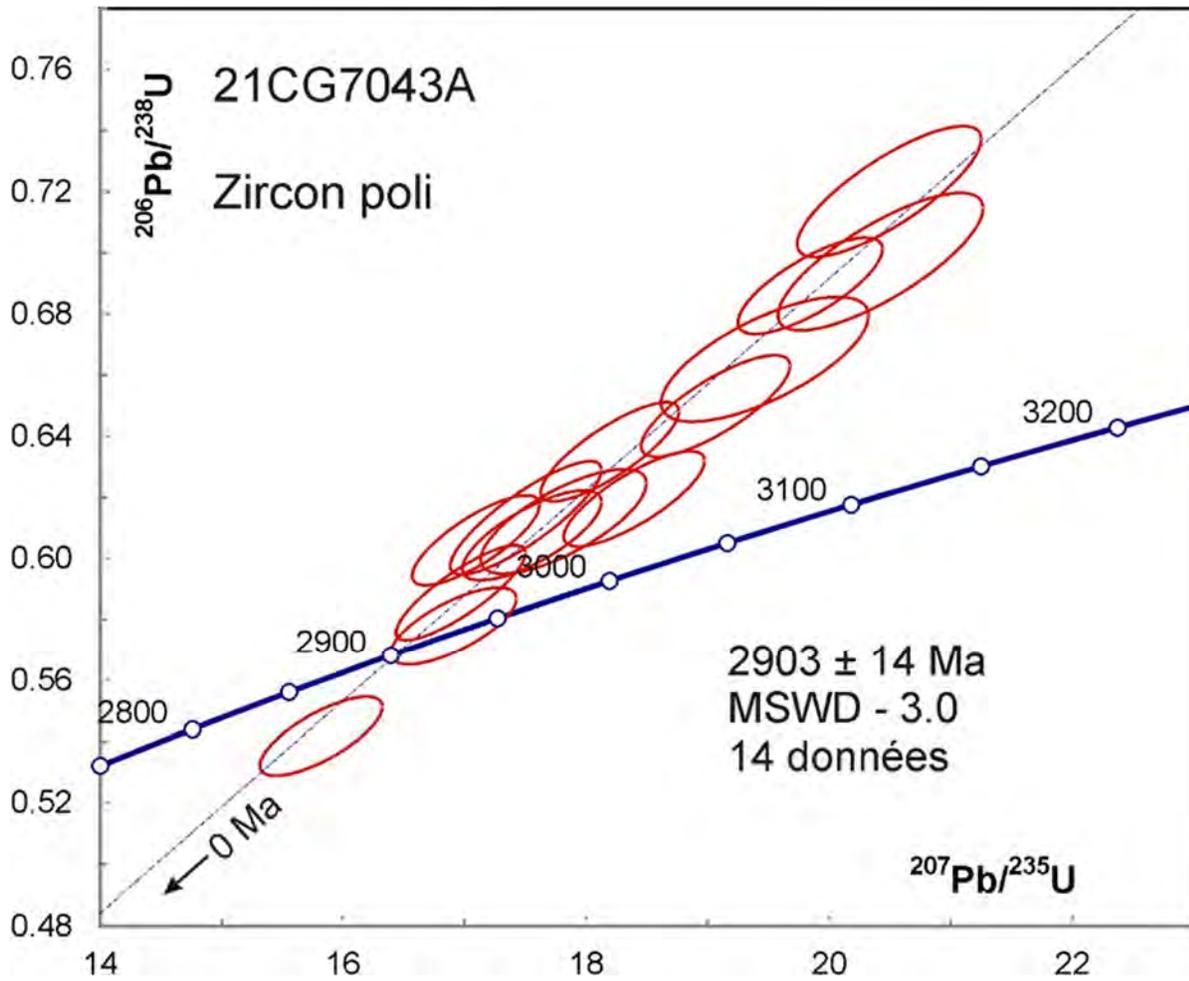


Figure 2.1.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A. Une donnée avec un âge de  $3334 \pm 26 \text{ Ma}$  n'est pas présentée sur le graphique.



Figure 2.1.6 – Titanites sélectionnées à partir de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A.

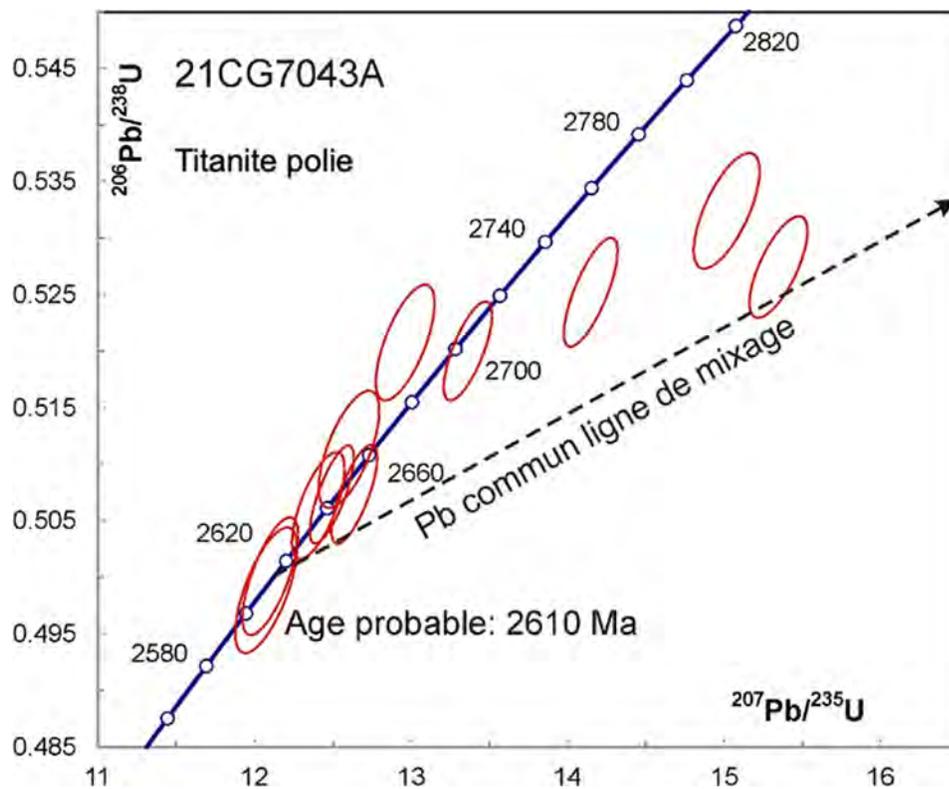


Figure 2.1.7 – Diagramme concordia des données U-Pb des titanites de l'échantillon de quartzite 2021-CG-7043A.

## 2.2 – 2021-CG-7051A Roche métasomatique à porphyroblastes de cordiérite, sillimanite et grenat

Cet échantillon a donné un petit nombre de zircons sous la forme des grains trapus brun foncé (figure 2.2.1), ce qui indique la présence de grains très fracturés et probablement altérés. Les images en BSE (figure 2.2.2) montrent des zones oscillatoires riches et pauvres en U typiques des zircons cristallisés à partir de magmas felsiques. Avec l'accumulation des dommages radiogéniques, les zones riches en U se dilatent, ce qui entraîne la formation de fractures. Cependant, si la quantité de fluides aqueux dans la roche est insuffisante pour altérer les zircons, le système U-Pb ne sera pas affecté. C'est évidemment le cas ici puisque les analyses U-Pb donnent des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $2833 \pm 3$  Ma (figure 2.2.3). Les zonations oscillatoires et les rapports Th/U des zircons indiquent que le zircon est d'origine magmatique.



Figure 2.2.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-CG-7051A.

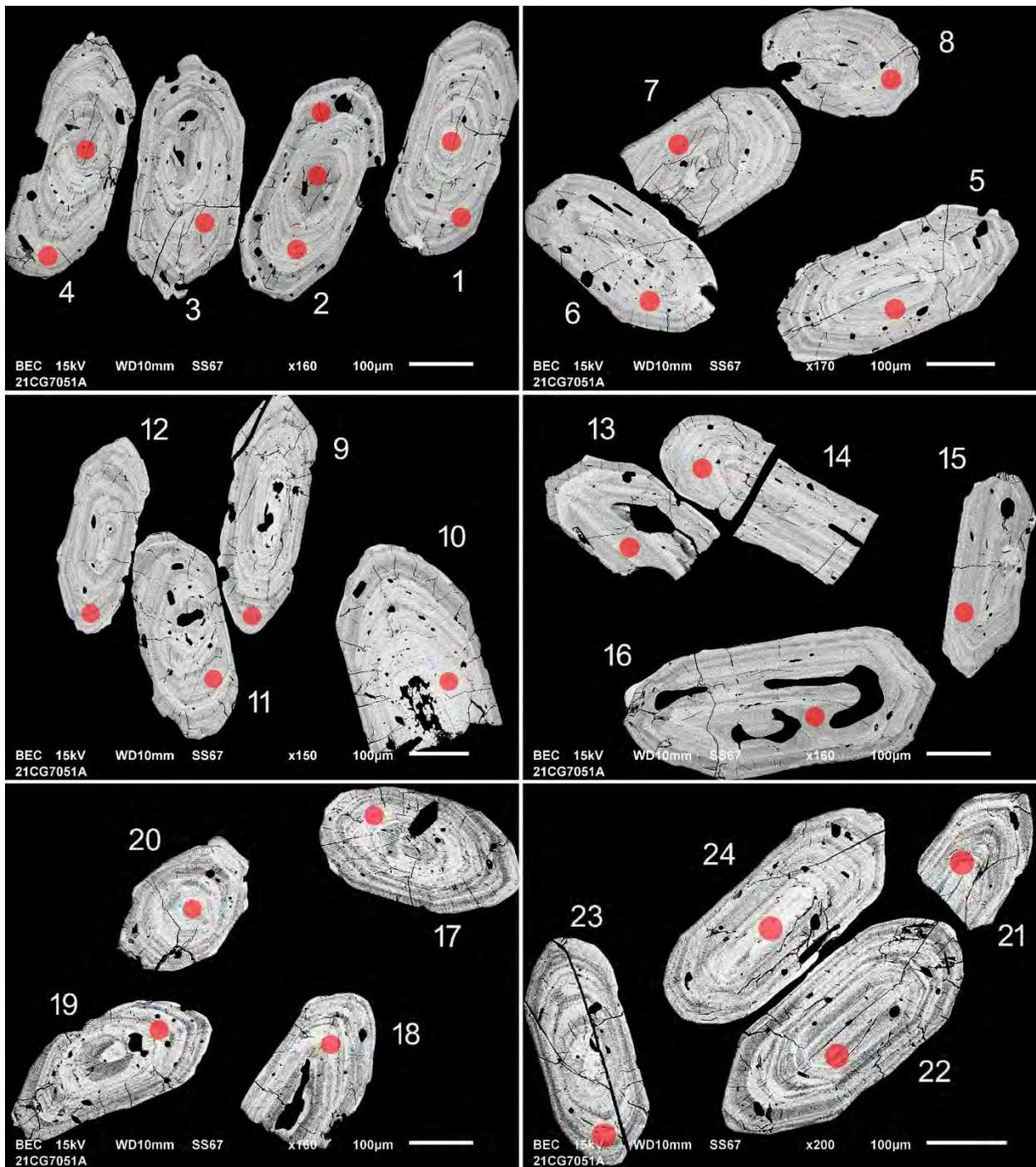


Figure 2.2.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-CG-7051A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

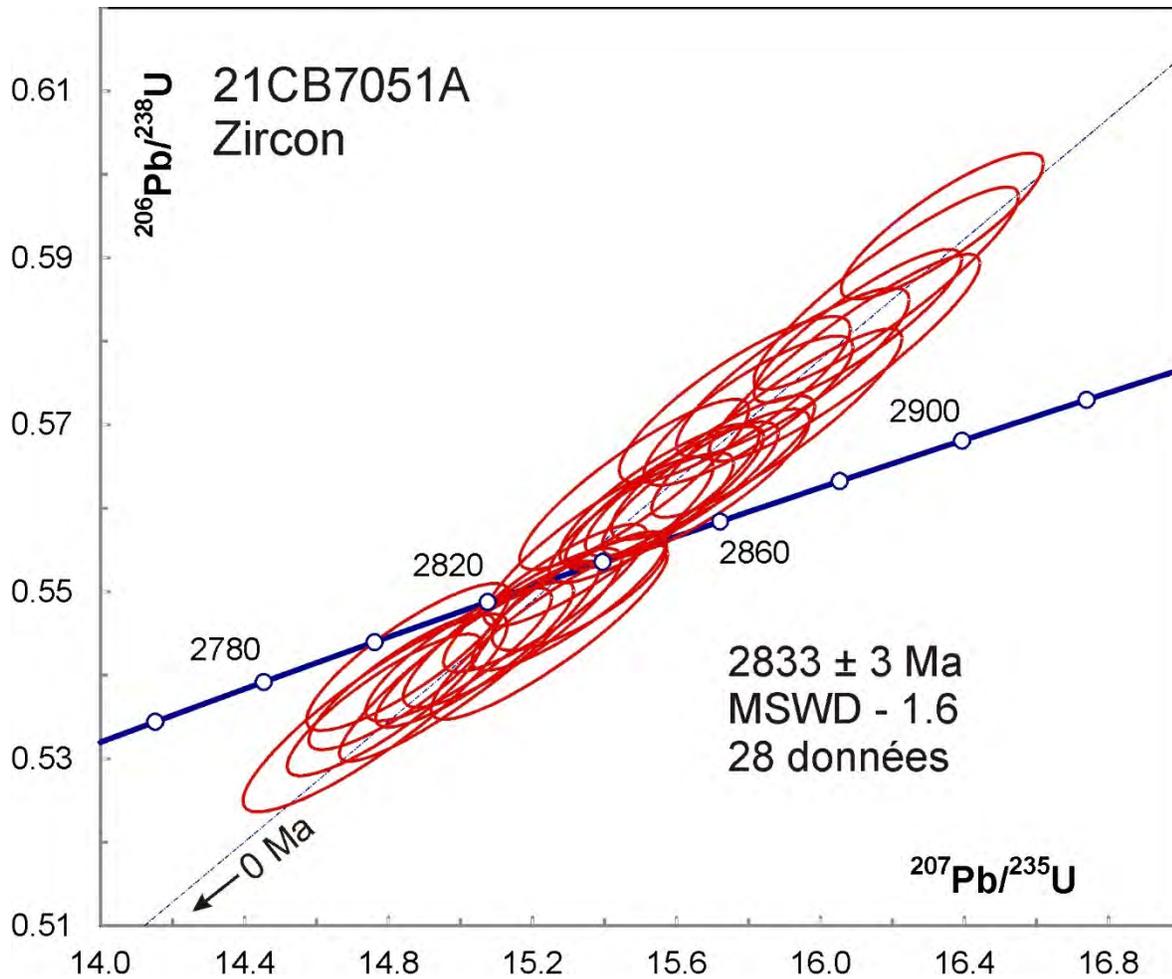


Figure 2.2.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-CG-7051A.

### 2.3 – 2021-CG-7051E Roche volcanoclastique felsique

Cet échantillon a donné une petite population de zircons comparable à celle de 2021-CG-7051A (figure 2.3.1). Les images en BSE sont semblables (figure 2.3.2), mais l'on trouve plus d'évidences de noyaux (p. ex. grains 1, 2, 4, 5, 8, etc.).

L'interprétation des données U-Pb n'est cependant pas aussi simple que pour l'autre échantillon, puisque les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ne s'accordent pas dans la marge d'erreur (figure 2.3.3). Les noyaux n'étant pas plus vieux que les surcroissances, cette dispersion des âges n'est évidemment pas le résultat de la combinaison d'un héritage et d'une population d'âge unique. L'histogramme des âges montre une distribution bimodale (figure 2.3.4), ce qui suggère que la population contient deux composantes. La fonction « Unmix ages » du logiciel Isoplot (Sambridge et Compston, 1994) a permis d'estimer l'âge de ces composantes à  $2821 \pm 7$  Ma et  $2839 \pm 6$  Ma. Étant donné qu'il s'agit d'une roche volcanoclastique, il est en effet possible d'y trouver une composante détritique plus vieille que l'âge du volcanisme. Une autre interprétation possible est que les âges ont été légèrement rajeunis au Néoarchéen. Dans ce cas, l'âge moyen des zircons les plus vieux, soit  $2838 \pm 4$  Ma (figure 3.8.4), représenterait la meilleure estimation de l'âge du magmatisme.



Figure 2.3.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-CG-7051E.

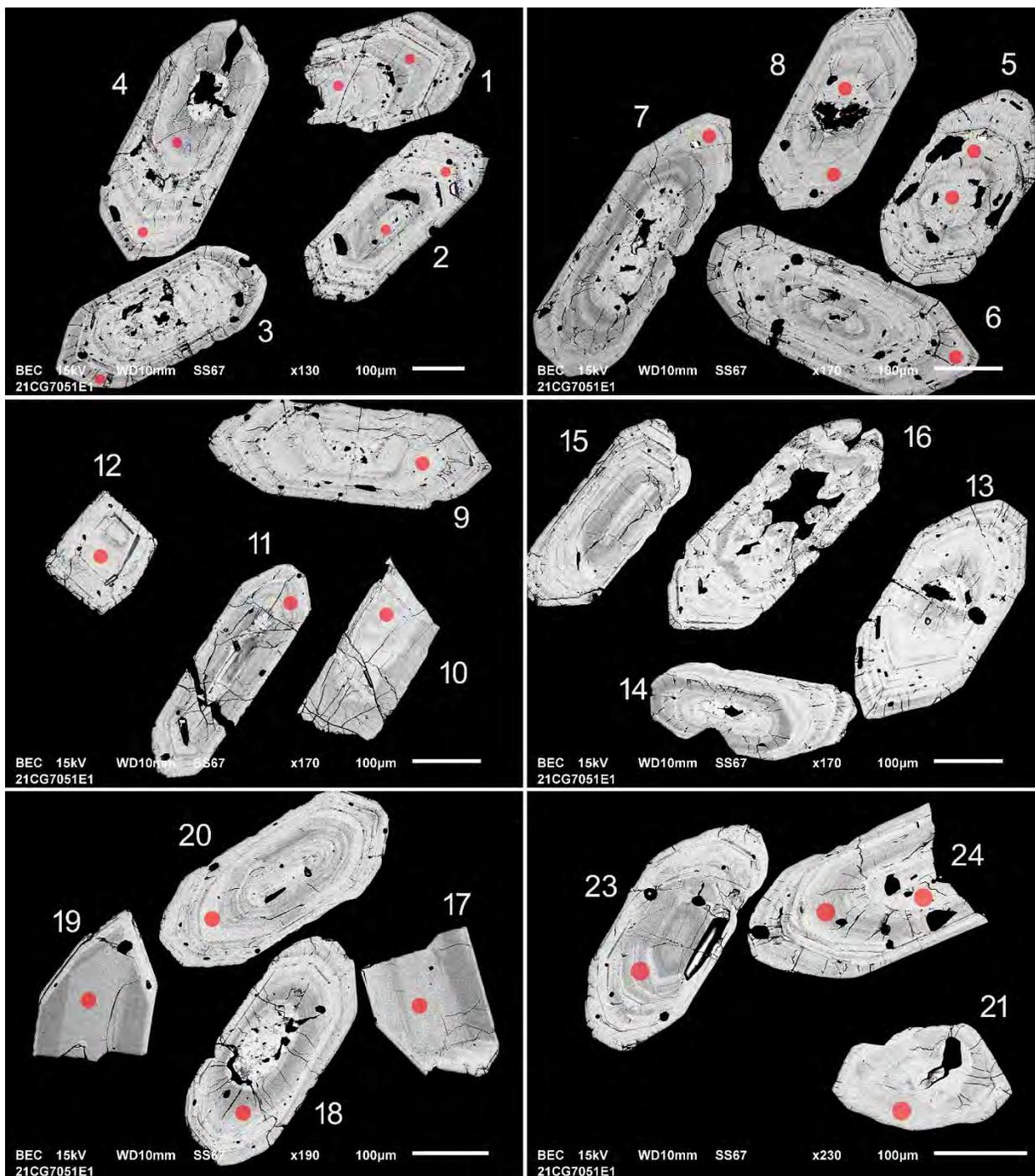


Figure 2.3.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-CG-7051E. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

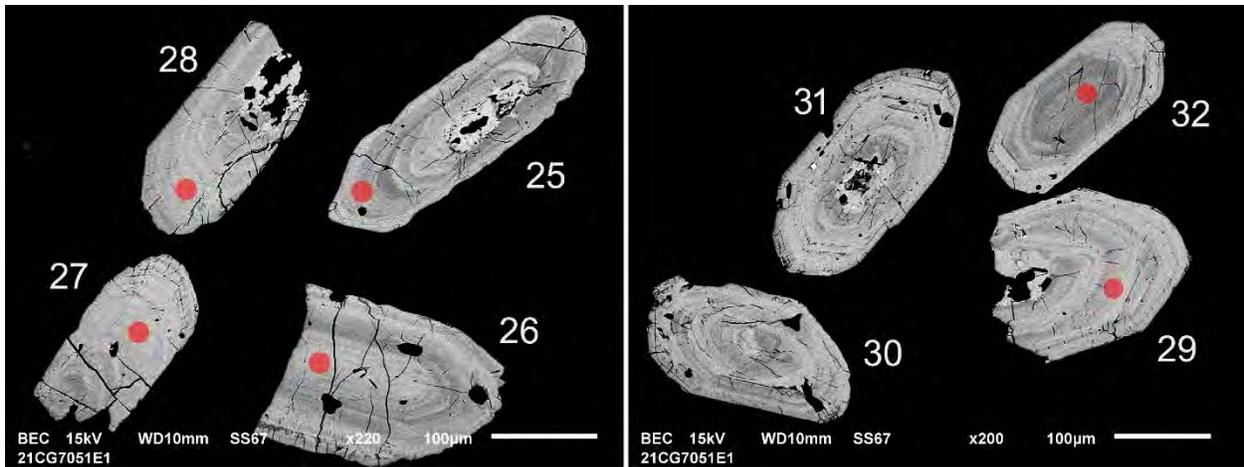


Figure 2.3.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-CG-7051E. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

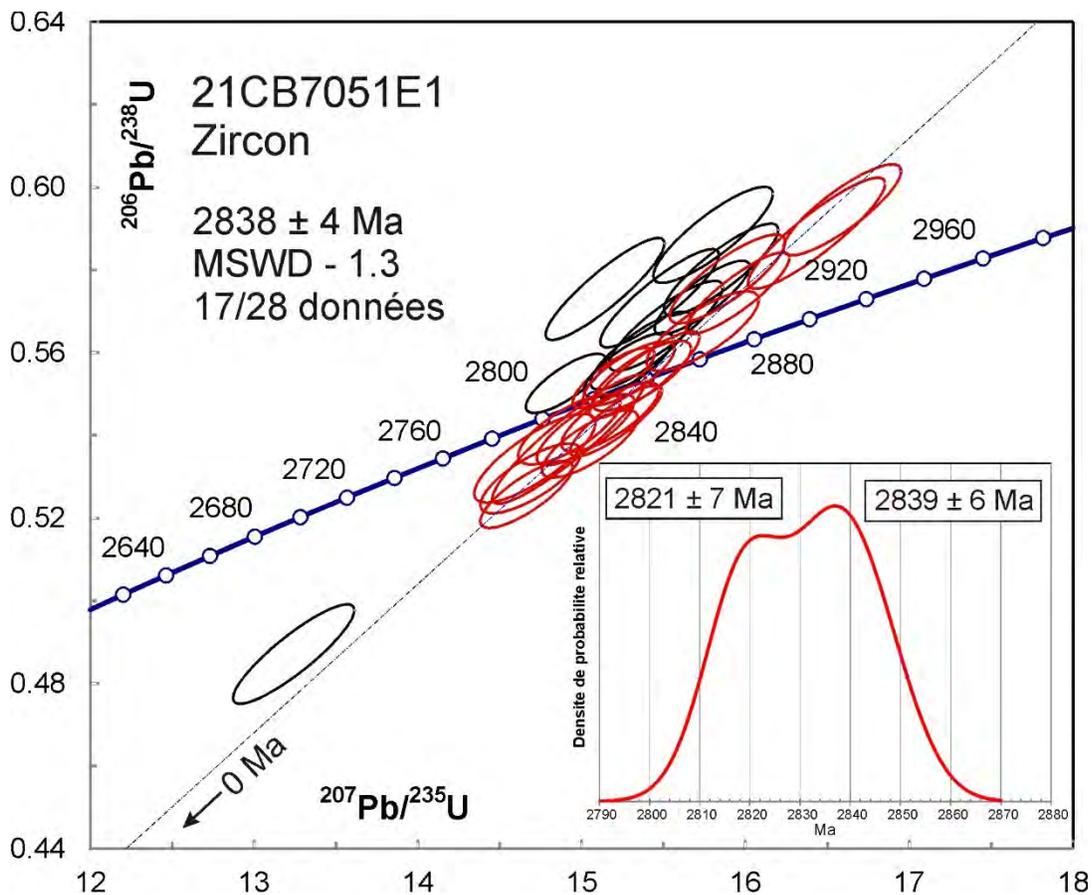


Figure 2.3.3 – Diagramme concordia et densité de probabilité relative des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  pour les données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-CG-7051E. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 2.4 – 2021-CG-7055B Tonalite gneissique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme des grains trapus brun foncé (figure 2.4.1), semblable aux deux échantillons précédents. Les images en BSE (figure 2.4.2) montrent également des structures similaires avec des zones oscillatoires et de possibles noyaux.

L'interprétation des analyses U-Pb est encore compliquée par l'étalement des âges qui varient de 2,62 Ga à 2,88 Ga (figure 2.4.3). Les trois analyses les plus jeunes s'accordent avec âge moyen de  $2628 \pm 9$  Ma (MSWD = 1,1). Elles ont été réalisées sur des domaines caractérisés par de fortes concentrations en U et des rapports Th/U < 0,1, ce qui suggère une origine métamorphique. Les noyaux ont tendance à donner les âges plus vieux, mais ces analyses ne s'accordent pas dans la marge d'erreur. Un groupement de 10 analyses s'accordent avec un âge moyen de  $2830 \pm 5$  Ma (MSWD = 0,9) qui représente la meilleure estimation de l'âge du magmatisme.

L'échantillon a aussi donné une bonne quantité de cristaux de rutile vert à noir (figure 2.4.4). Le rutile se forme souvent à partir de la titanite à la suite d'une réaction avec des fluides hydrothermaux. Ordinairement, le rutile contient des concentrations variables de U et presque pas de Pb commun ni de Th. Les résultats isotopiques U-Pb de quelques analyses suggèrent la présence d'un peu de Pb commun, ce qui déplace les analyses vers la gauche le long d'une ligne de mélange. Cependant, la plupart des analyses se regroupe dans la marge d'erreur avec un âge moyen de  $2512 \pm 11$  Ma (figure 2.4.5). Puisque la température de fermeture pour la diffusion de Pb dans le rutile est d'environ 500 °C (Kooijman *et al.*, 2010), cet âge peut représenter un âge de refroidissement.

La perturbation du système U-Pb du zircon peut être causée par l'interaction de zircon partiellement endommagé avec des fluides hydrothermaux néoarchéens.



Figure 2.4.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-CG-7055B.

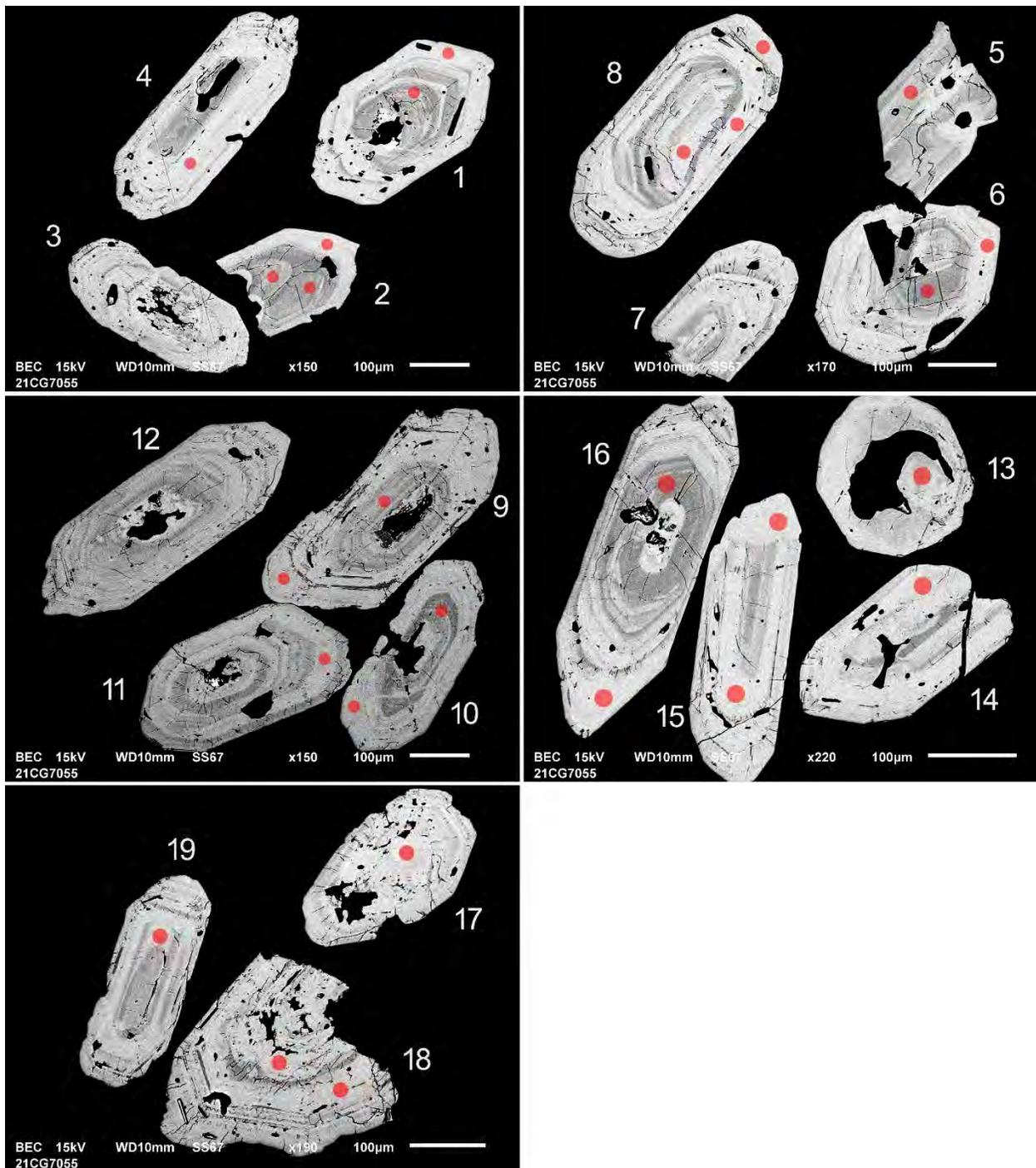


Figure 2.4.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-CG-7055B. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

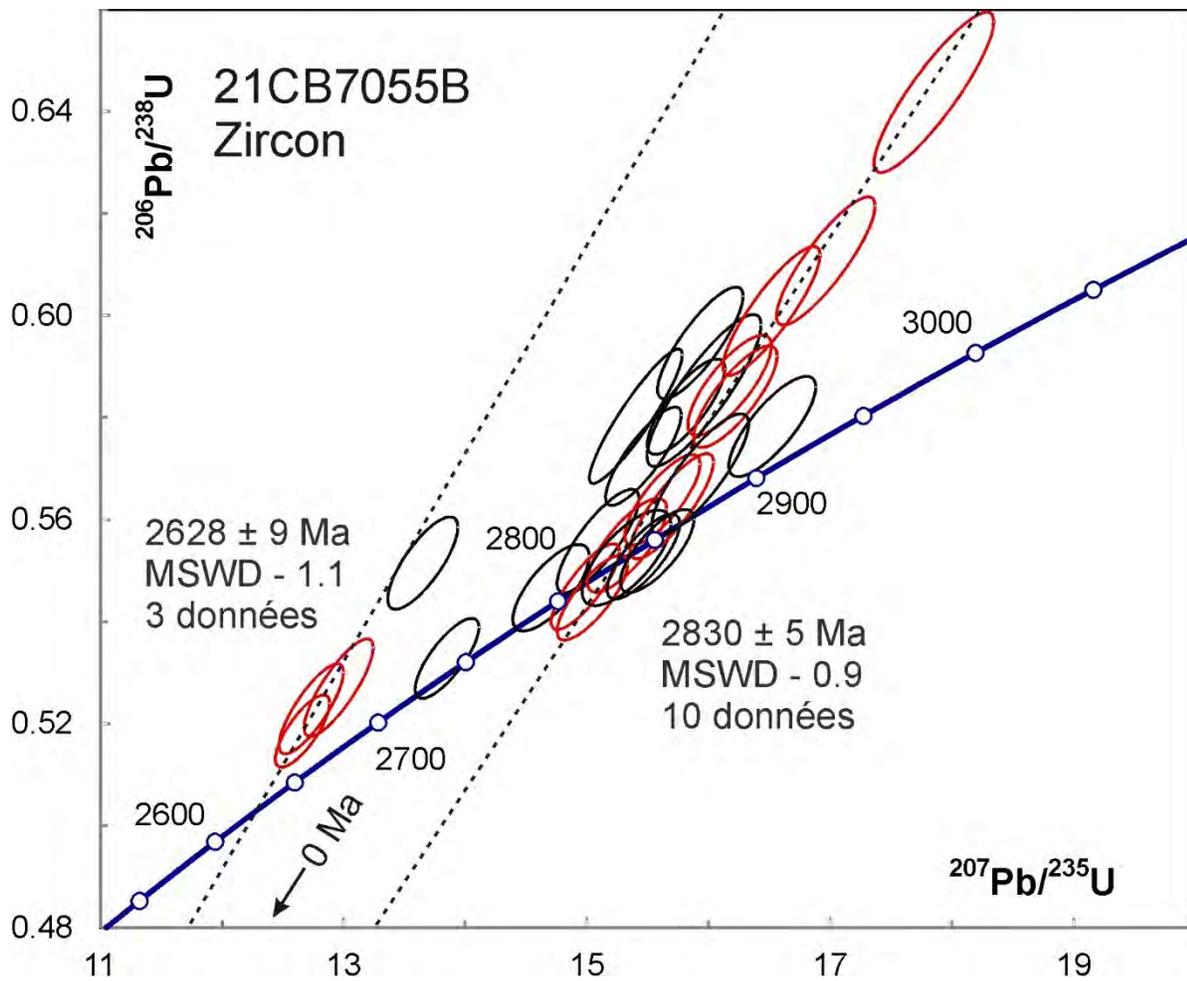


Figure 2.4.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-CG-7055B. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans les calculs des âges moyens.

21CG7055 rutile



Figure 2.4.4 – Rutiles sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-CG-7055B.

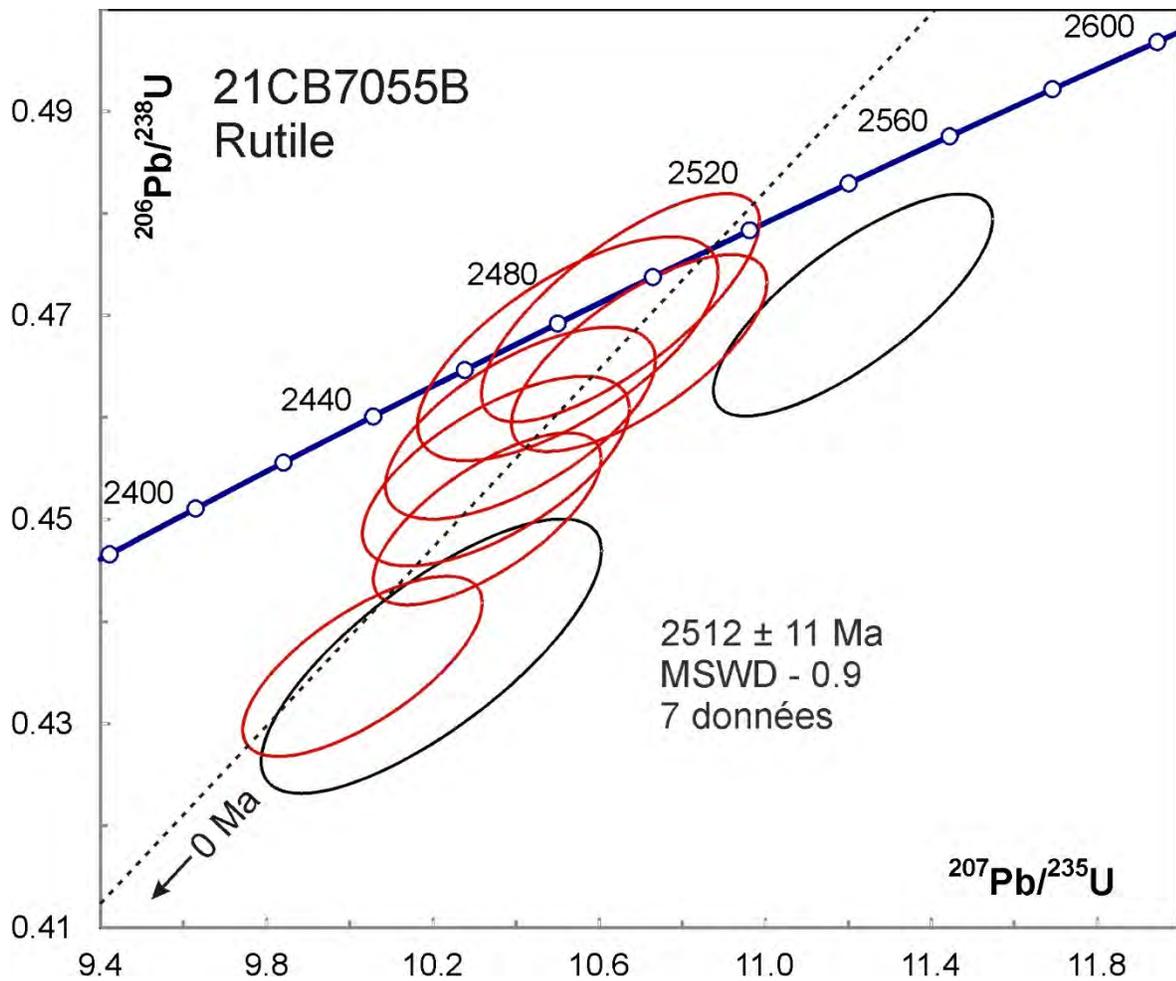


Figure 2.4.5 – Diagramme concordia pour les données U-Pb des rutiles de l'échantillon 2021-CG-7055B. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 2.5 – 2021-CS-4115A Tonalite gneissique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons se présentant sous la forme de petits prismes longs et pour la plupart fracturés (figure 2.5.1). Les analyses ont d'abord été réalisées sur les surfaces naturelles des grains en raison de leur petite taille (figure 2.5.2). Les résultats sont discordants avec des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  très dispersés (figure 2.5.3). Plusieurs analyses discordantes montrent des concentrations de Sr élevées, ce qui suggère une altération du zircon. Les rapports Th/U relativement faibles des analyses les plus jeunes suggèrent aussi la présence de surcroissances métamorphiques (figure 2.5.4). Un groupe de 7 analyses discordantes, mais avec des teneurs en Sr et des rapports Th/U faibles définit une ligne de discordance avec un âge de  $2654 \pm 23$  Ma (MSWD = 5,4). Toutefois, ces données ne s'accordent pas dans la marge d'erreur. Les autres analyses donnent des âges compris entre 2,7 et 2,8 Ga.

Ces mêmes grains ont été montés dans l'époxy et polis pour de nouvelles analyses. Un examen détaillé des images en BSE démontre l'existence de domaines altérés (figure 2.5.5). En évitant les zones altérées, les analyses sont mieux groupées, mais ne permettent pas d'obtenir un âge unique (figure 2.5.6). Un groupe de 18 données donne un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2775 \pm 6$  Ma dans la marge d'erreur. Ce résultat représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de la tonalite. Trois autres analyses s'accordent avec un âge moyen de  $2826 \pm 13$  Ma associé peut-être à de l'héritage. Les autres analyses donnent des âges plus jeunes qui peuvent être associés au métamorphisme en raison des faibles rapports (Th/U < 0,1; tableau 3).

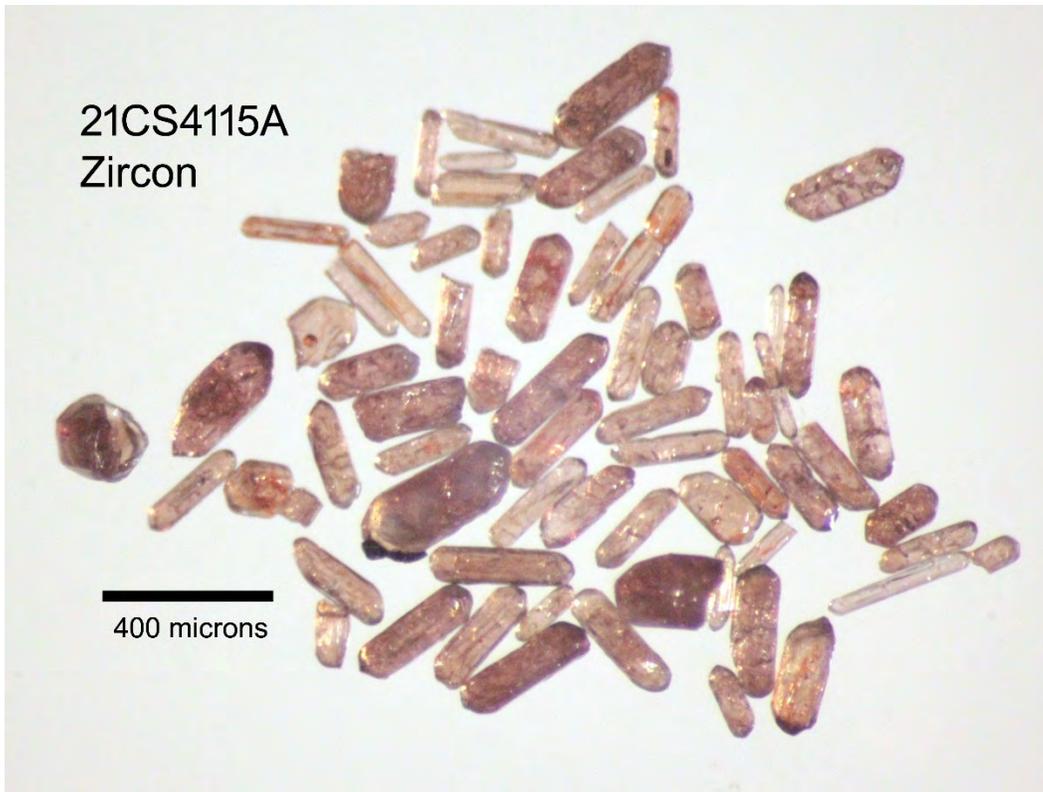


Figure 2.5.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A.

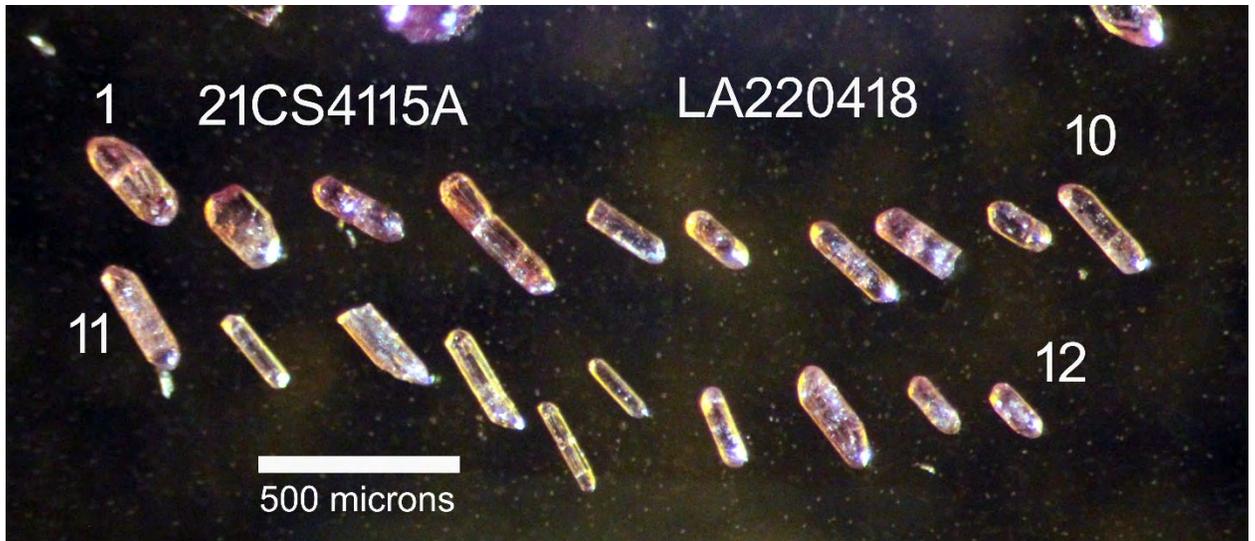


Figure 2.5.2 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été faites sur les domaines les plus transparents.

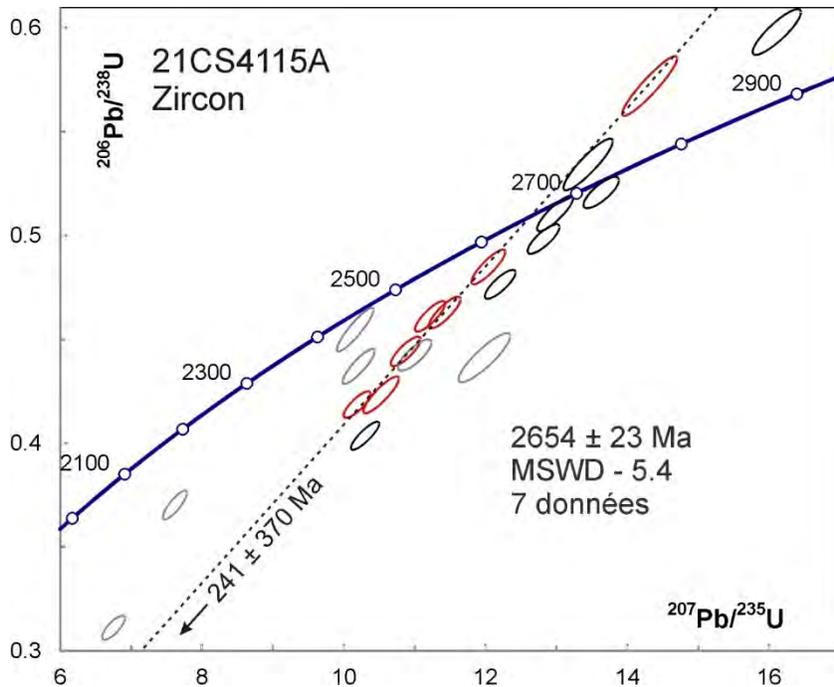


Figure 2.5.3 – Diagramme concordia pour les données U-Pb des zircons de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A. L'âge est basé sur les données des ellipses en rouge avec des rapports Th/U faibles (métamorphiques?). Les données des ellipses en noir montrent des rapports Th/U indiquant une origine magmatique. Les données des ellipses en gris sont associées à des concentrations en Sr élevées et proviennent probablement de domaines altérés.

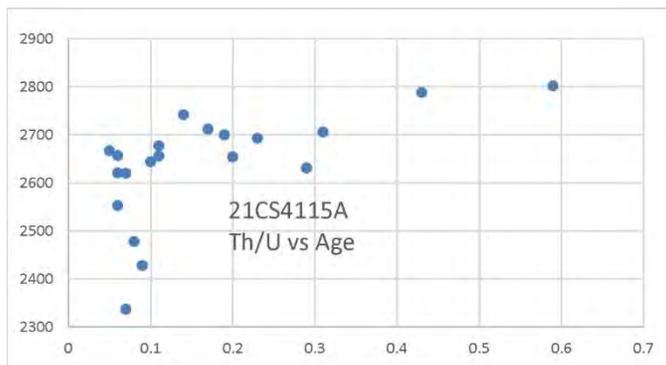


Figure 2.5.4 – Corrélation entre les rapports Th/U et les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  pour les analyses de zircons de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A.

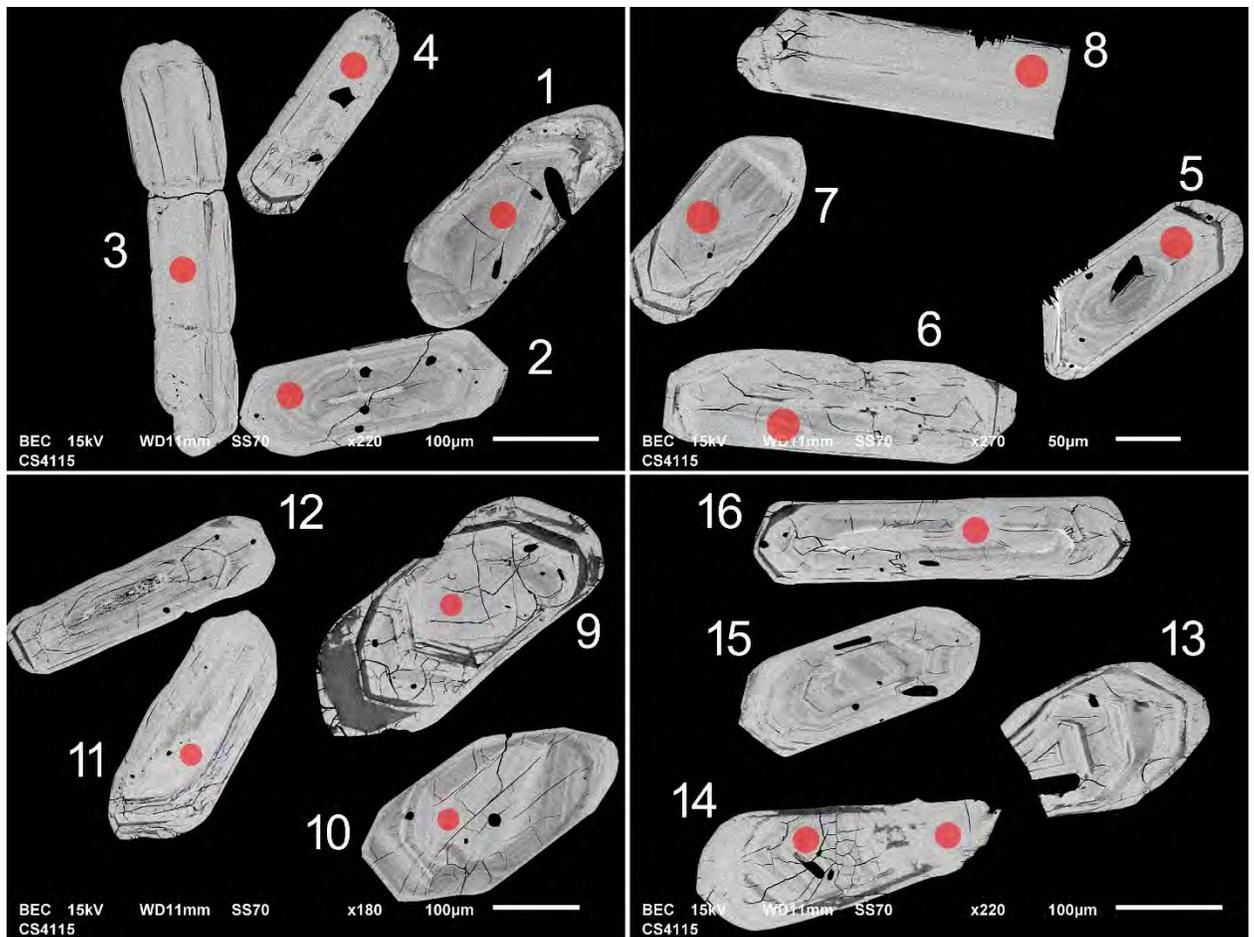


Figure 2.5.5 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

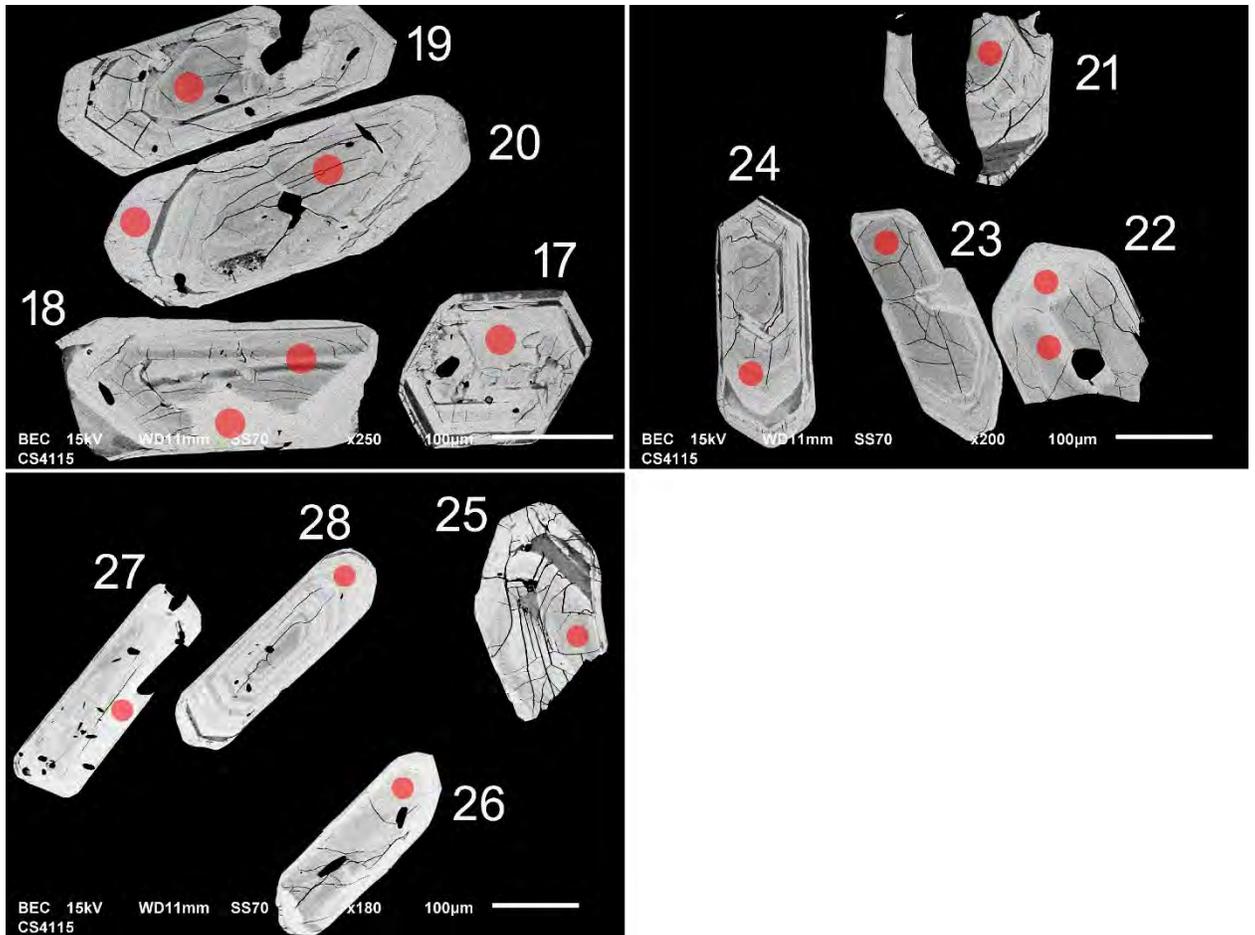


Figure 2.5.5 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

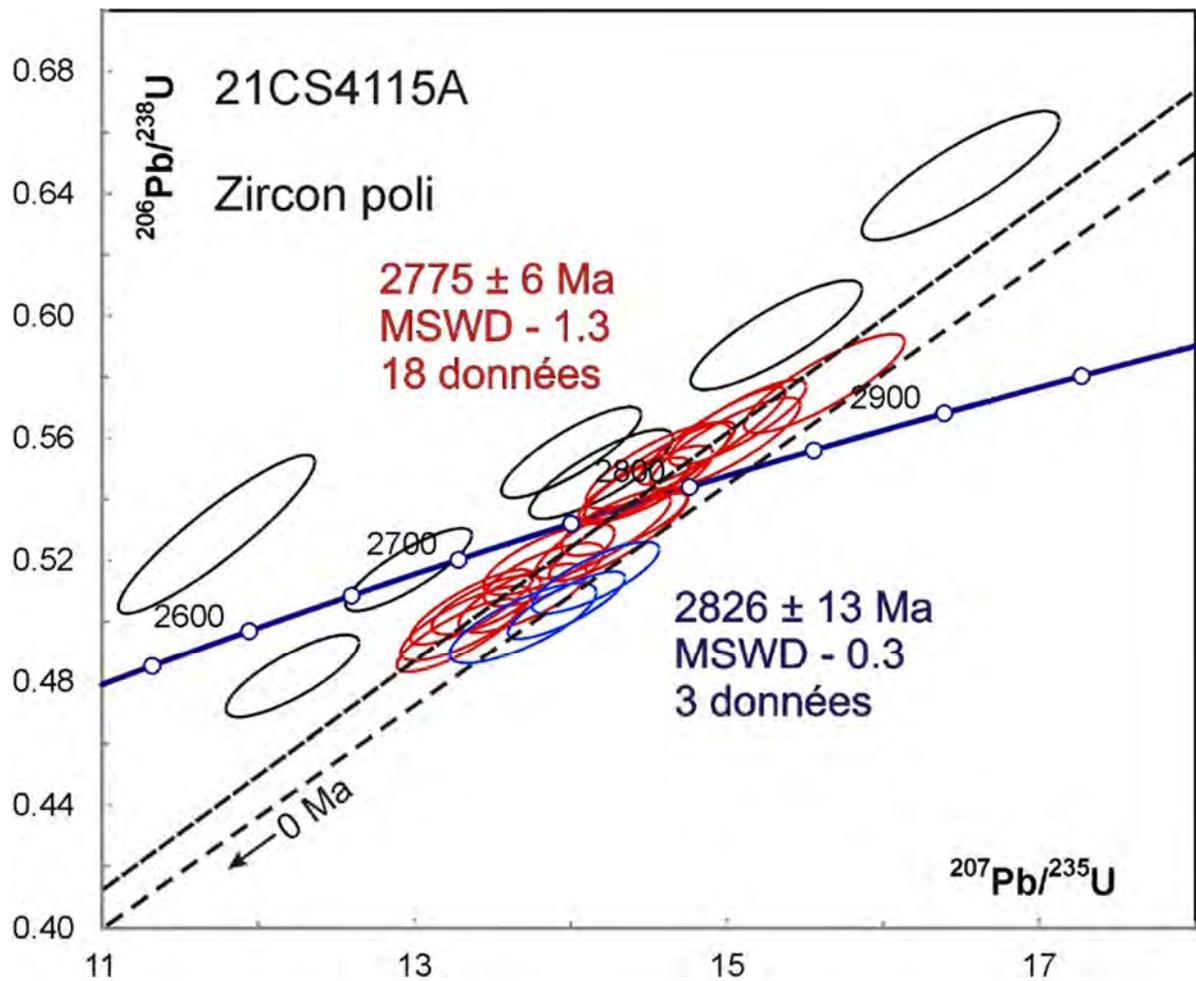


Figure 2.5.6 – Diagramme concordia pour les données U-Pb des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-CS-4115A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul des âges.

## 2.6 – 2021-DB-1157A Tonalite à biotite foliée

Cet échantillon a donné une quantité modérée de zircons sous la forme de prismes fracturés (figure 2.6.1). Les images en BSE (figure 2.6.2) montrent des zones oscillatoires typiques des zircons cristallisés à partir de magmas felsiques. Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  s'accordent à peu près dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $2804 \pm 3$  Ma (figure 2.6.3) qui est interprétée comme l'âge de cristallisation de l'intrusion.



Figure 2.6.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-DB-1157A.

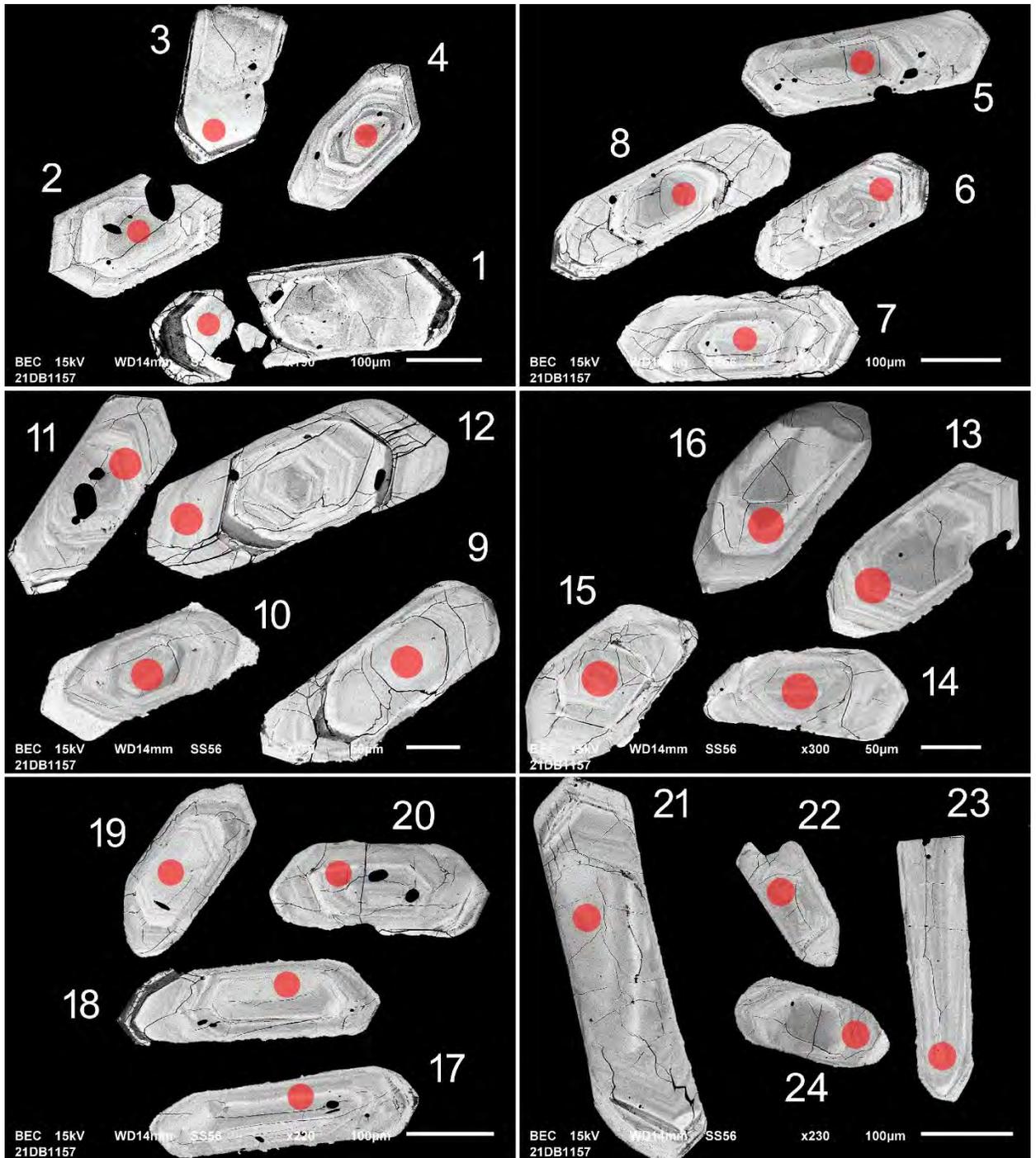


Figure 2.6.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-DB-1157A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

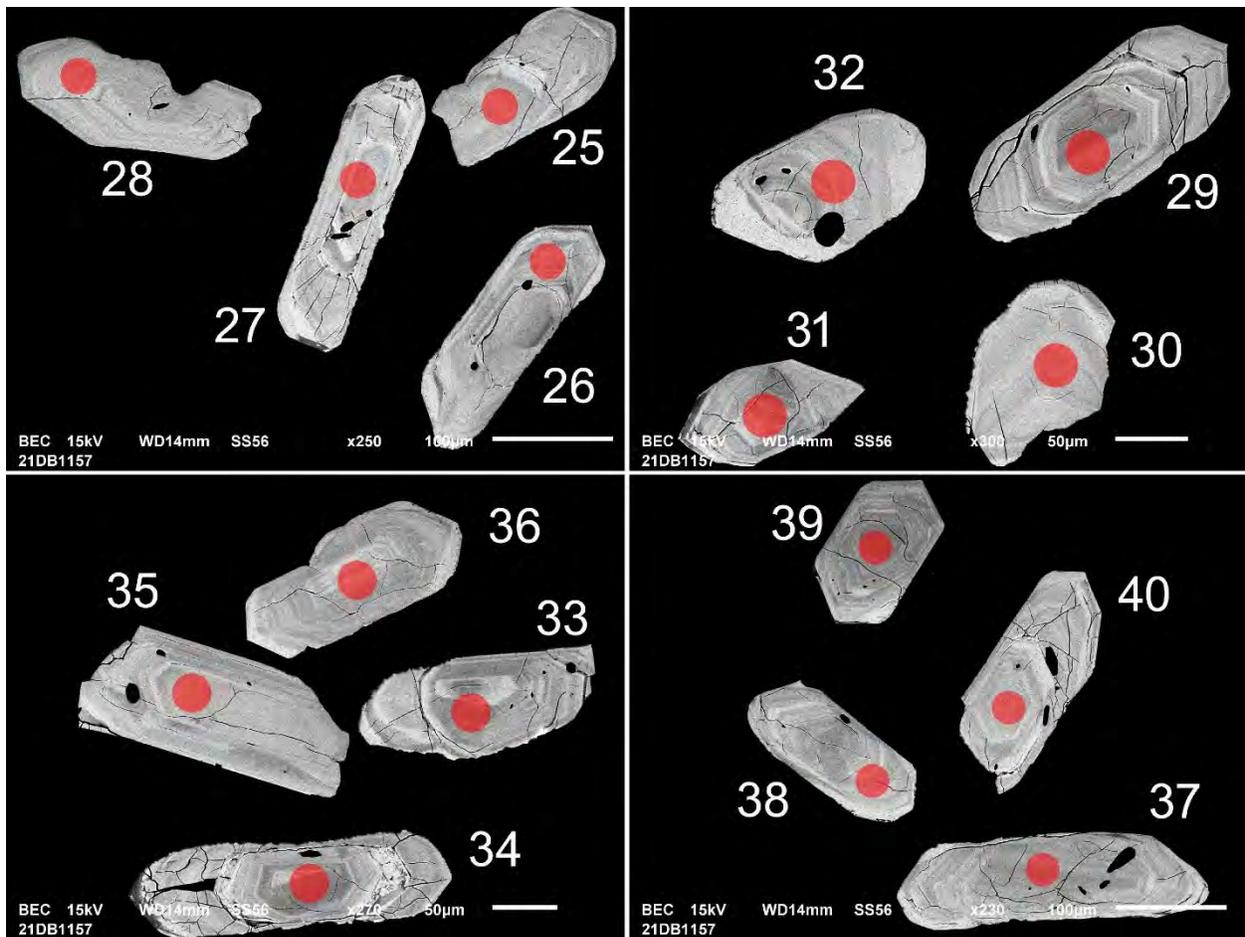


Figure 2.6.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-DB-1157A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

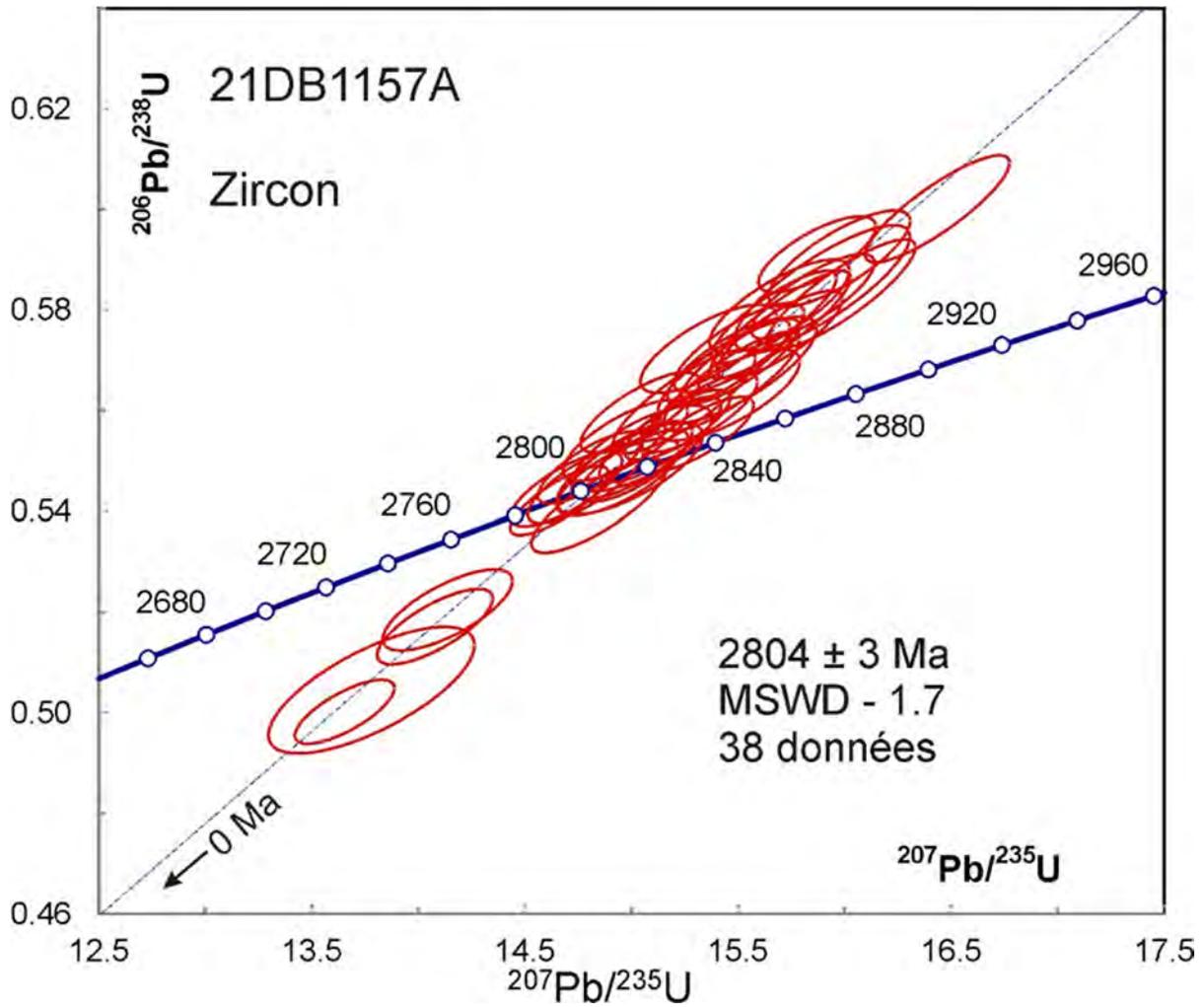


Figure 2.6.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-DB-1157A.

## 2.7 – 2021-DB-1158 Tuf rhyodacitique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de grains trapus et de prismes fracturés (figure 2.7.1). Les grains les moins fracturés ont été fixés sur du ruban adhésif (figure 2.7.2) pour analyse. Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ainsi obtenus ne s'accordent pas dans la marge d'erreur (figure 2.7.3). Malgré le peu de contrôle sur les rapports Pb/U, la grande variation des âges (2,7 Ga à 3,2 Ga) suggère que l'échantillon possède une composante détritique.

Les mêmes zircons ont été montés dans l'époxy et polis pour analyser les domaines non altérés. Les images en BSE montrent des motifs de zonation divers (figure 2.7.4). L'âge le plus vieux vient d'un noyau du grain 7 avec un âge de  $3395 \pm 18$  Ma. Les autres analyses forment trois groupes principaux, mais aucun de ces groupes ne s'accorde dans la marge d'erreur. Le procédé de déconvolution des âges de Sambridge et Compston (1994; fonction « Unmix ages » du logiciel Isoplot) a permis d'estimer les âges de six composantes à  $2854 \pm 11$  Ma,  $2879 \pm 22$  Ma,  $3023 \pm 12$  Ma,  $3055 \pm 11$  Ma,  $3256 \pm 7$  Ma et  $3290 \pm 12$  Ma.



Figure 2.7.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A.

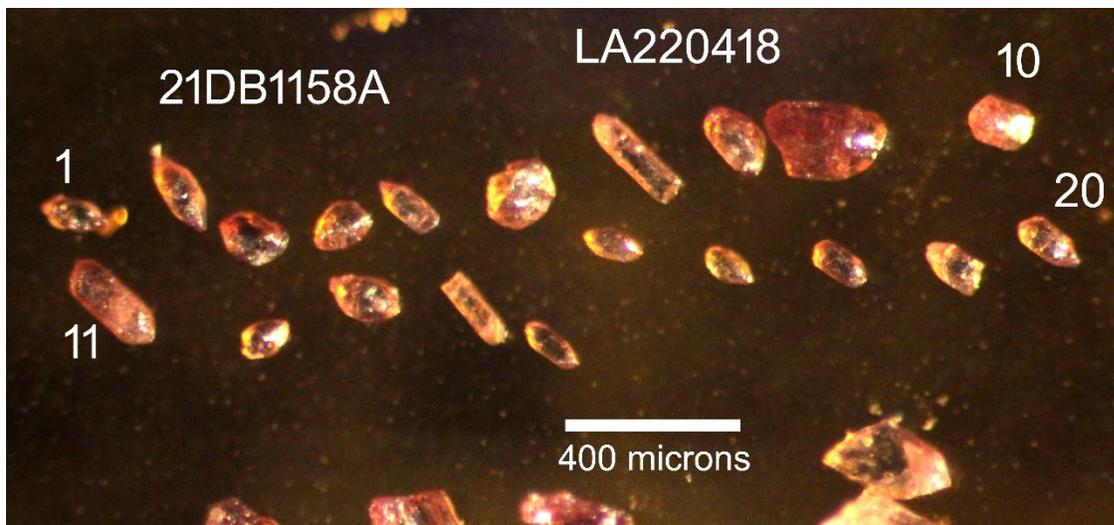


Figure 2.7.2 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées dans les domaines les plus transparents.

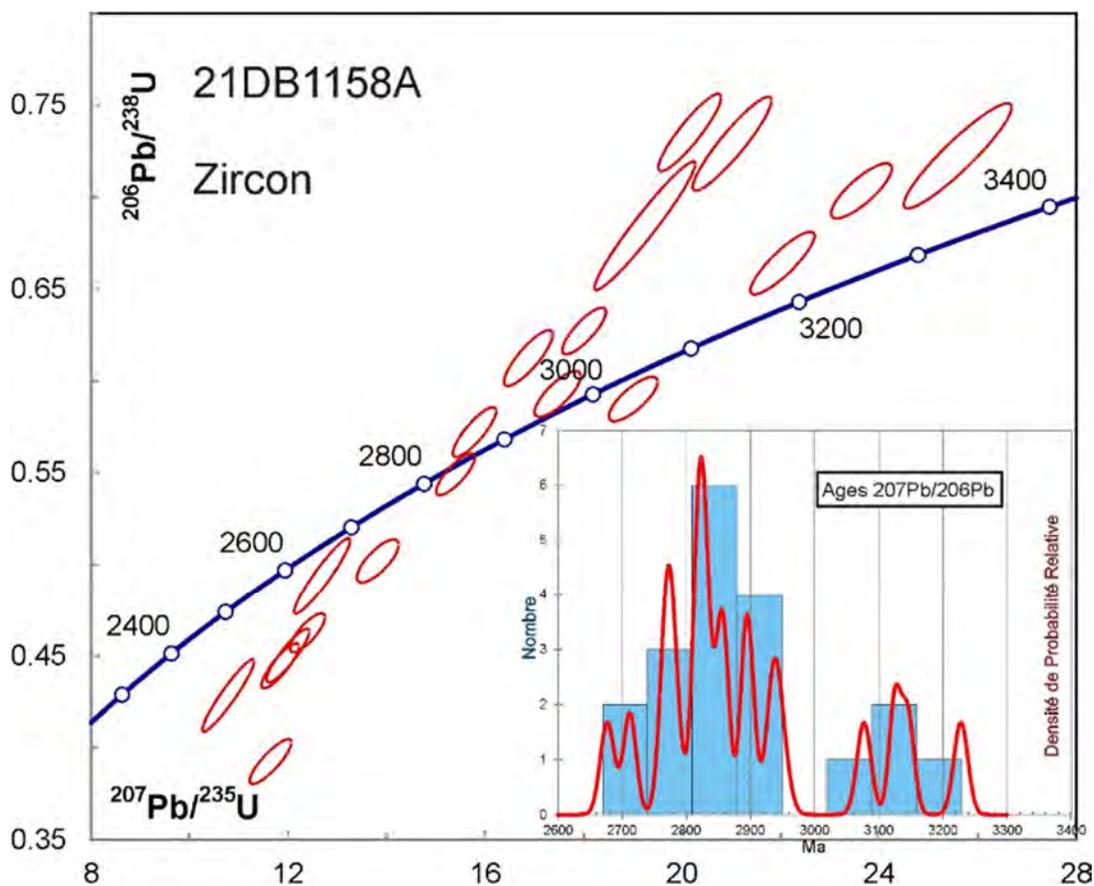


Figure 2.7.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A avec diagramme de densité de probabilité relative et histogramme des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ .

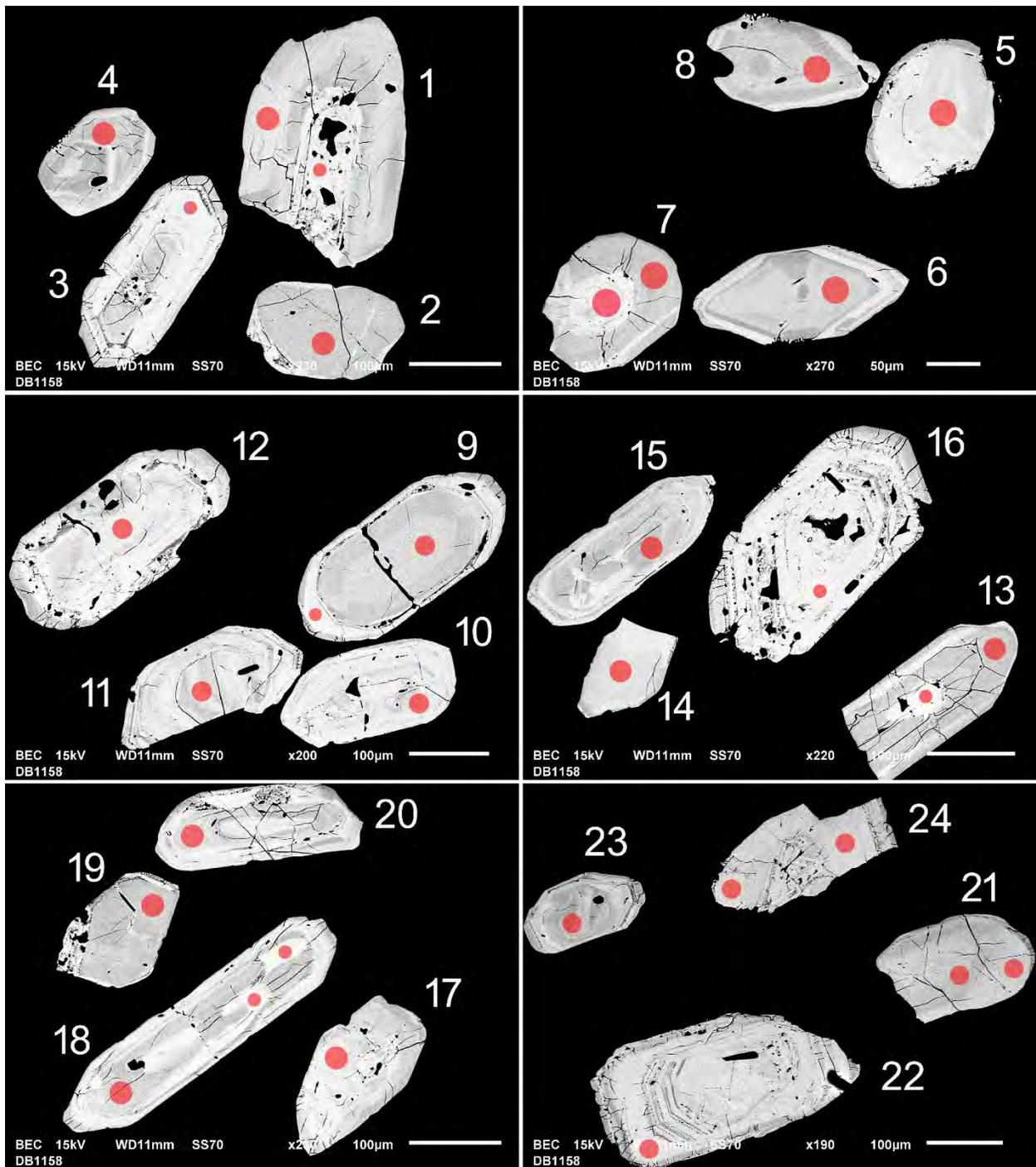


Figure 2.7.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A. Les grands cercles (25 µm) marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

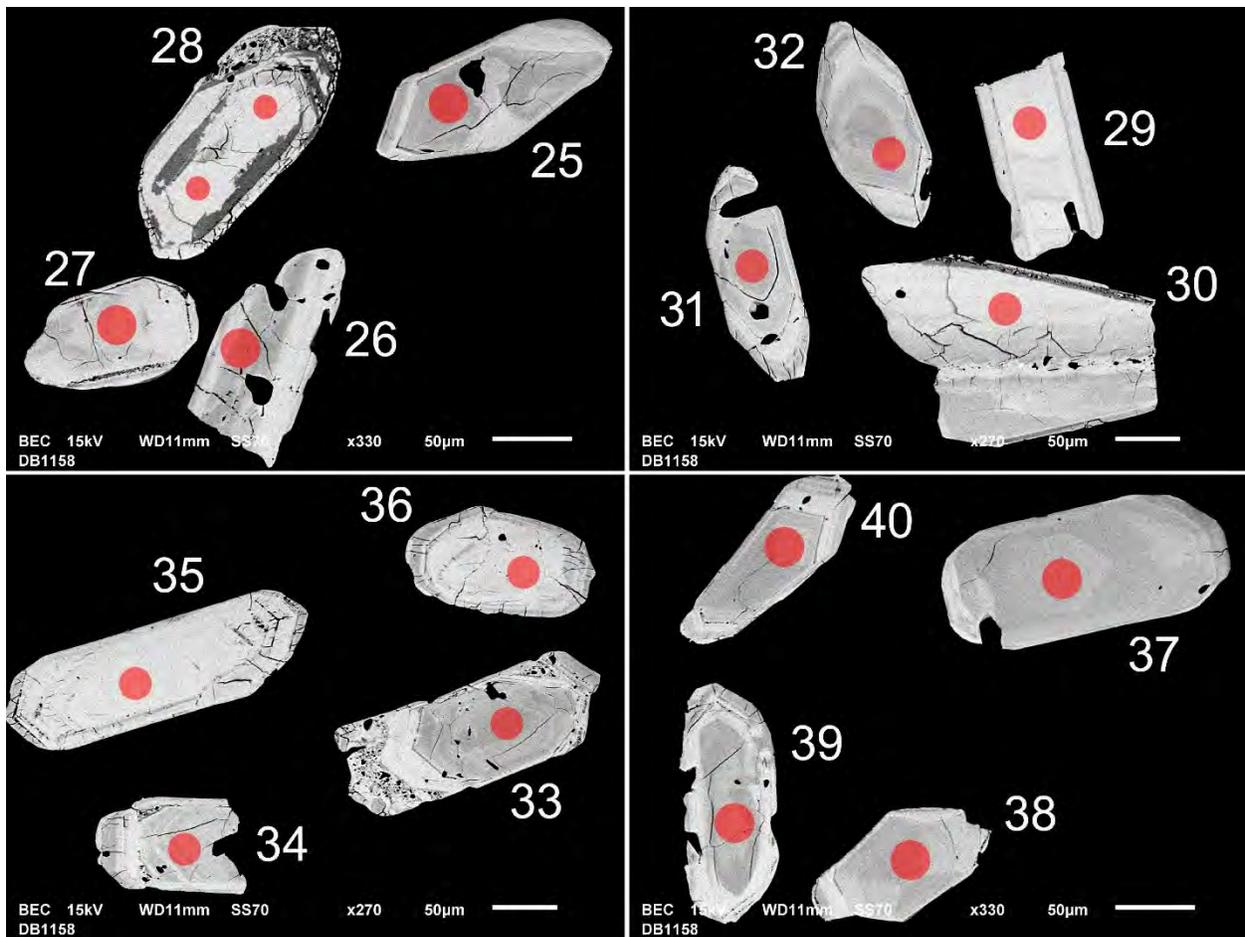


Figure 2.7.4 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A. Les grands cercles (25 µm) marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

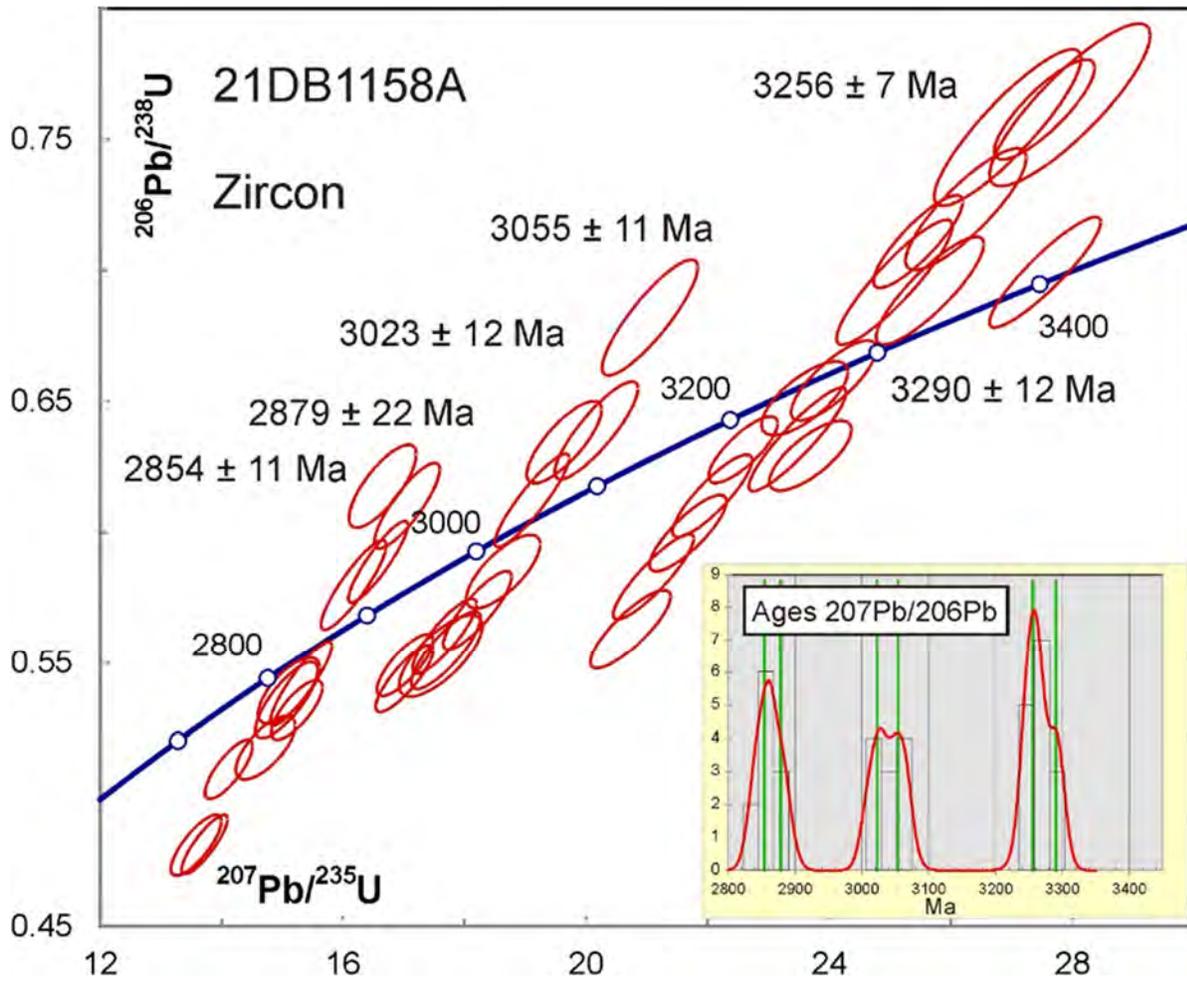


Figure 2.7.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons polis de l'échantillon de tuf rhyodacitique 2021-DB-1158A avec diagramme de densité de probabilité relative et histogramme des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Les estimations des âges de six composantes ont été calculées par le procédé de déconvolution des âges de Sambridge et Compston (1994).

## 2.8 – 2021-DB-1599A Monzodiorite quartzifère

Cet échantillon a donné une quantité modérée de zircons sous la forme de grains trapus euhédres et fracturés, mais frais (figure 2.8.1). Les images en BSE des zircons ne présentent pas d'évidences de noyaux (figure 2.8.2). Les analyses s'accordent pour la plupart dans la marge d'erreur avec un âge moyen de  $2707 \pm 3$  Ma (figure 2.8.3). Quatre analyses omises du calcul de la moyenne donnent des âges légèrement plus vieux qui pourraient représenter une composante héritée.



Figure 2.8.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de monzodiorite quartzifère 2021-DB-1599A.

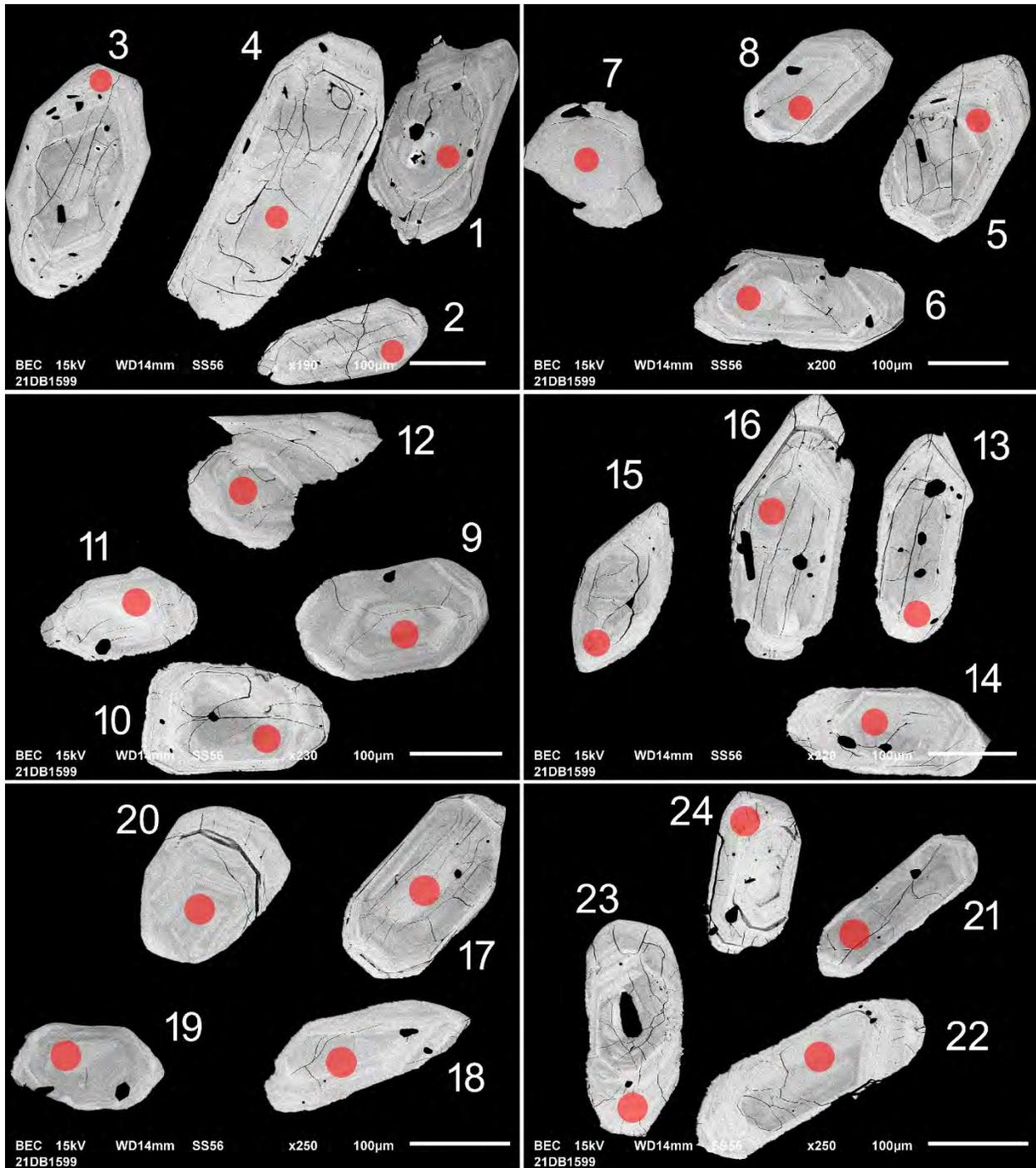


Figure 2.8.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite quartzifère 2021-DB-1599A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

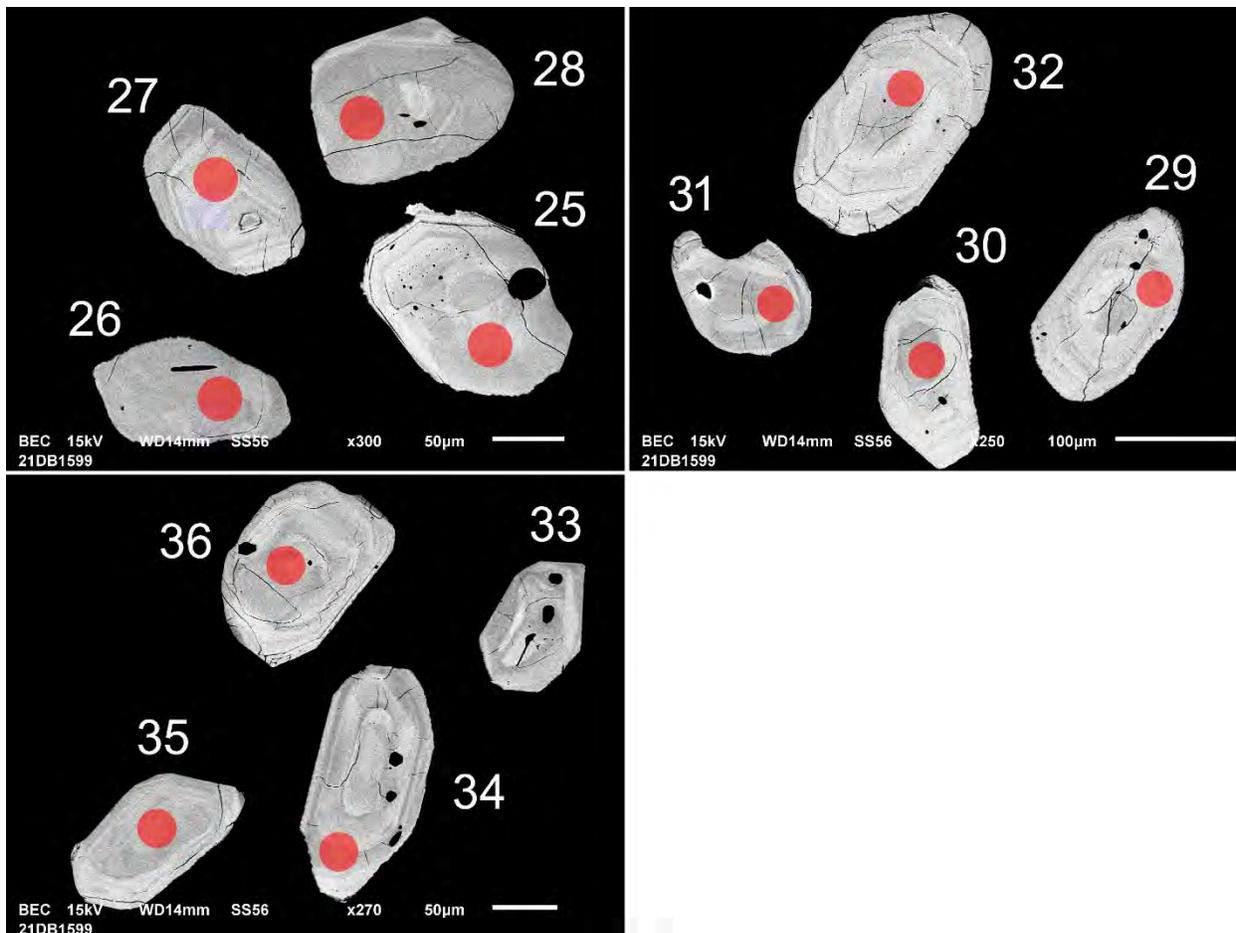


Figure 2.9.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite quartzifère 2021-DB-1599A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

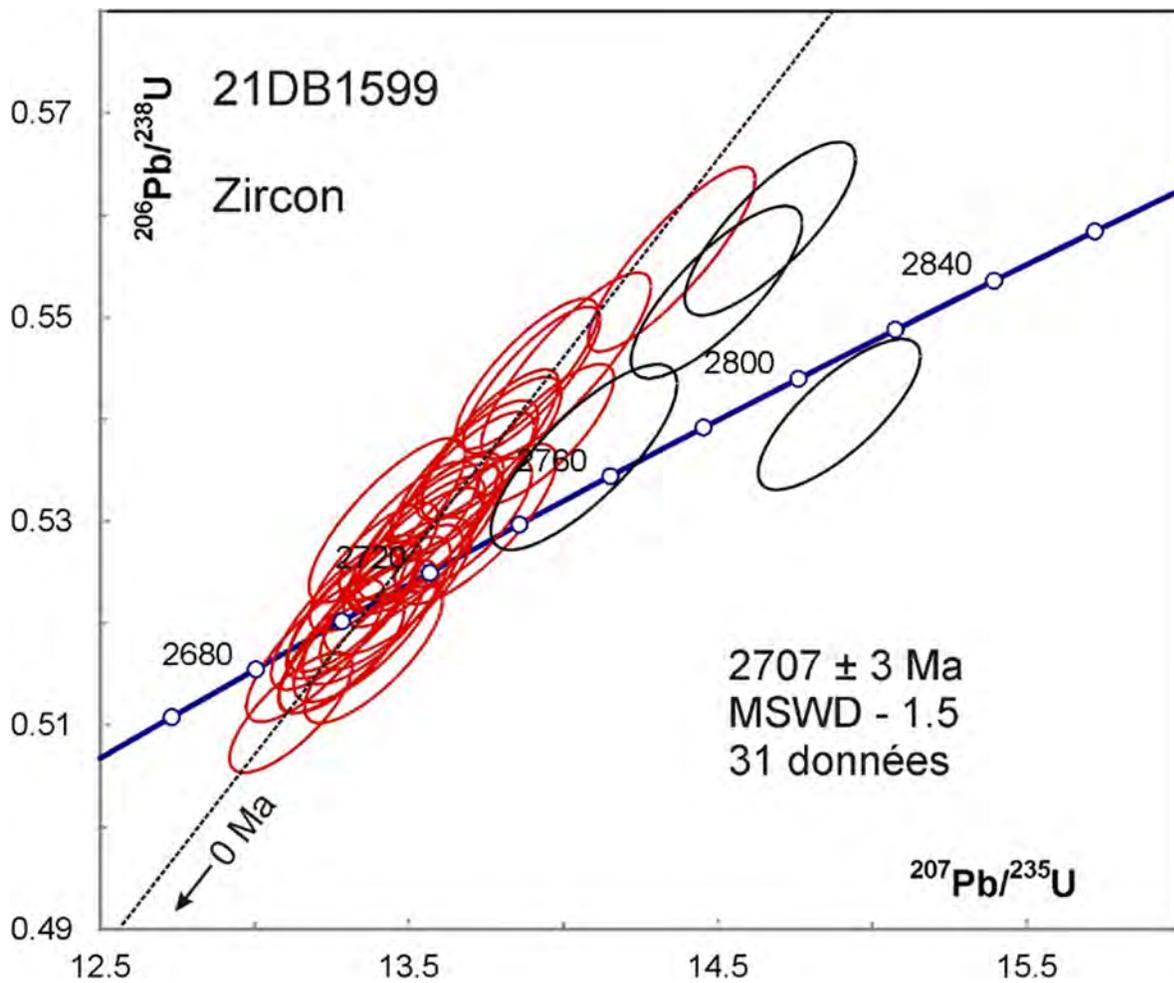


Figure 2.8.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-DB-1599A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 2.9 – 2021-EC-2019A Gneiss tonalitique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons formant des petits prismes fracturés (figure 2.9.1). Les grains les moins fracturés et altérés ont été fixés sur du ruban adhésif (figure 2.9.2) pour analyse.

Bien que les concentrations en Sr soient basses, les analyses sont discordantes à l'exception d'une seule analyse avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $3278 \pm 22$  Ma qui représente peut-être un xénocrystal provenant d'un socle mésoarchéen (figure 2.9.3). Un calcul de régression utilisant les autres analyses ne permet pas de tracer une ligne discordia acceptable dans la marge d'erreur. L'accord est meilleur avec deux lignes de régression dont les intersections supérieures donnent des âges de  $2887 \pm 71$  Ma et  $2925 \pm 32$  Ma. Les âges des intersections inférieures, autour de 900 Ma, sont plus vieux que normal, ce qui suggère que l'âge de la population n'est pas uniforme. Les rapports Th/U sont autour de 0,1, ce qui suggère une composante métamorphique, mais les rapports Th/U des grains semblent uniformes (pas de surcroissance) et on n'observe pas de corrélation entre les âges et les rapports Th/U.

Ces zircons ont été montés dans l'époxy et polis pour de nouvelles analyses des domaines non altérés. Les images en BSE montrent des motifs de zonation oscillatoire associés à des zones altérées et des fêlures ainsi que la présence possible de noyaux (figure 2.9.4). Les analyses U-Pb des domaines sans altération visible à la surface du montage forment un groupe de données avec des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyens de  $2843 \pm 7$  Ma qui s'accordent dans la marge d'erreur (figure 2.9.5). Deux analyses donnent des âges mésoarchéens plus anciens. Deux autres résultats un peu plus jeunes se caractérisent par des rapports Th/U qui suggèrent une origine métamorphique. Ces analyses provenant d'une surcroissance sur le grain 9 donnent un âge moyen de 2780 Ma, mais ne s'accordent pas tout à fait dans la marge d'erreur. Toutefois, cela suggère que cette tonalite a subi un événement métamorphique ancien par rapport à la plupart des autres roches de la Province du Supérieur.



Figure 2.9.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de gneiss tonalitique 2021-EC-2019A.

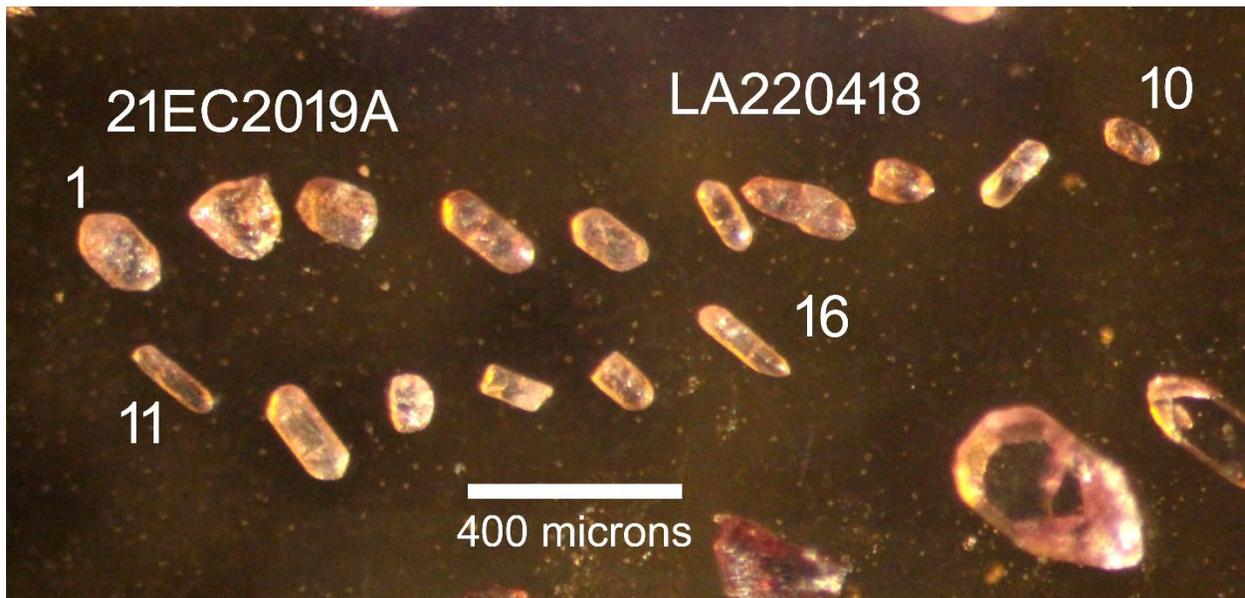


Figure 2.9.2 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de gneiss tonalitique 2021-EC-2019A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées dans les domaines les plus transparents.

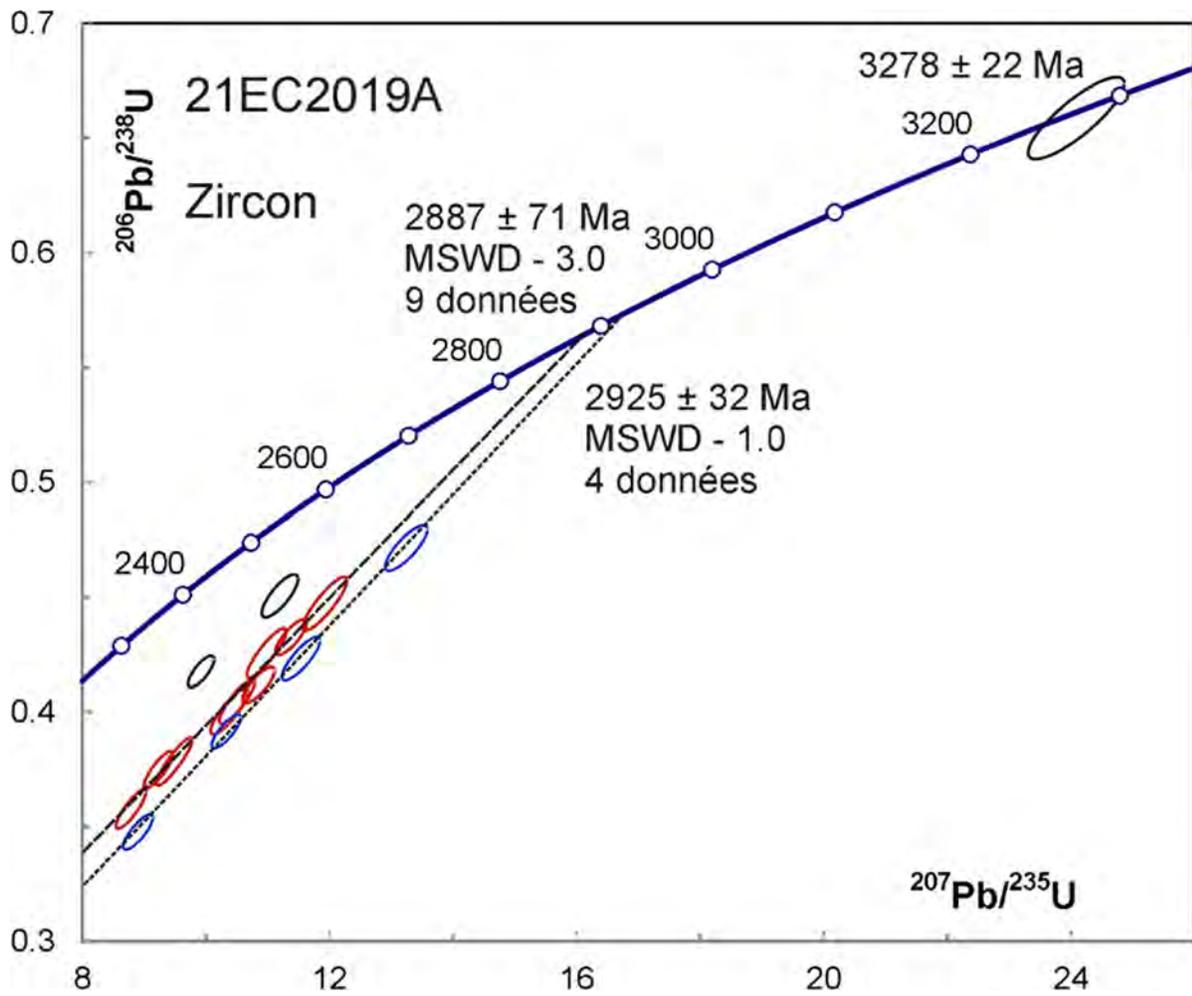


Figure 2.9.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-EC-2019A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans les calculs des âges de discordia.

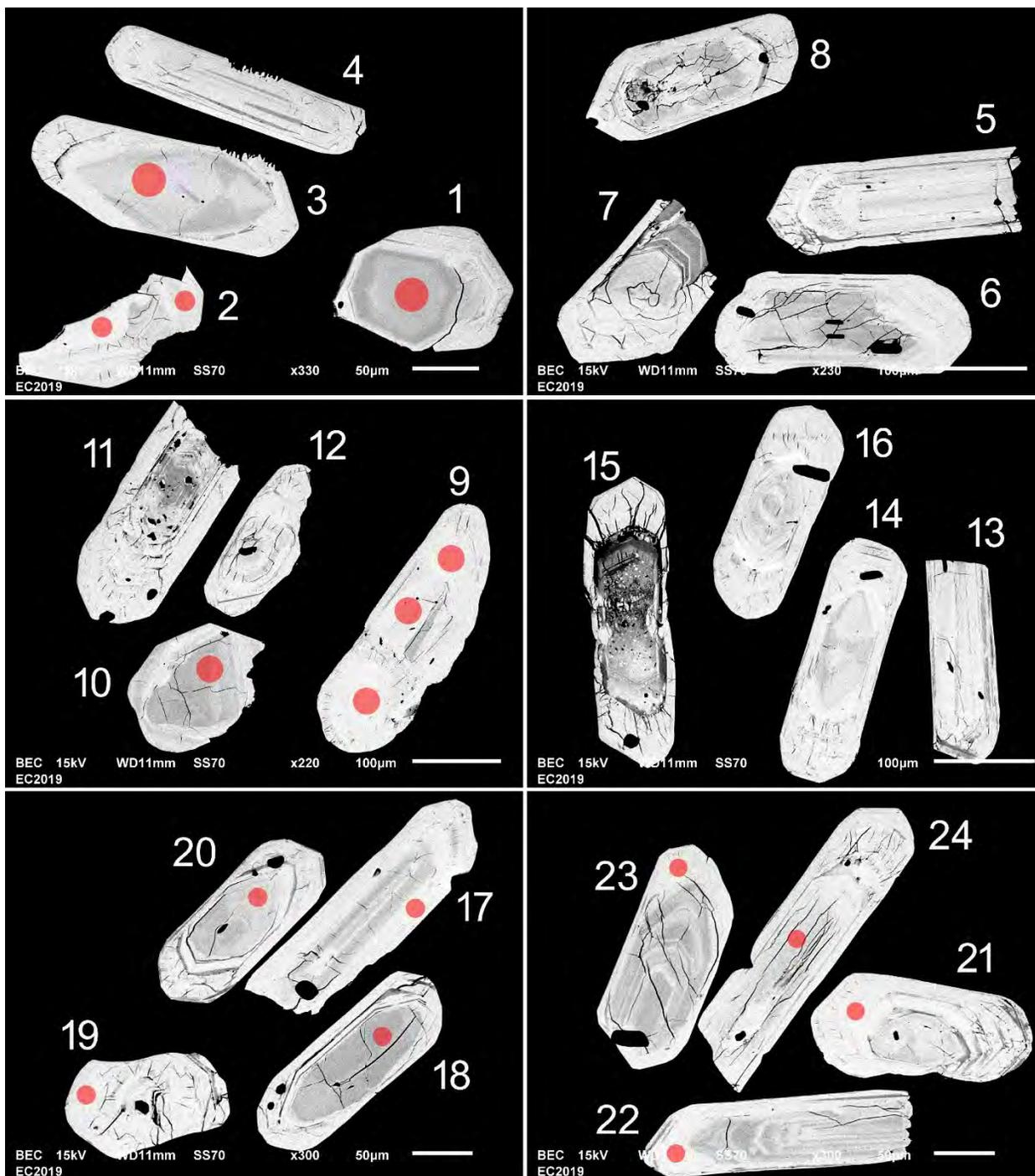


Figure 2.9.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de gneiss tonalitique 2021-EC-2019A. Les cercles de 25  $\mu\text{m}$  marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

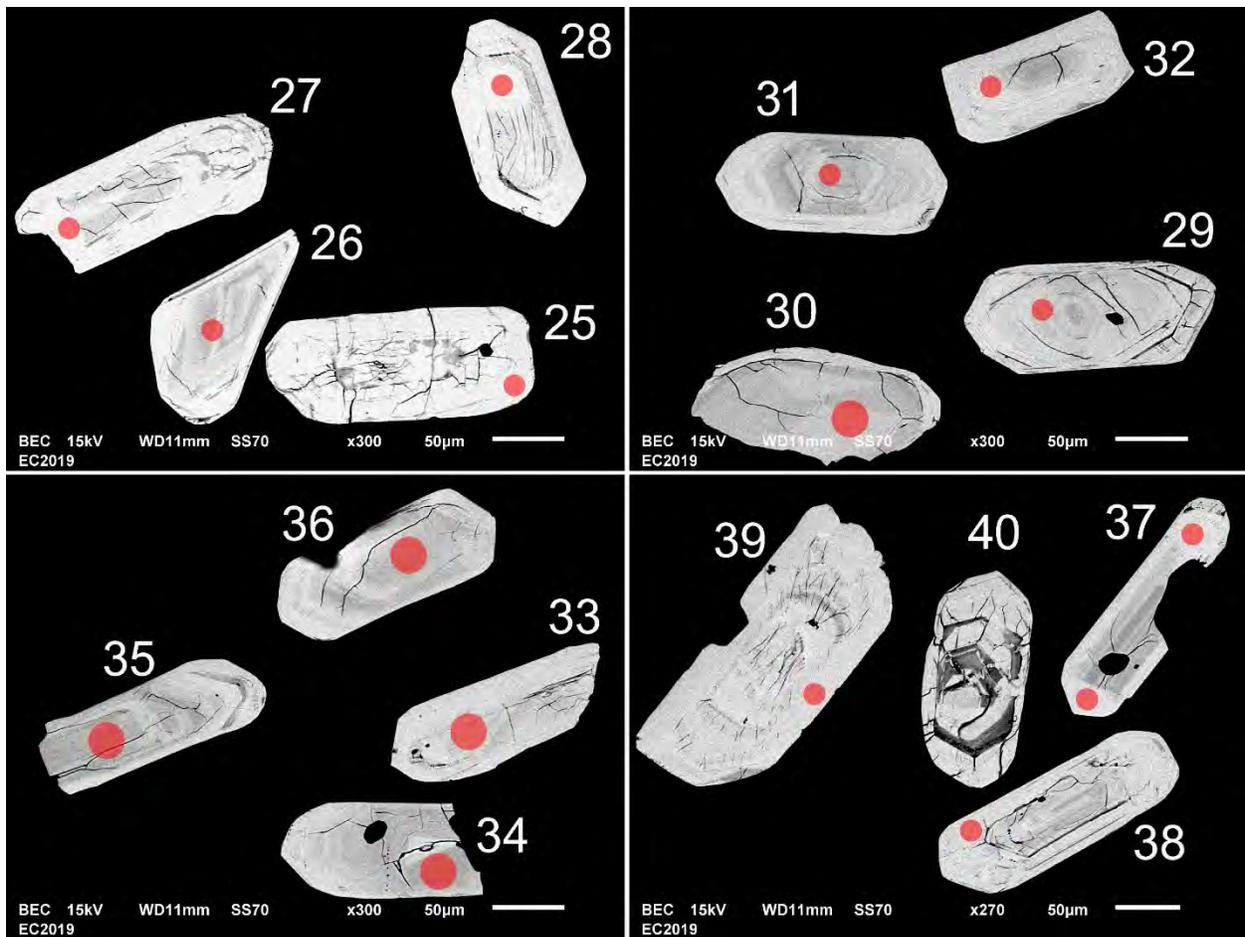


Figure 2.9.4 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de gneiss tonalitique 2021-EC-2019A. Les cercles de 25 µm marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

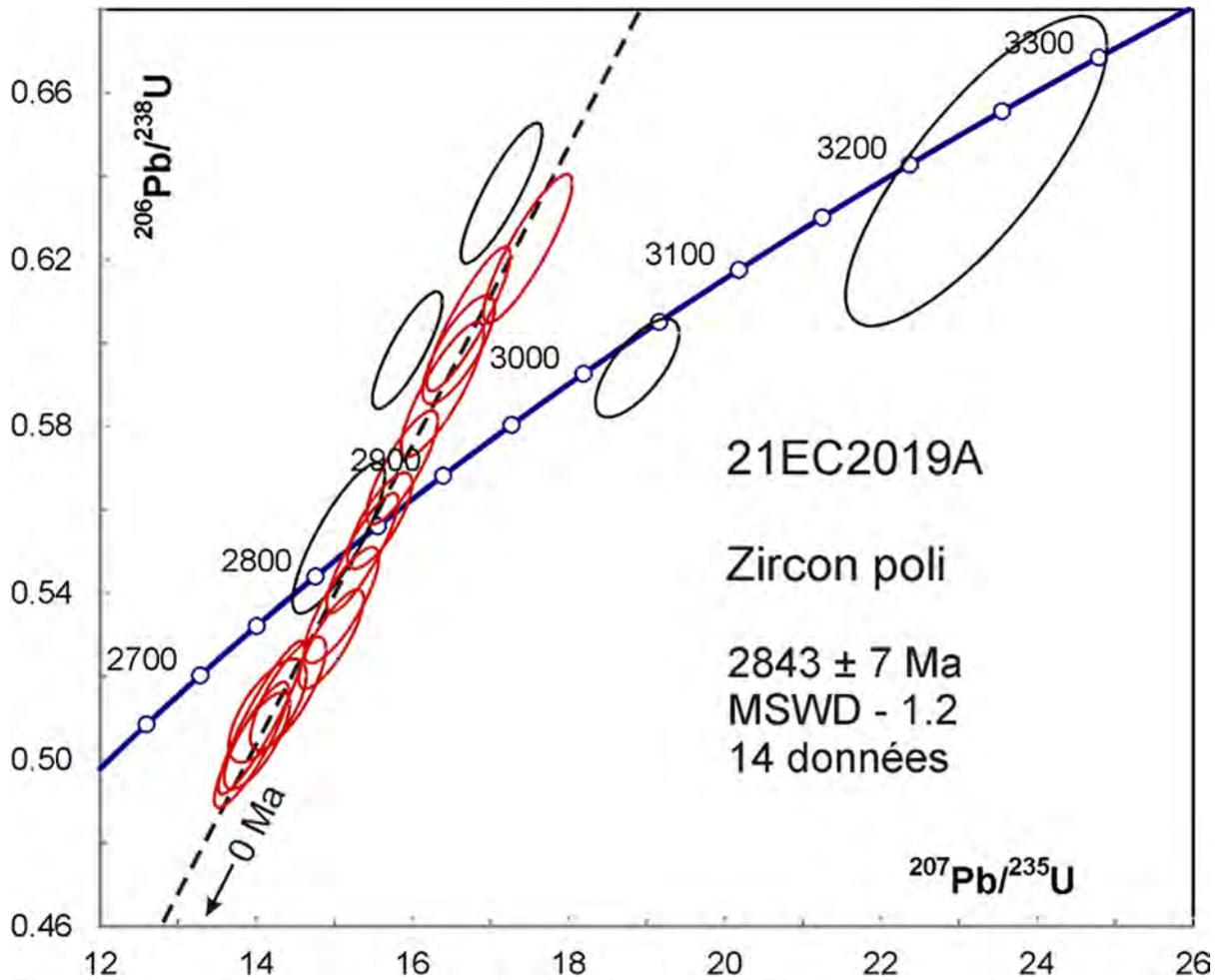


Figure 2.9.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-EC-2019A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 2.10 – 2021-EC-2109A Quartzite

La fraction lourde de cet échantillon a donné une petite quantité de cristaux verdâtres et roses de monazite et/ou de zircon (figure 2.10.1). En raison de leur petite taille, les cristaux les plus clairs ont été fixés sur du ruban adhésif pour l'analyse (figure 2.10.2).

Les analyses montrent de fortes concentrations en U, mais des rapports Th/U variables. Environ la moitié des grains présentent des rapports Th/U > 2, ce qui suggère qu'il s'agit de monazite. Les autres analyses donnent des rapports Th/U plus typiques des zircons, mais il pourrait aussi s'agir de xénotime puisqu'elles montrent des rapports Pb/U semblables à ceux mesurés sur l'étalon de monazite, tandis que les rapports Pb/U des zircons sont nettement plus élevés. Une analyse discordante de monazite donne un âge autour de 3,0 Ga (tableau 3). Cet âge est probablement dû à une forte concentration de Pb commun. En omettant une autre analyse légèrement plus vieille, les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des cristaux s'accordent dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $2614 \pm 7$  Ma (figure 2.10.3). Cette moyenne peut représenter l'âge maximal de déposition du quartzite si l'on considère que les monazites sont d'origine détritique, mais elle pourrait aussi être interprétée comme un âge de métamorphisme.

La fraction lourde contenait aussi des prismes de rutile noir (figure 2.10.4). Les analyses U-Pb sont quasi concordantes (figure 2.10.5) avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2559 \pm 40$  Ma (MSWD = 4,2). L'erreur importante est associée en grande partie au fait que les analyses ne s'accordent pas dans la marge d'erreur. Cette dispersion est peut-être causée par des proportions variables de Pb commun ou à des rajeunissements variables au cours du refroidissement.

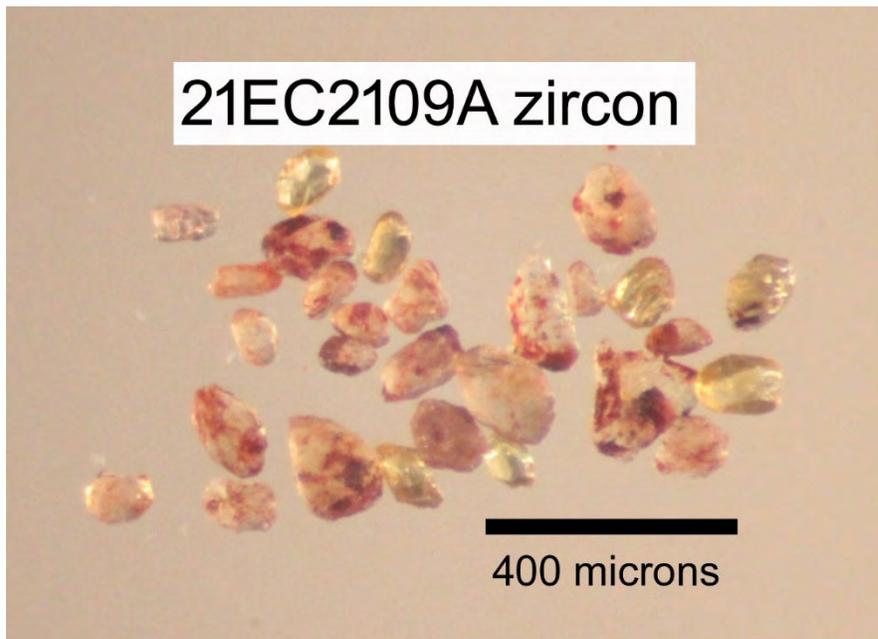


Figure 2.10.1 – Monazites et zircons ou xénotimes sélectionnés à partir de l'échantillon de quartzite 2021-EC-2109A.

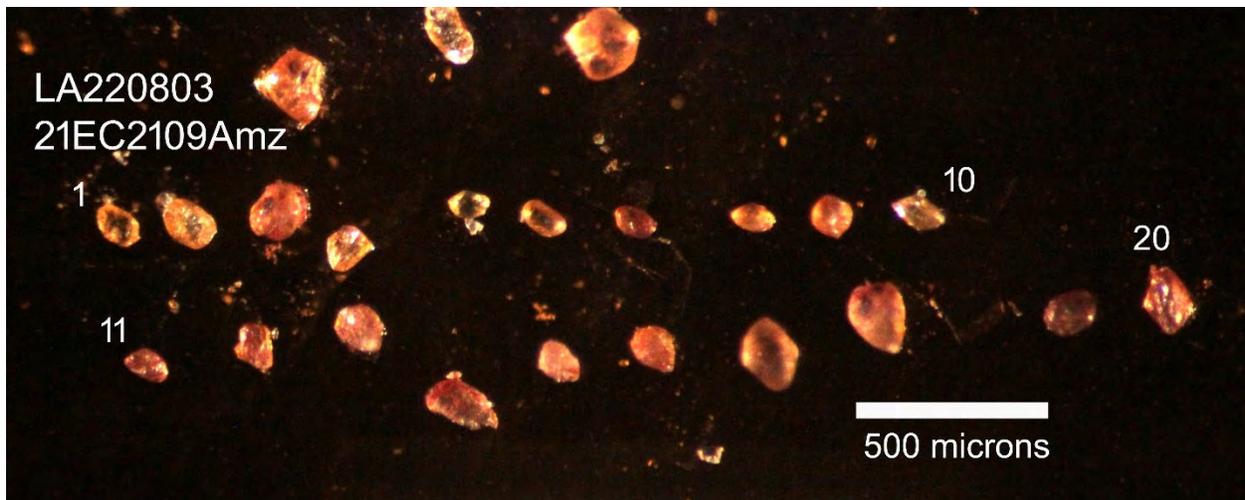


Figure 2.10.2 – Monazites et zircons ou xénotimes sélectionnés à partir de l'échantillon de quartzite 2021-EC-2109A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées sur les domaines les plus transparents.

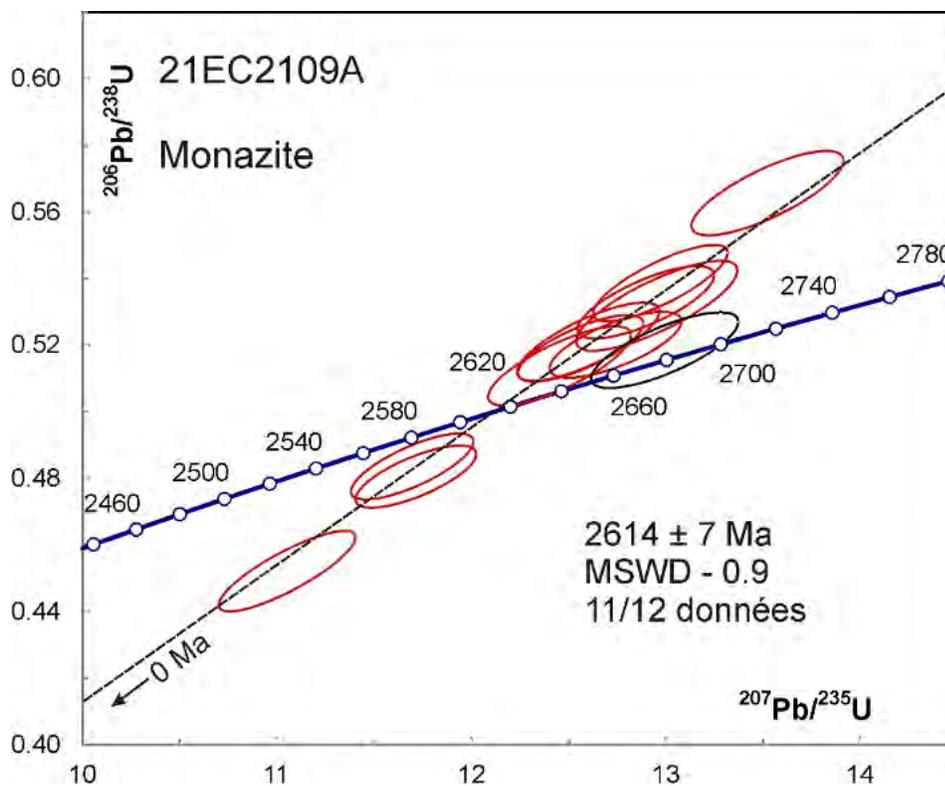


Figure 2.10.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des monazites de l'échantillon 2021-EC-2109A. Les données de l'ellipse en noir ne pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

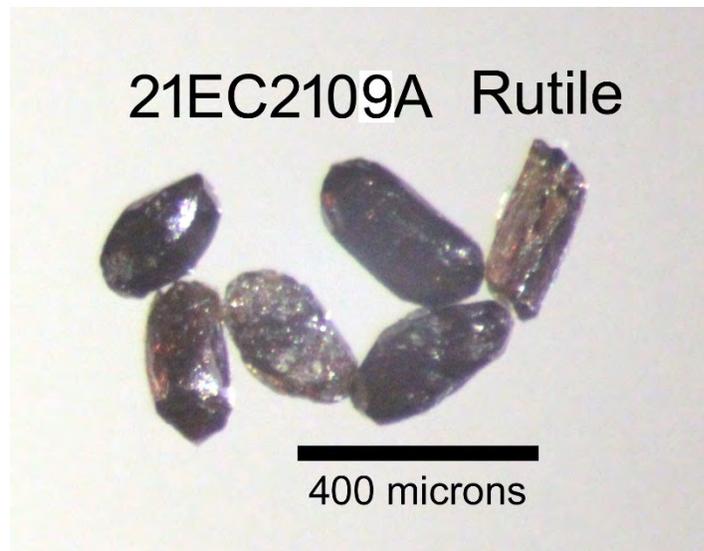


Figure 2.10.4 – Rutiles sélectionnés à partir de l'échantillon de quartzite 2021-EC-2109A.

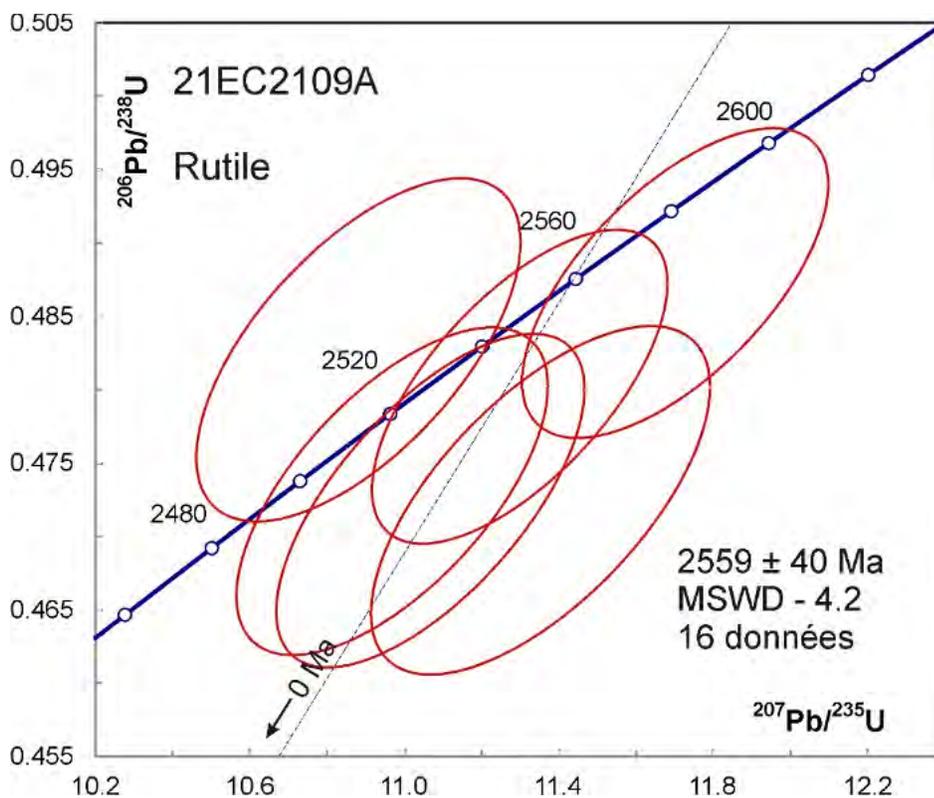


Figure 2.10.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des rutiles de l'échantillon 2021-EC-2109A.

### **3. Churchill–Amarurtuug**

#### **3.1 – 2021-IL-3106A Tonalite migmatitisée**

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de grains trapus, arrondis et frais (figure 3.1.1). Les images en BSE montrent ce que l'on peut interpréter comme des noyaux montrant des zones oscillatoires qui sont entourés par des surcroissances (figure 3.1.2).

Les analyses U-Pb donnent une distribution polymodale qui confirme la présence de noyaux plus vieux entourés d'une surcroissance (figure 3.1.3). La distribution de densité de probabilité des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  suggère l'existence de 4 composantes (figure 3.1.4). Les deux groupes les plus jeunes montrent des concentrations en U et des rapports Th/U plus faibles que ceux des analyses plus anciennes (tableau 3 et figure 3.1.3). En omettant les deux analyses les plus jeunes, les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  du deuxième groupe provenant de surcroissances s'accordent dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $2705 \pm 3$  Ma. La dispersion des âges des noyaux est bien plus importante que la marge d'erreur. Ceux-ci peuvent toutefois être séparés en deux groupes. Le plus ancien donne un âge moyen de  $2802 \pm 4$  Ma, dans la marge d'erreur. L'autre groupe de noyaux donne un âge moyen de  $2769 \pm 5$  Ma, bien que les analyses dépassent un peu la marge d'erreur (figure 3.1.3).

La signification des âges les plus jeunes n'est pas tout à fait claire. Les noyaux montrent des structures oscillatoires, ce qui suggère une origine magmatique, tandis que les surcroissances ont une apparence plus uniforme qui pourrait indiquer une origine métamorphique. Cette observation est appuyée par les rapports Th/U relativement faibles de ces surcroissances. D'autre part, la plupart des rapports Th/U sont  $> 0,1$  et quelques surcroissances semblent présenter des zonations oscillatoires plutôt floues. L'interprétation la plus probable est que l'âge de  $2705 \pm 3$  Ma marque l'emplacement de l'intrusion qui est dérivée d'un socle avec un âge de  $2802 \pm 4$  Ma. L'âge intermédiaire ( $2769 \pm 5$  Ma) peut être associé à une perturbation du système U-Pb ou à une autre composante du socle. Une étude plus poussée de la pétrologie et la structure de l'intrusion permettrait de préciser cette interprétation.

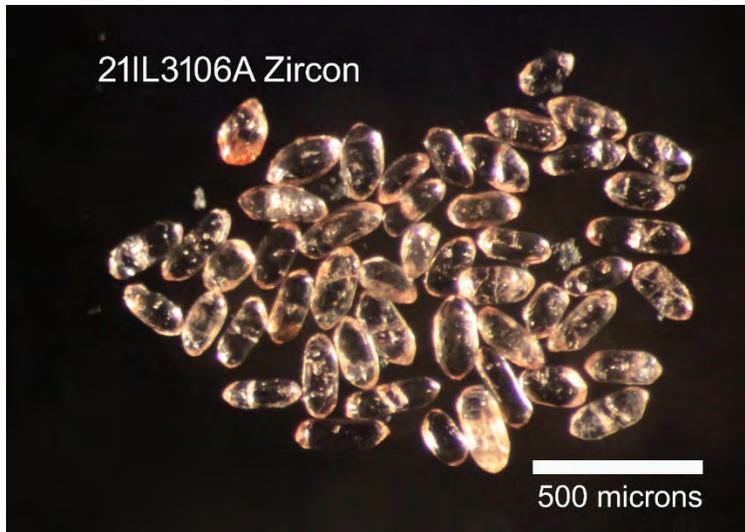


Figure 3.1.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tonalite 2021-IL-3106A.

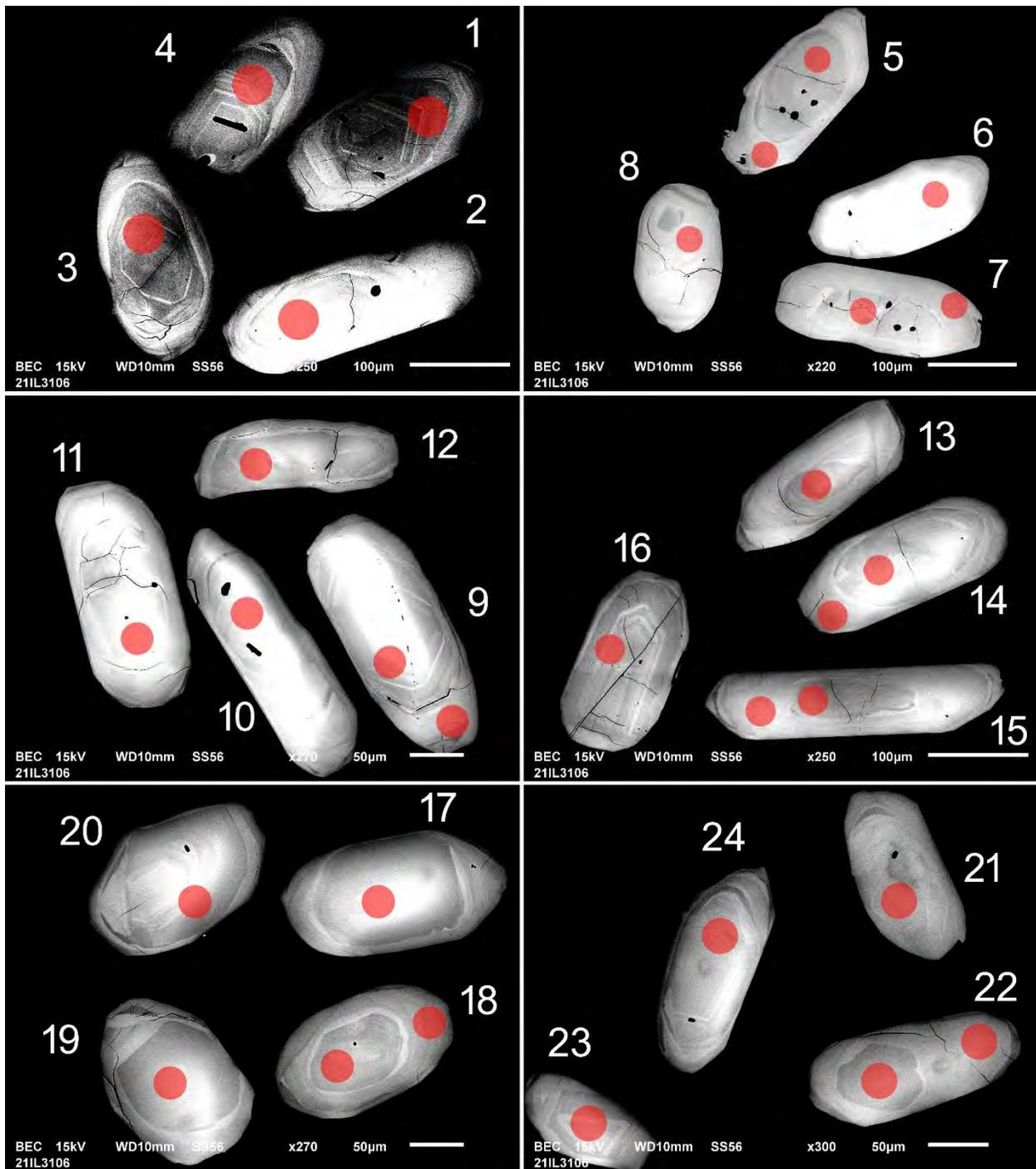


Figure 3.1.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-IL-3106A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

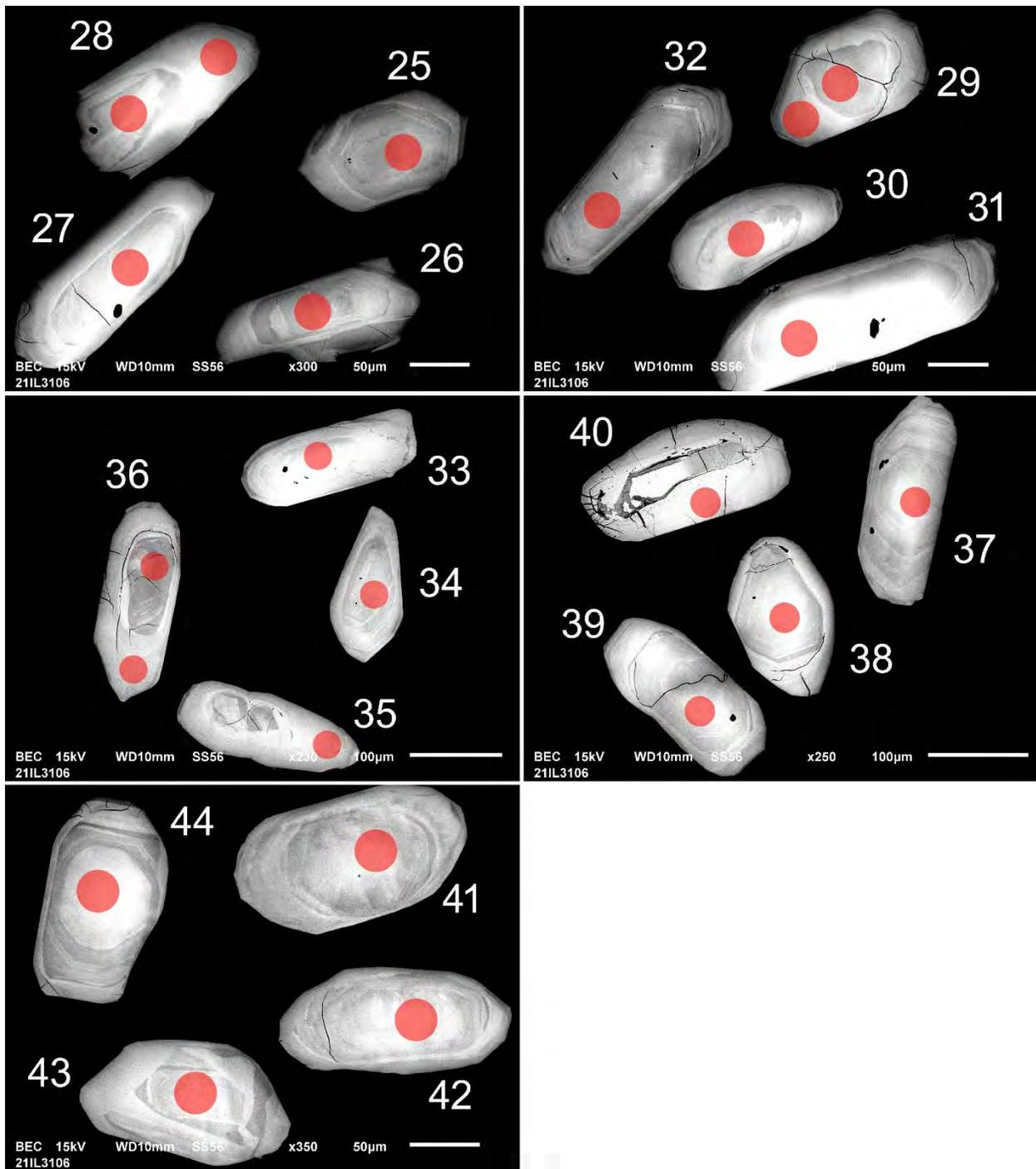


Figure 3.1.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-IL-3106A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

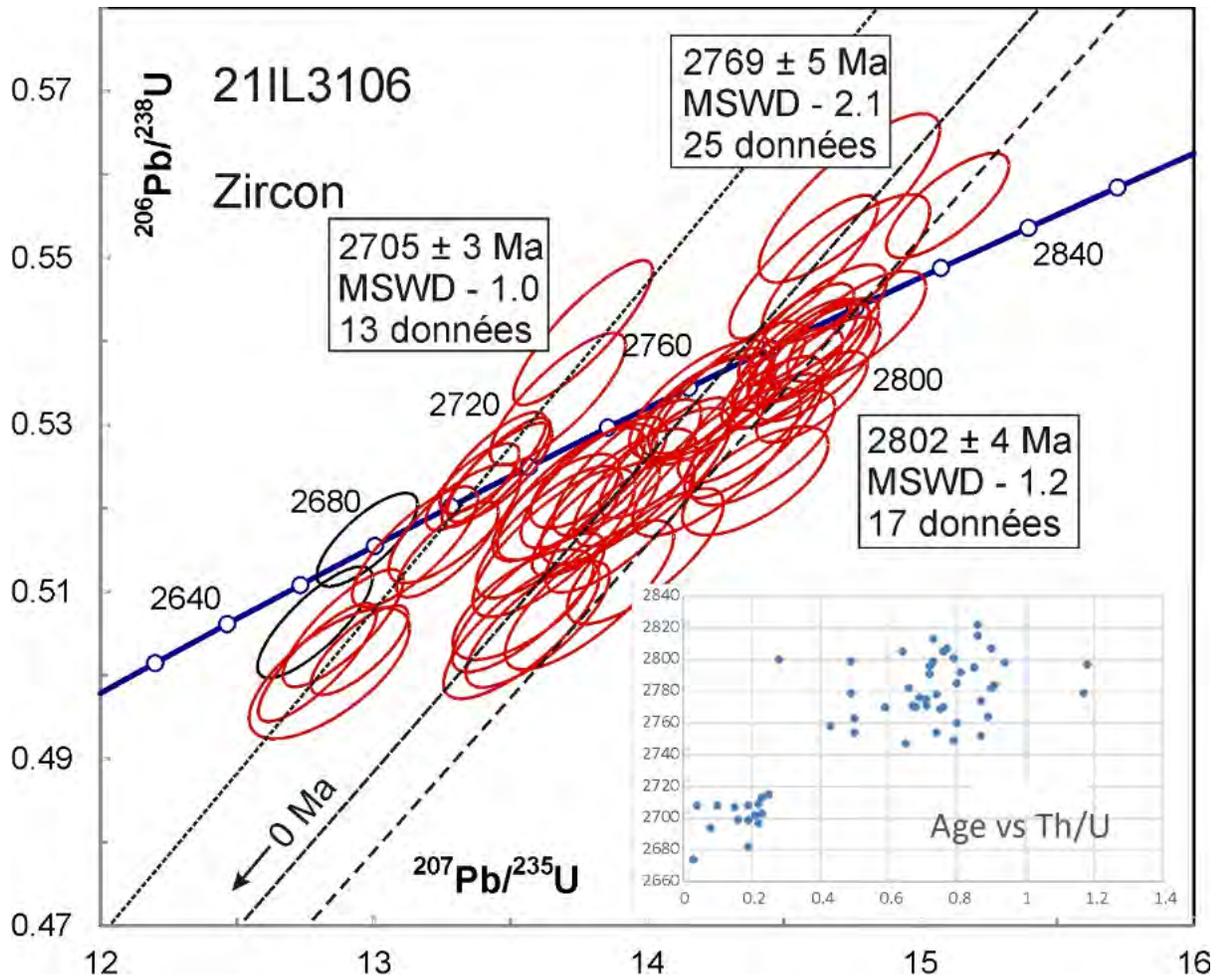


Figure 3.1.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-IL-3106A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans les calculs des âges moyens.

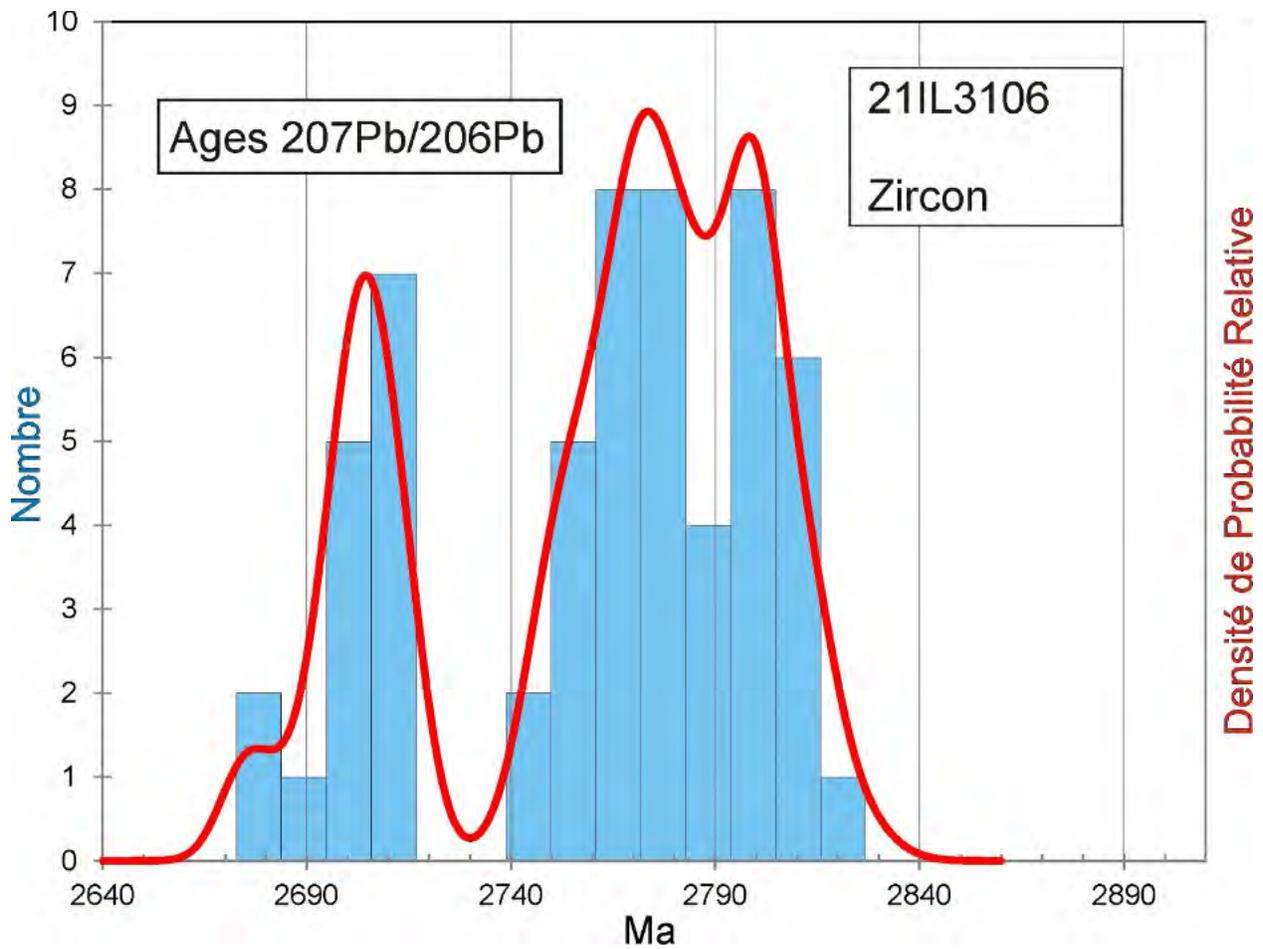


Figure 3.1.4 – Diagramme de la densité de probabilité relative et histogramme pour les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons de l'échantillon 2021-IL-3106A.

### 3.2 – 2021-IL-3132A Tonalite gneissique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de longs prismes pour la plupart très fracturés (figure 3.2.1). Les images en BSE réalisées sur les grains les plus frais montrent encore beaucoup d'altération à l'exception des grains 18 à 20 qui sont des titanites (figure 3.2.2). Les analyses U-Pb donnent un âge néoarchéen, bien que les systèmes isotopiques de quelques grains aient pu être perturbés au Paléozoïque (figure 3.2.2). Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  d'un groupe d'analyses s'accordent à peu près dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $2700 \pm 5$  Ma. Cet âge représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de l'intrusion de tonalite qui contient aussi des zircons hérités d'un socle âgé d'au moins 2,8 Ga.



Figure 3.2.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de tonalite 2021-IL-3132A.

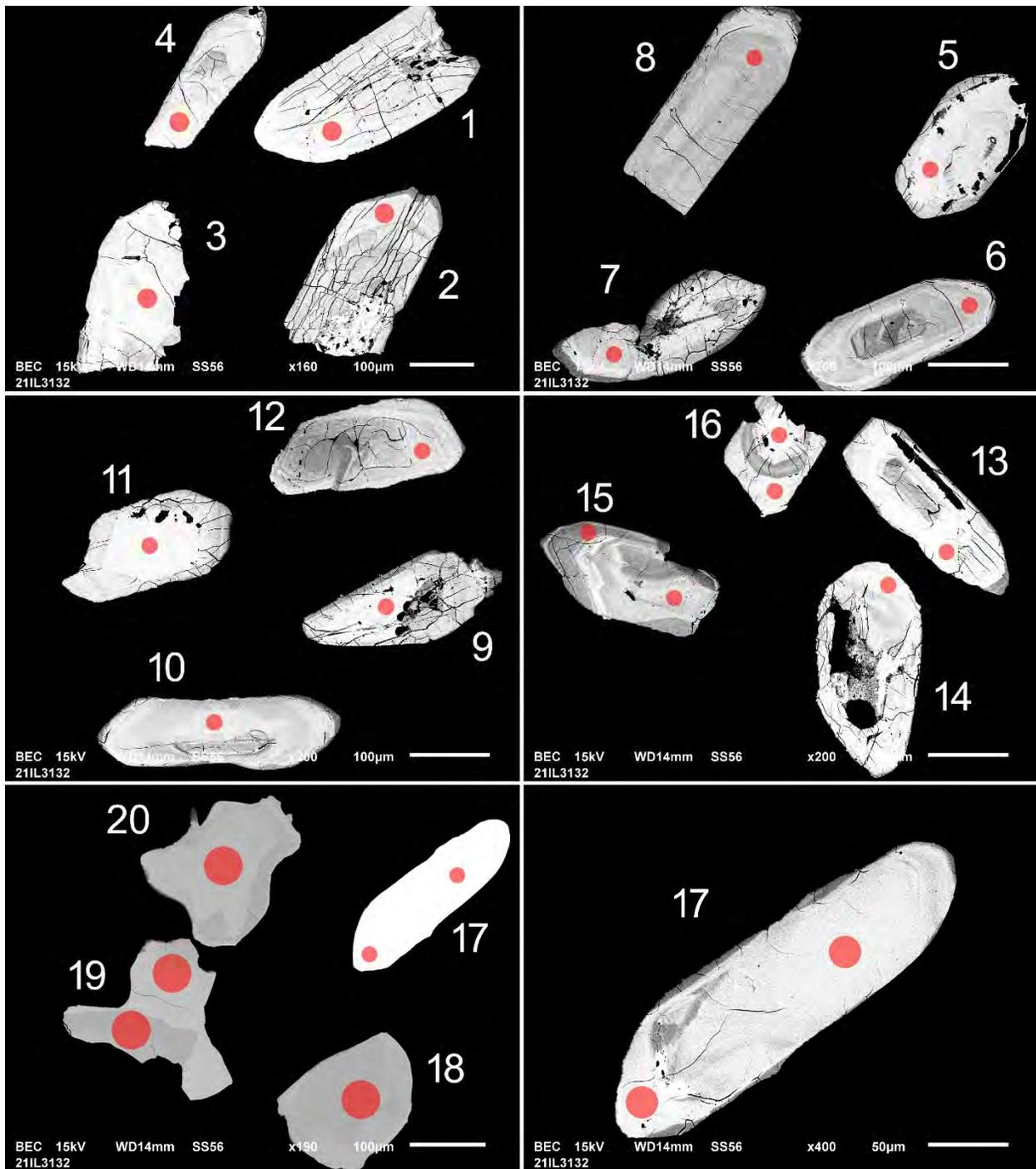


Figure 3.2.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de tonalite 2021-IL-3132A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

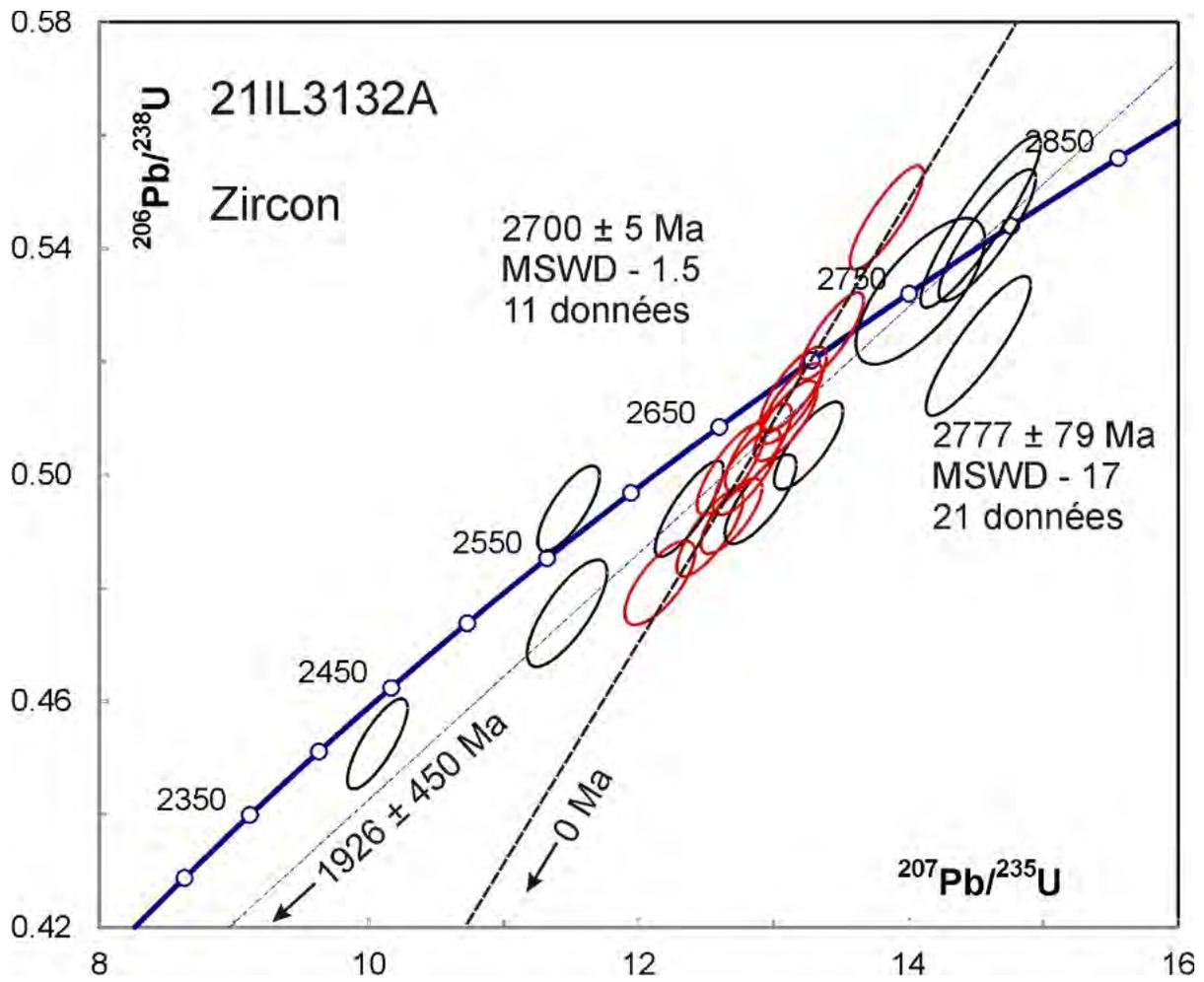


Figure 3.2.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-IL-3132A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen des données.

### 3.3 – 2021-JV-2112A Granodiorite porphyroïde

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de longs prismes pour la plupart très fracturés (figure 3.3.1). Les images en BSE montrent des zircons très endommagés avec des zones oscillatoires riches en U plus altérées (figure 3.3.2). Dans ce cas, il serait normalement difficile d'obtenir des âges concordants, mais ici la zonation se limite à certains secteurs des cristaux, le reste montrant un état métamictisé et une composition uniforme, mais sans d'altération. Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des analyses provenant des portions non altérées des cristaux s'accordent dans la marge d'erreur et donnent un âge moyen de  $1854 \pm 5$  Ma (figure 3.3.3), lequel constitue la meilleure estimation de l'âge magmatique de l'intrusion.



Figure 3.3.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de granodiorite porphyroïde 2021-JV-2112A.

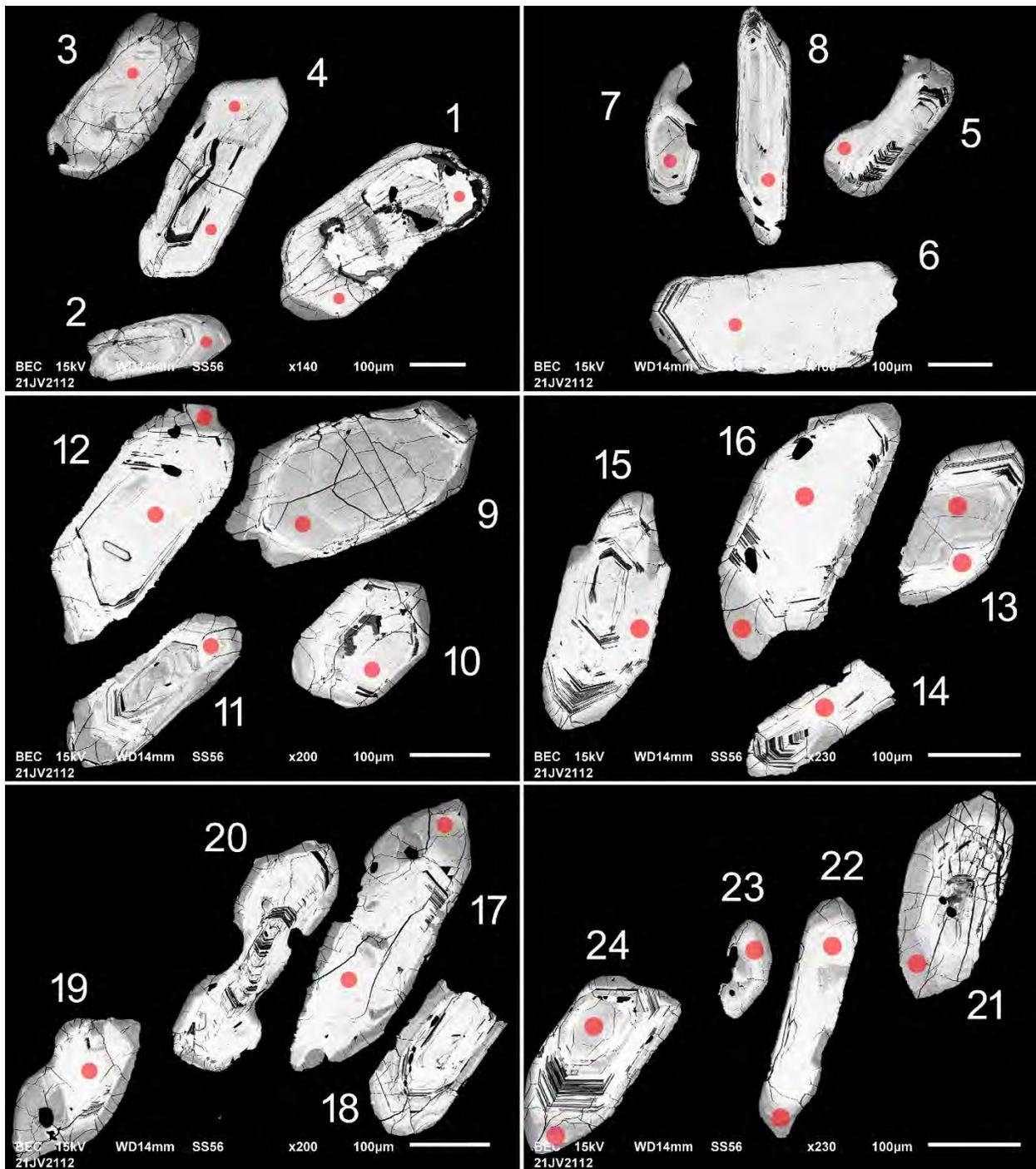


Figure 3.3.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de granodiorite porphyroïde 2021-JV-2112A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

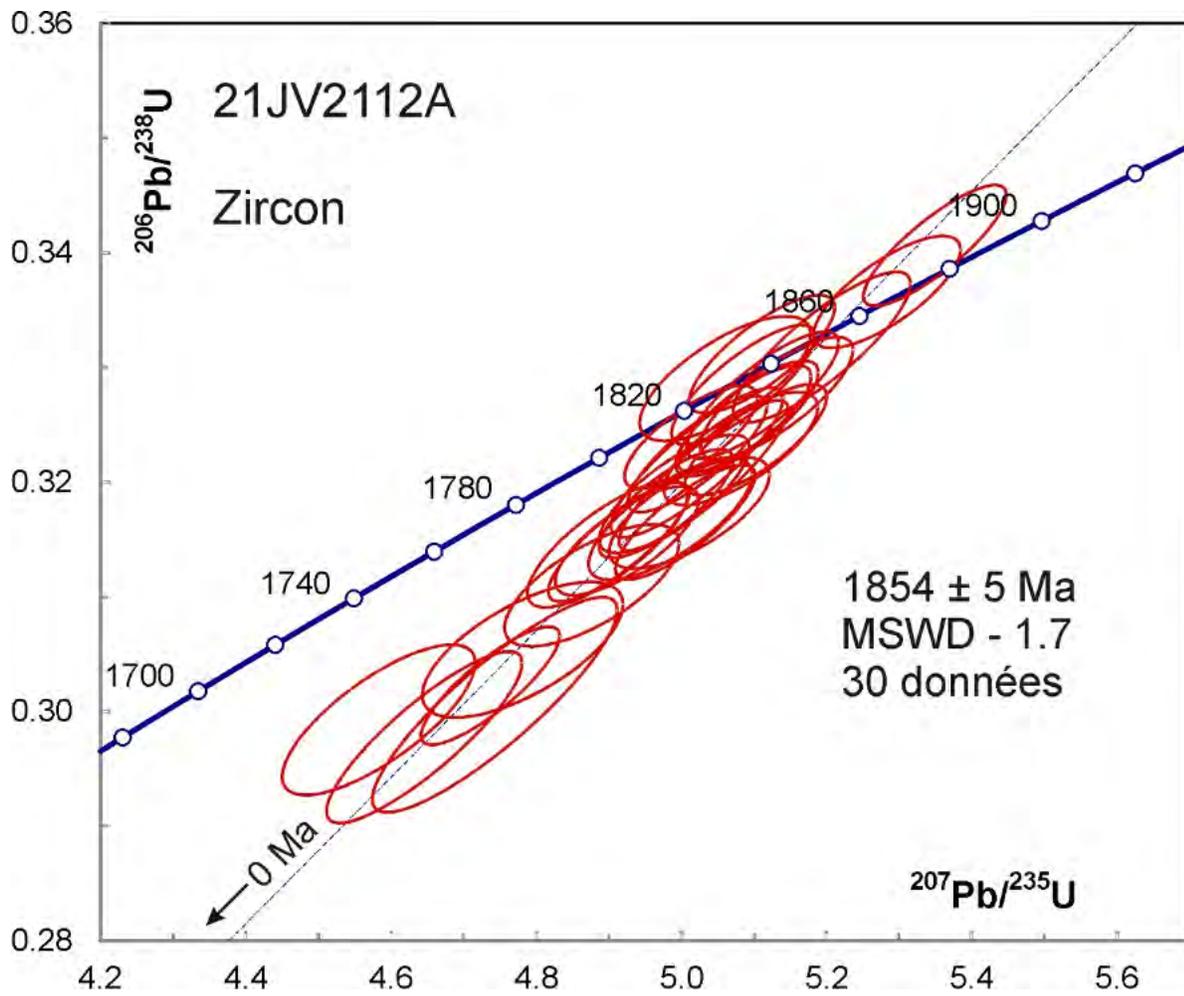


Figure 3.3.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-JV-2112A.

### 3.4 – 2021-JV-2117A Monzodiorite quartzifère à hornblende

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de prismes courts et frais (figure 3.4.1). Les images en BSE montrent une structure simple de zonation oscillatoire dans la plupart des grains (figure 3.4.2). Toutefois, les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ne s'accordent pas dans la marge d'erreur (figure 3.4.3). La plupart des analyses peuvent être séparées en deux groupes (figure 3.4.4). Le groupe le plus vieux donne un âge moyen de  $2767 \pm 3$  Ma compris dans la marge d'erreur. Un second groupe plus jeune donne un âge moyen de  $2746 \pm 4$  Ma qui se situe un peu en dehors de la marge d'erreur (MSWD = 1,9). Il n'y a aucune relation évidente entre la structure des grains et les âges. On conclut que l'âge de mise en place le plus probable est de  $2767 \pm 3$  Ma et que les autres analyses ont été légèrement rajeunies par le métamorphisme paléoprotérozoïque.



Figure 3.4.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de monzodiorite quartzifère à hornblende 2021-JV-2117A.

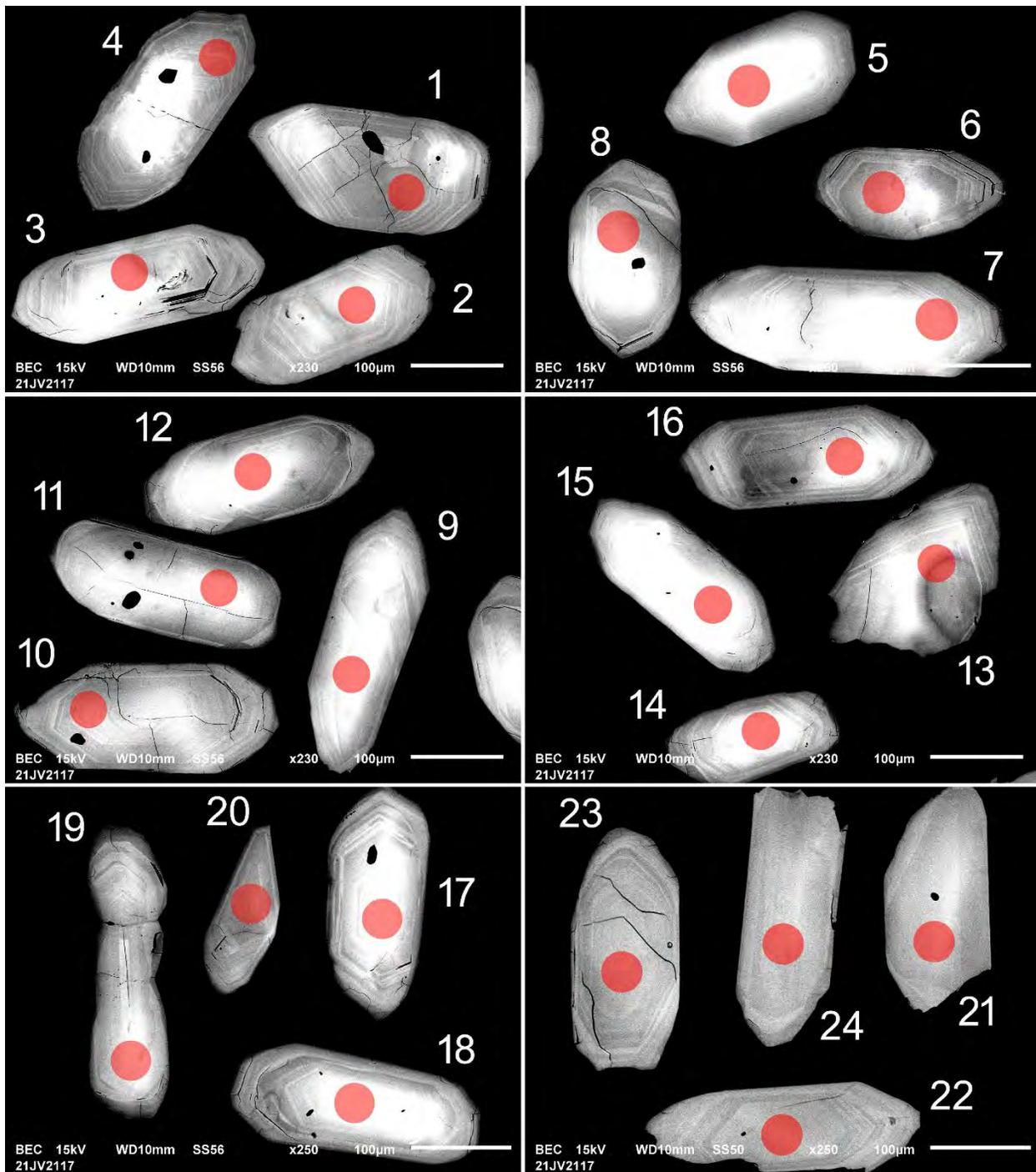


Figure 3.4.1 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite quartzifère à hornblende 2021-JV-2117A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

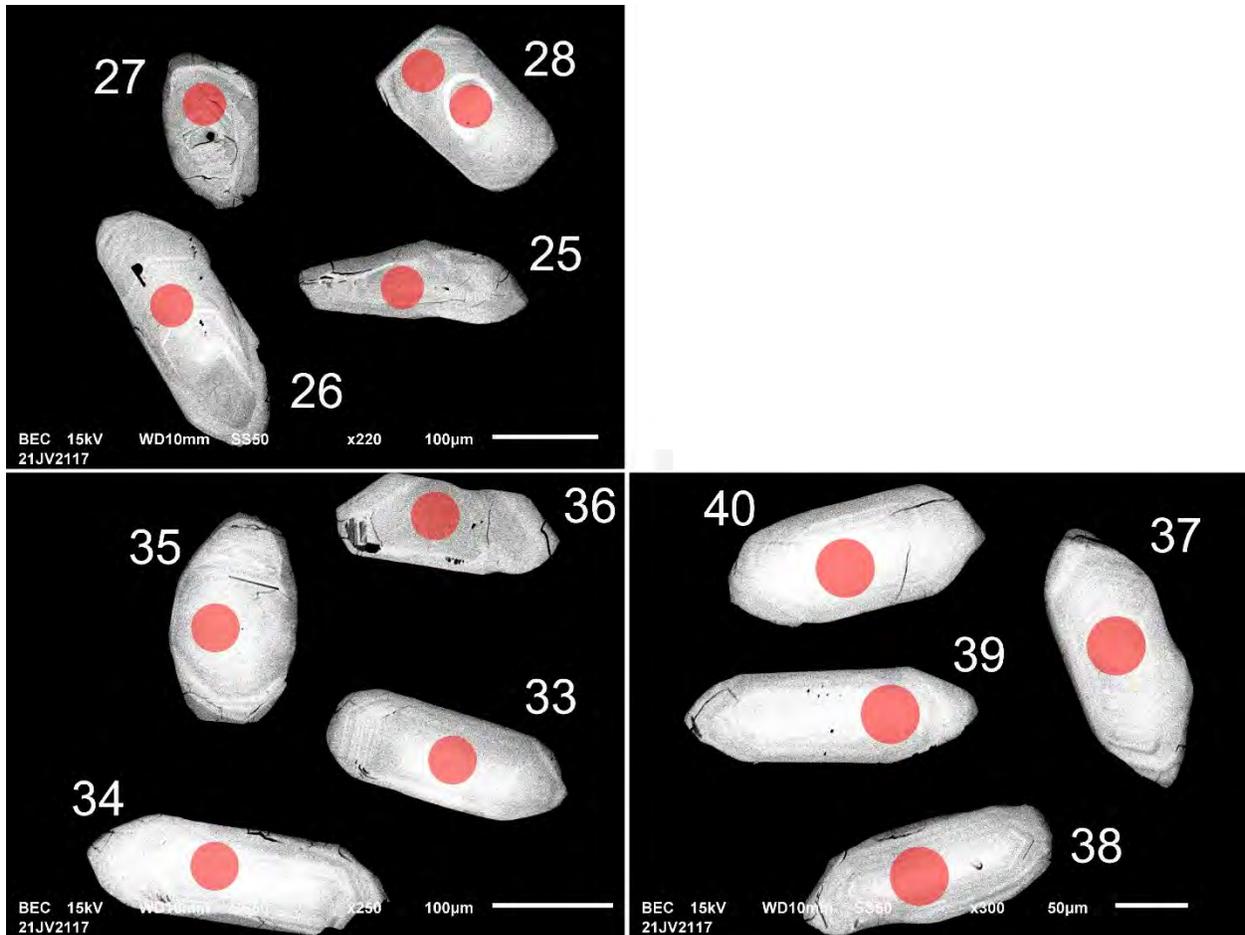


Figure 3.4.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite quartzifère à hornblende 2021-JV-2117A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

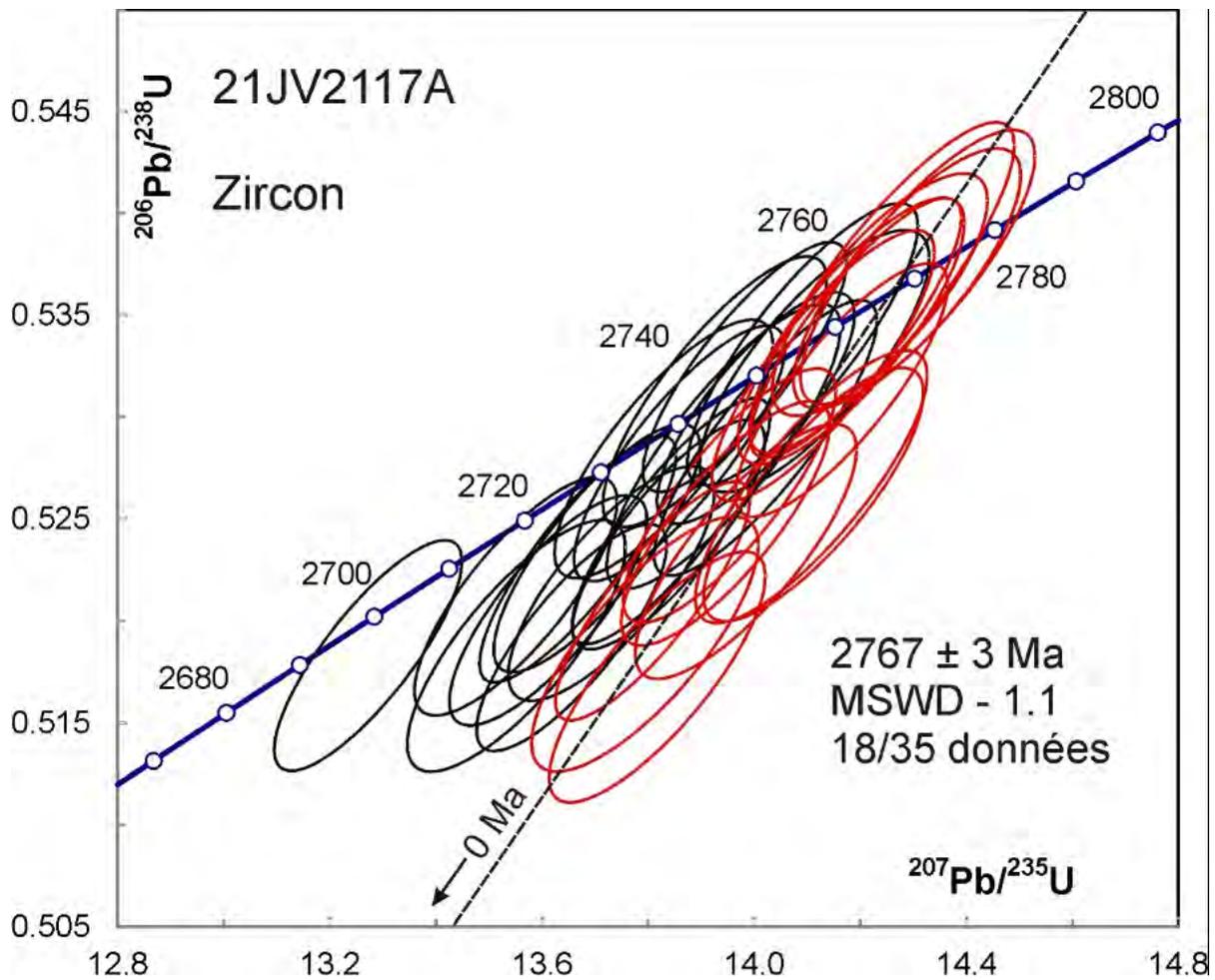


Figure 3.4.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues pour les zircons de l'échantillon 2021-JV-2117A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen des données en rouge.

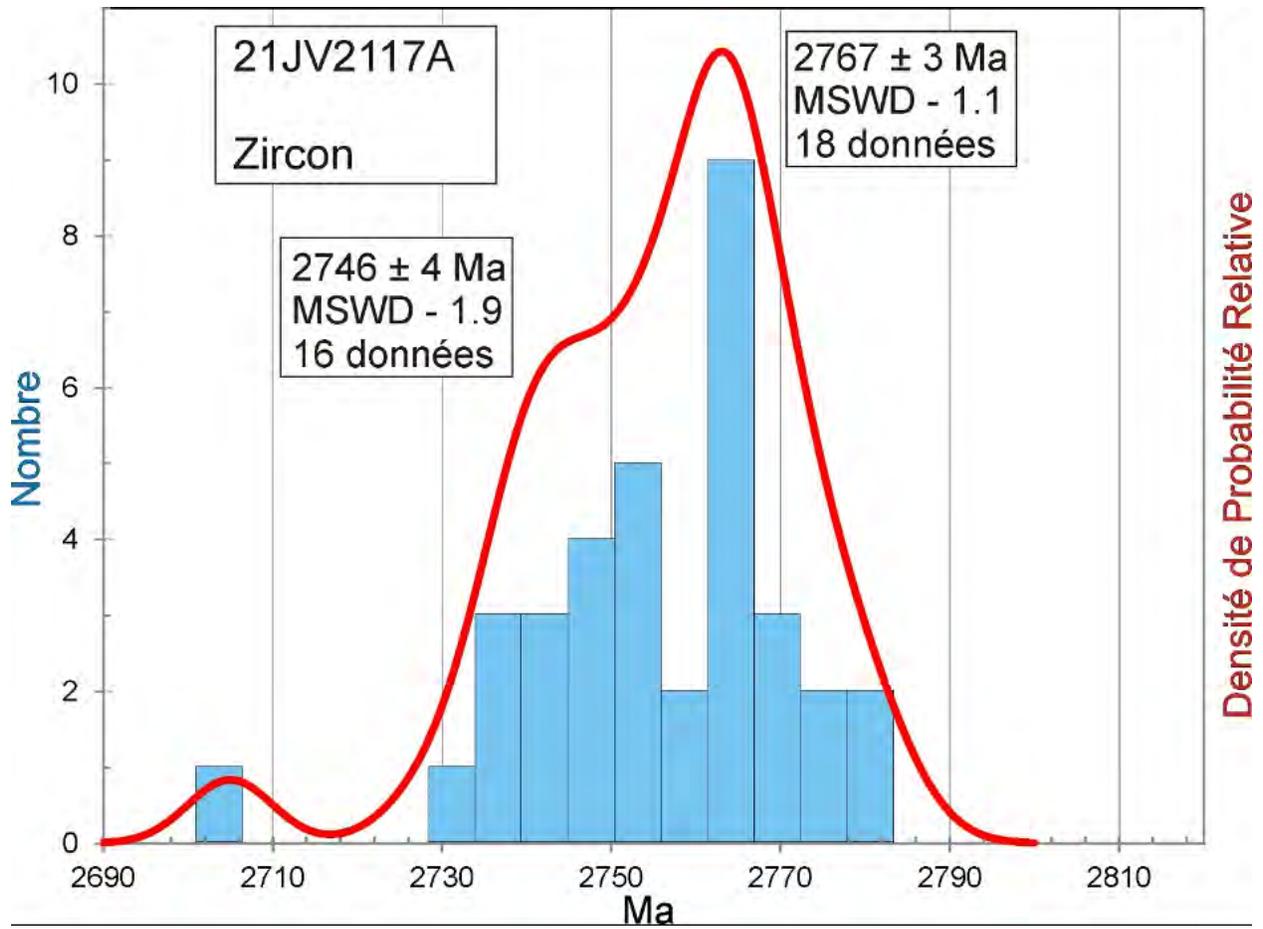


Figure 3.4.4 – Diagramme de densité de probabilité relative et histogramme pour les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons de l'échantillon 2021-JV-2117A.

### 3.5 – 2021-TG-4053A Monzogranite

Cet échantillon n'a donné que quelques grains de zircon très altérés qui n'ont pas été datés.

### 3.6 – 2021-TG-4065A Granite d'anatexie à grenat

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de prismes brunâtres avec des noyaux blancs altérés (figure 3.6.1). On trouve aussi un peu de monazite et de rutile (figure 3.6.2). Les images en BSE des zircons (figure 3.6.3) montrent des noyaux avec des zones oscillatoires, donc magmatiques, et des surcroissances uniformes riches en U d'origine probablement métamorphique.

Les rapports Th/U < 0,1 des surcroissances (tableau 3) confirment l'origine métamorphique des zircons. Les analyses de quelques noyaux donnent des âges archéens dispersés (figure 3.6.4), tandis que les analyses des surcroissances forment un groupe avec des âges paléoprotozoïques. Ces données se projettent bien au-dessus de la courbe concordia à cause des perturbations associées aux dommages radiogéniques qui sont bien plus grandes que dans l'étalon. L'altération importante peut aussi tirer les données sous la courbe concordia, surtout dans le cas des noyaux. Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des surcroissances ne s'accordent pas dans la marge d'erreur. Cette dispersion est peut-être causée par des composantes d'héritage puisqu'il est difficile de savoir si le faisceau a échantillonné des noyaux sous la surface polie. Toutefois, les rapports Th/U restent, pour la plupart, faibles tout au long des analyses. La dispersion des âges peut aussi s'expliquer par une période de cristallisation plus ou moins longue après l'épisode de fusion partielle. Après le retrait des 16 analyses les plus vieilles, les 40 analyses des surcroissances restantes donnent des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  qui sont à peu près dans la marge d'erreur avec un âge moyen de  $1766 \pm 5$  Ma (MSWD = 1,6, figure 3.6.5).

Les données concordantes obtenues de l'analyse des monazites donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1783 \pm 9$  Ma. Cela semble indiquer que la monazite s'est formée à la suite de réactions métamorphiques un peu avant la formation du zircon métamorphique qui lui a probablement cristallisé au cours de l'anatexie.



Figure 3.6.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de granite 2021-TG-4065A.

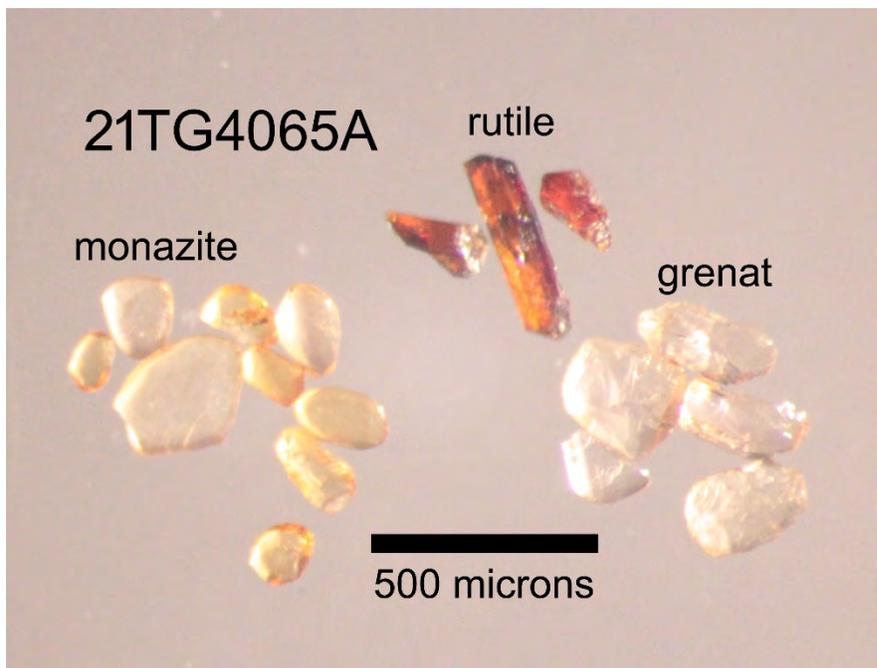


Figure 3.22.2 – Monazite, rutile et grenat sélectionnés à partir de l'échantillon de granite 2021-TG-4065A.

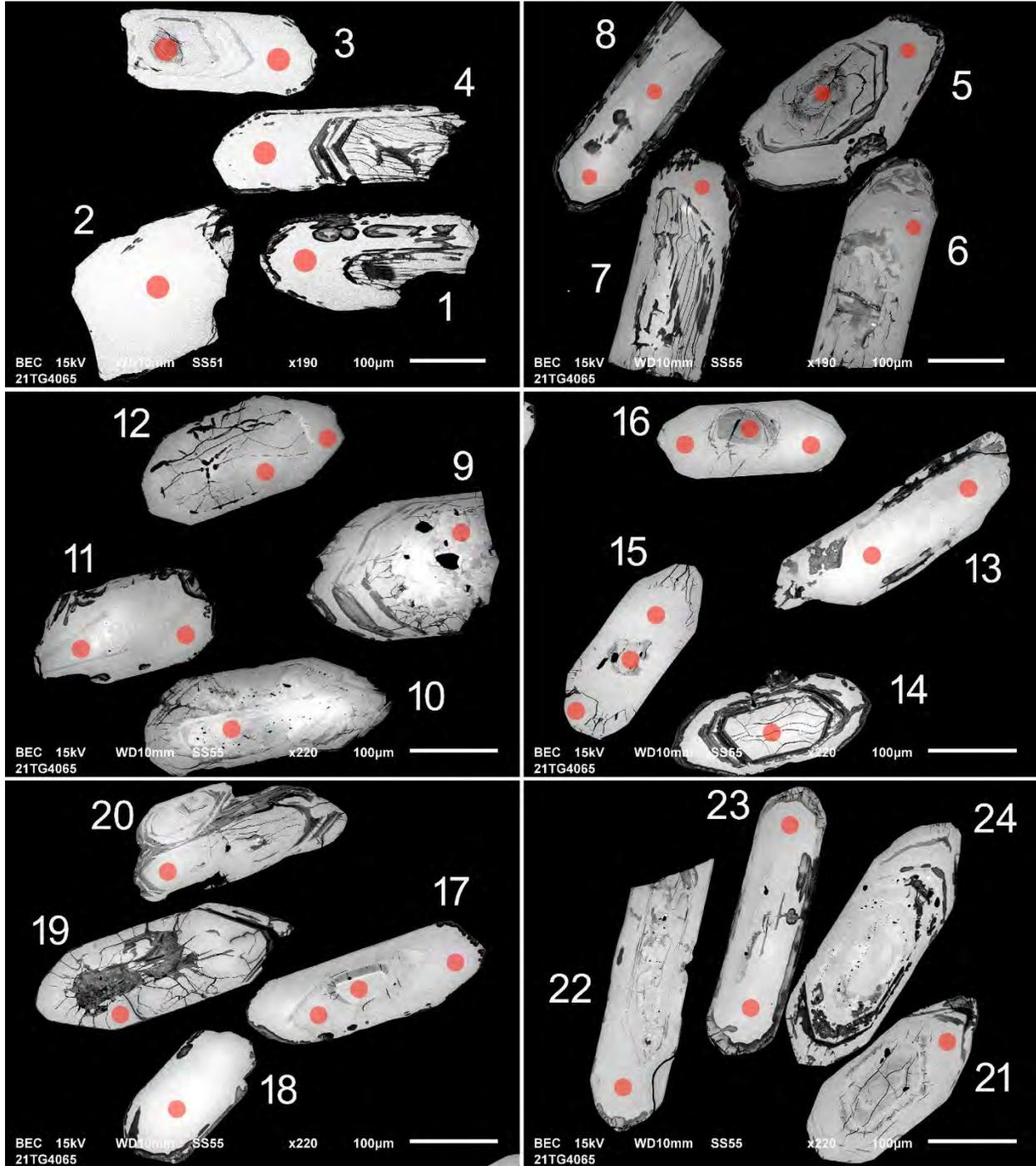


Figure 3.6.3 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de granite 2021-TG-4065A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

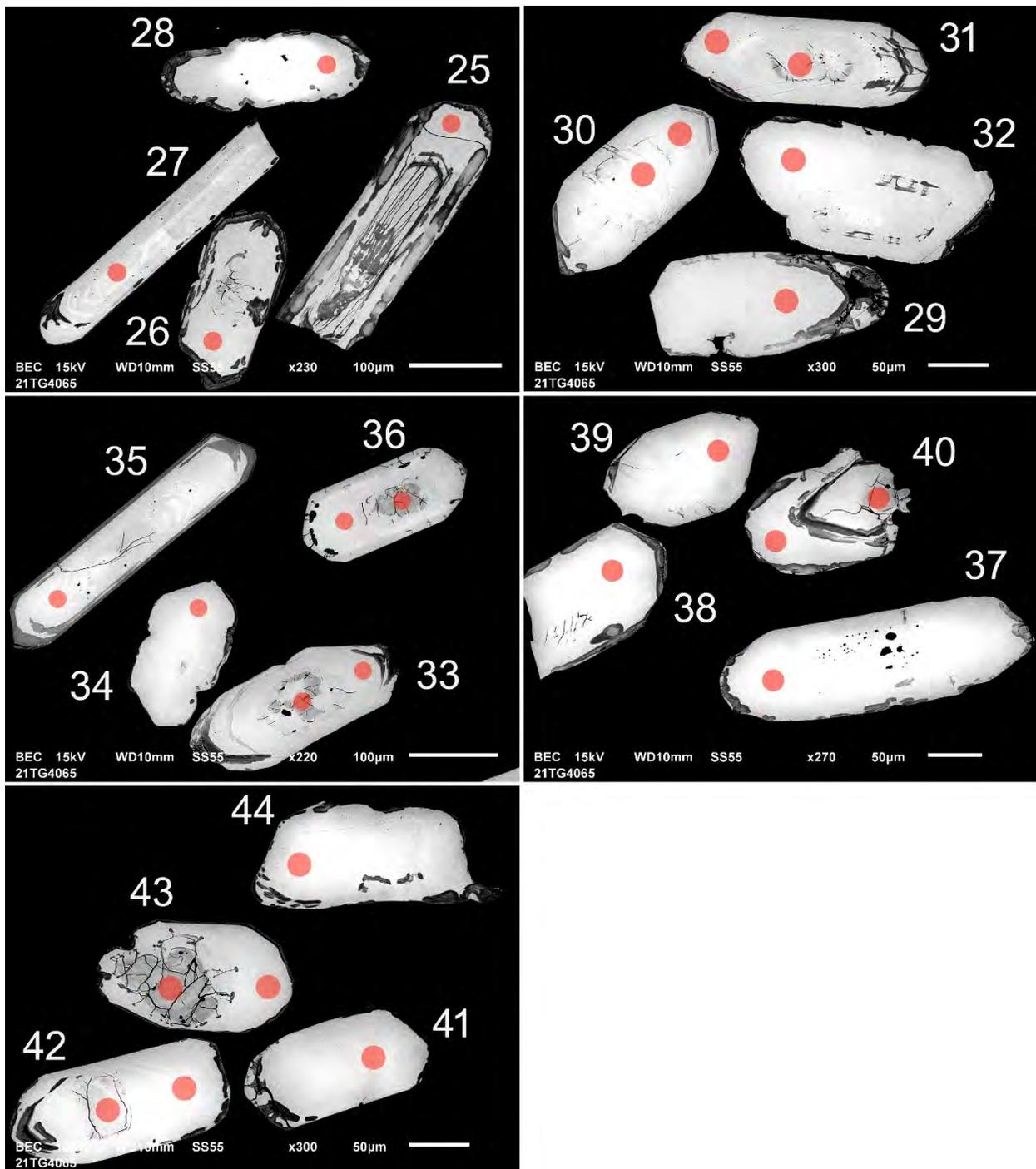


Figure 3.6.3 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de granite 2021-TG-4065A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

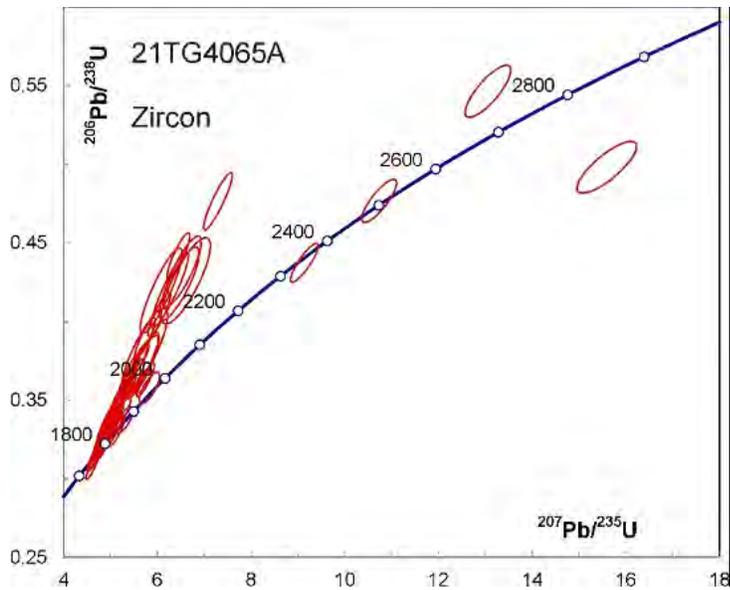


Figure 3.6.4 – Diagramme concordia de toutes les données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-TG-4065A.

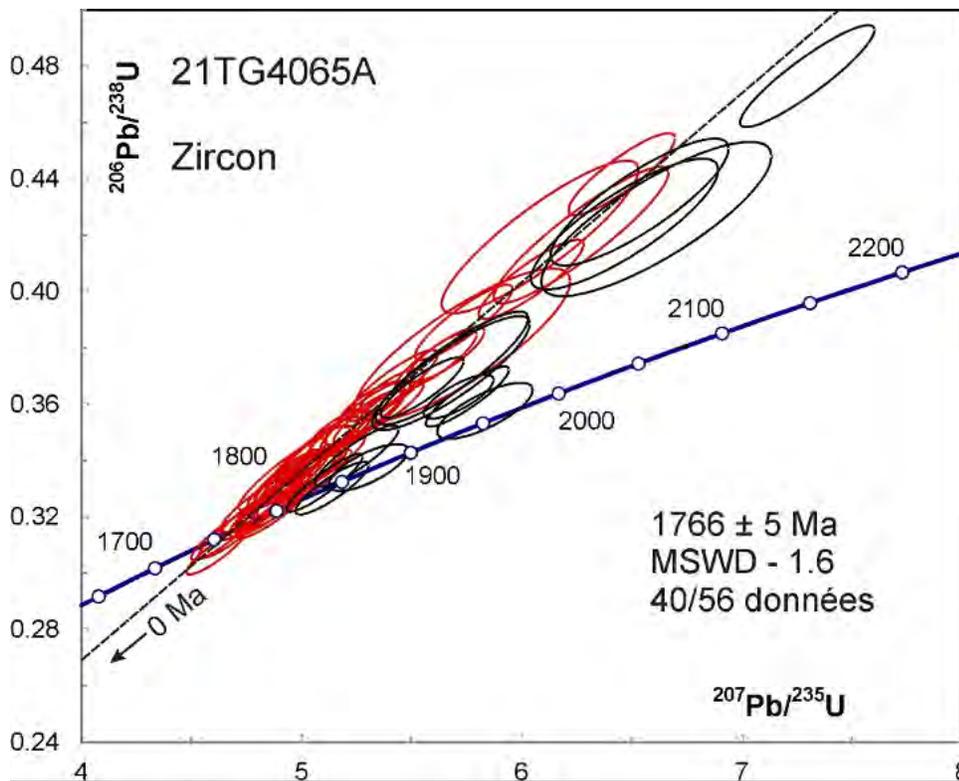


Figure 3.6.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-TG-4065A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen des données en rouge.

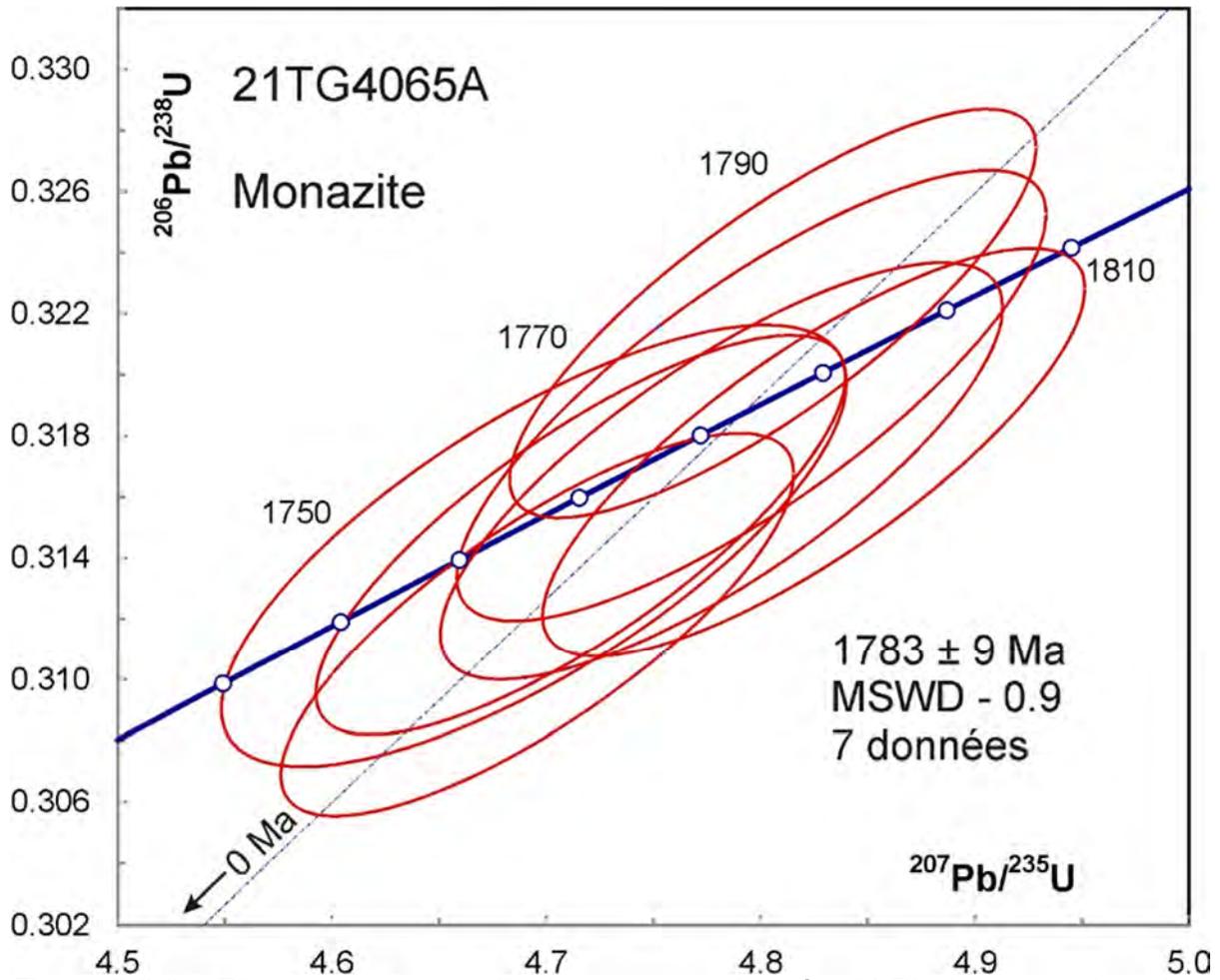


Figure 3.6.6 – Diagramme concordia de toutes les données U-Pb des monazites de l'échantillon 2021-TG-4065A.

## **4. Churchill – Lac Spartan**

### **4.1 – 2021-MV-1067C Roche volcanique porphyrique à phénocristaux de plagioclase**

Aucun zircon ni autre minéral datable n'a été détecté dans les fractions lourdes de cet échantillon.

### **4.2 – 2021-MV-1071B Paragneiss migmatitisé à grenat**

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme des grains subarrondis trapus et de prismes courts (figure 4.2.1). Les zircons sont assez frais et peu fracturés. De possibles petits grains de monazite ont été trouvés dans les fractions magnétiques (figure 4.2.2). Les images en BSE des zircons montrent des structures diverses avec et sans zonations (figure 4.2.3).

Les analyses U-Pb des zircons donnent des âges divers compris entre 1,99 Ga et 2,75 Ga avec une concentration des âges autour de 2,25 Ga à 2,45 Ga (figures 4.2.4 et 4.2.5). Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des analyses de grains entiers de monazite (figure 4.2.6) s'accordent dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $1876 \pm 8$  Ma (figure 4.2.7). Quelques grains de zircon sélectionnés en même temps que la monazite donnent des âges divers de 2,0 Ga à 2,5 Ga (figure 4.2.8). Il est probable que le zircon soit d'origine détritique, mais ces âges ont pu être affectés par un rajeunissement métamorphique paléoprotérozoïque. Dans ce cas, les données devraient toutefois tomber sur une ligne de rajeunissement sous la courbe concordia (discordia; figure 4.2.4), alors qu'elles sont pour la plupart concordantes. L'interprétation la plus probable est que le zircon est détritique et qu'il provient principalement d'un terrain âgé de 2,25 Ga à 2,45 Ga. Dans ce cas, l'âge maximal de déposition de la roche sédimentaire serait de  $1985 \pm 14$  Ma suivi d'un métamorphisme à  $1876 \pm 8$  Ma.

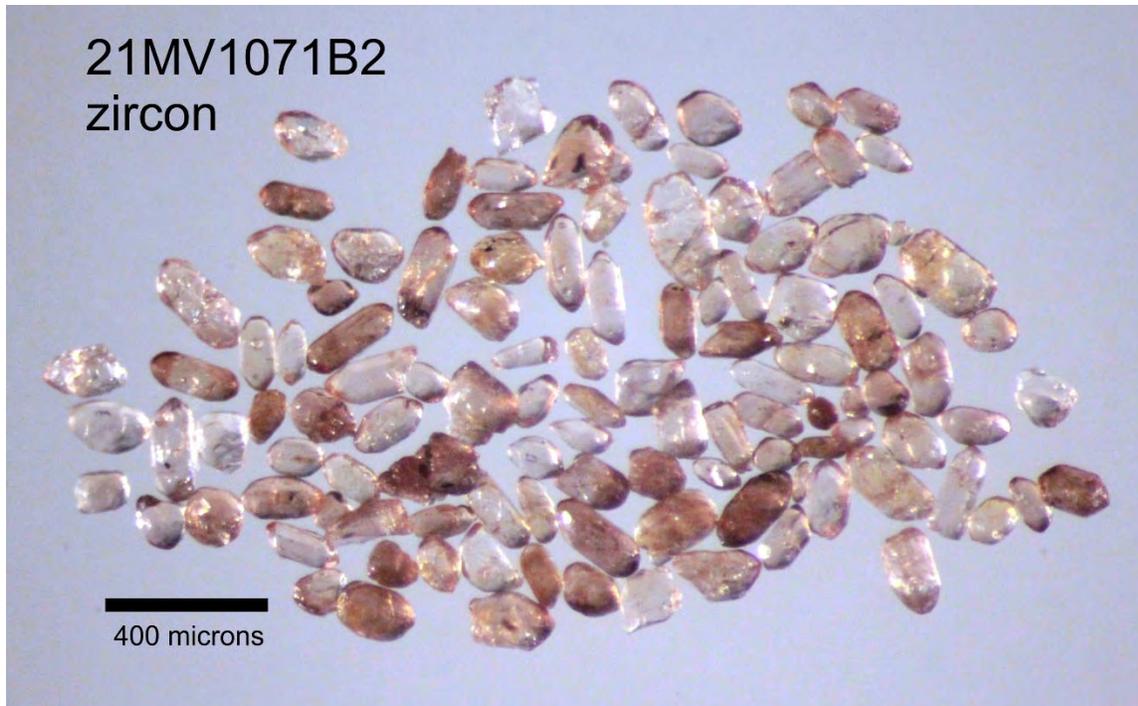


Figure 4.2.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-MV-1071B.



Figure 4.2.2 – Monazites (grains verdâtres) sélectionnées à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-MV-1071B. Les grains plus foncés sont probablement des zircons.

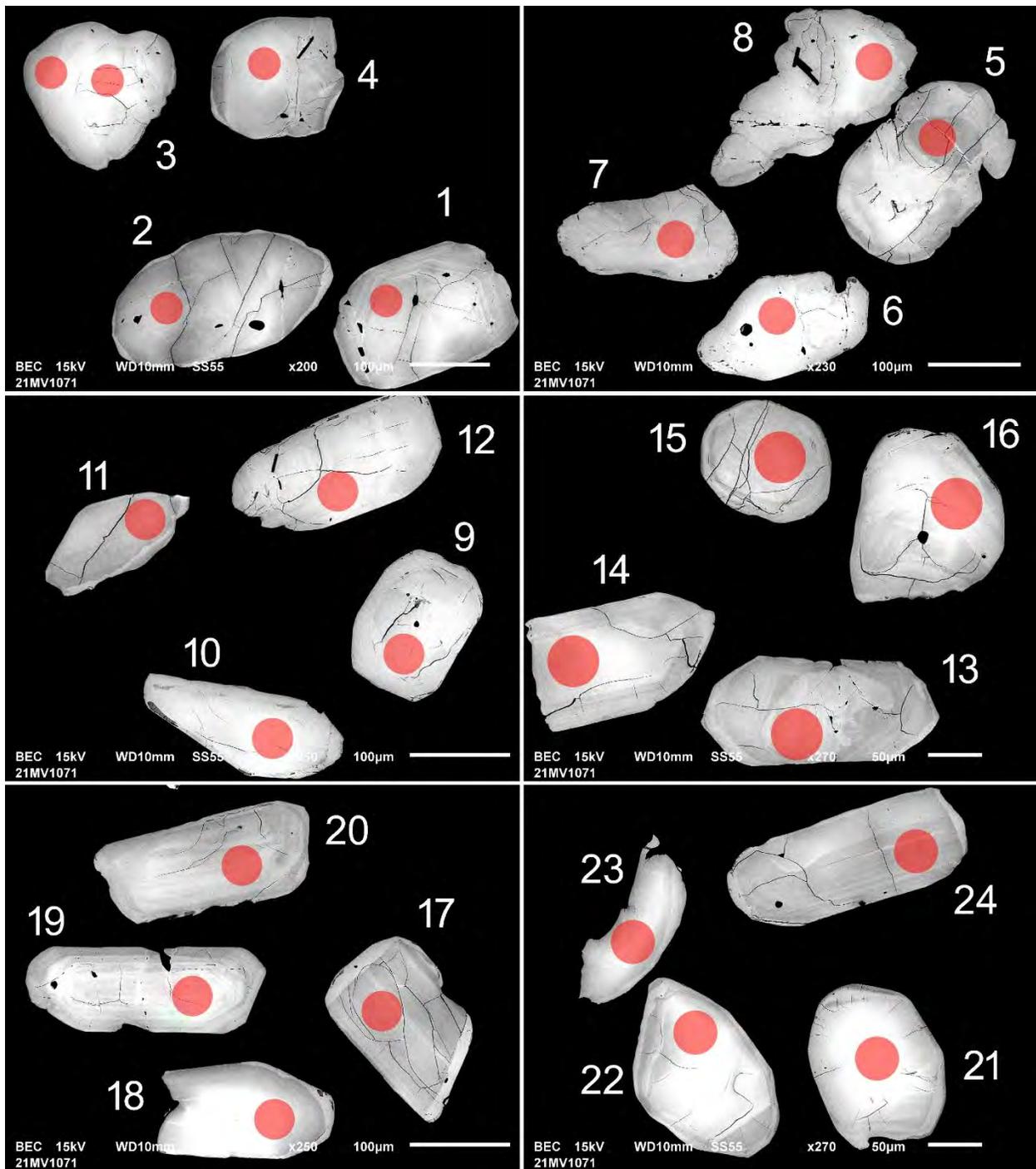


Figure 4.2.3 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-MV-1071B. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

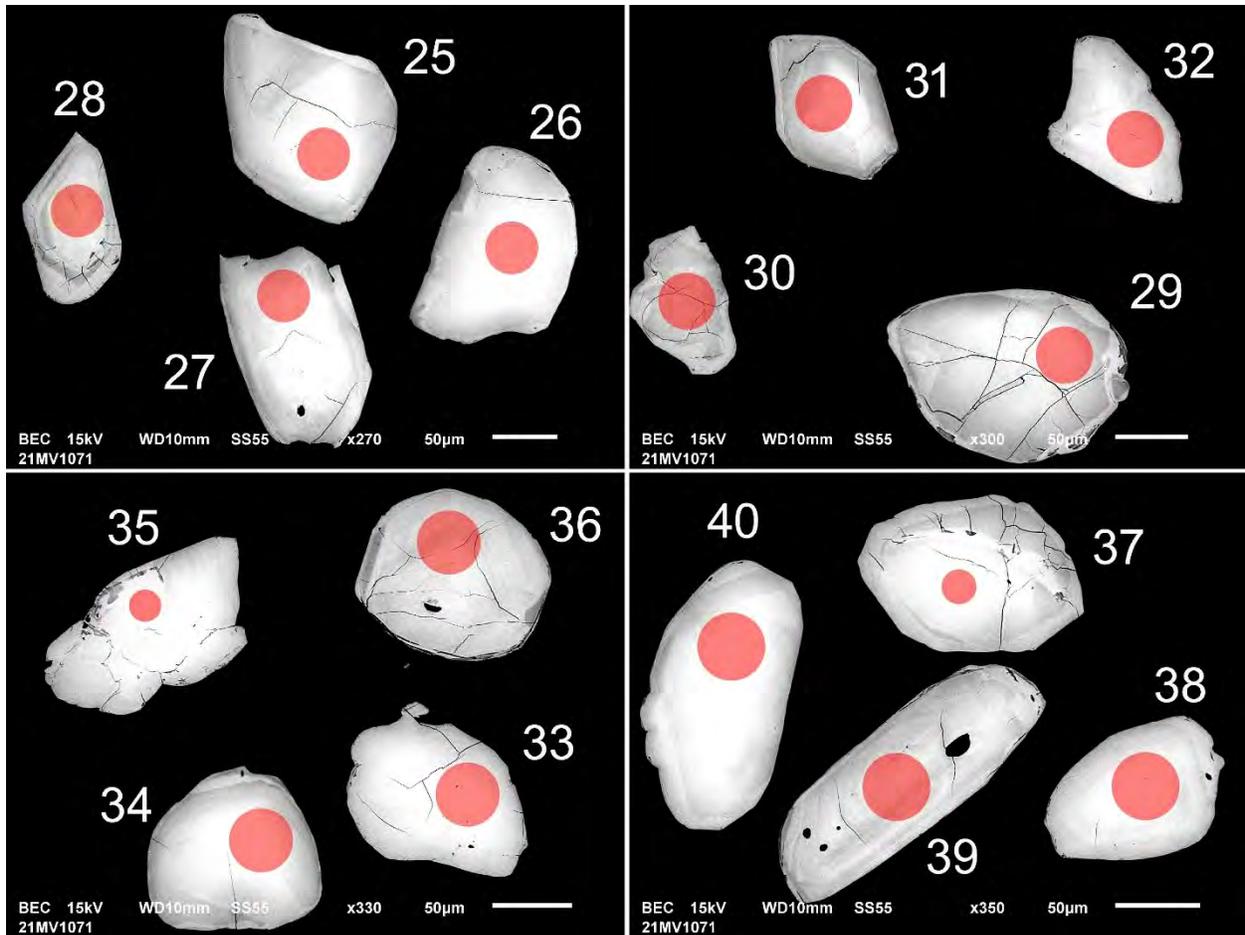


Figure 4.2.3 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-MV-1071B. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

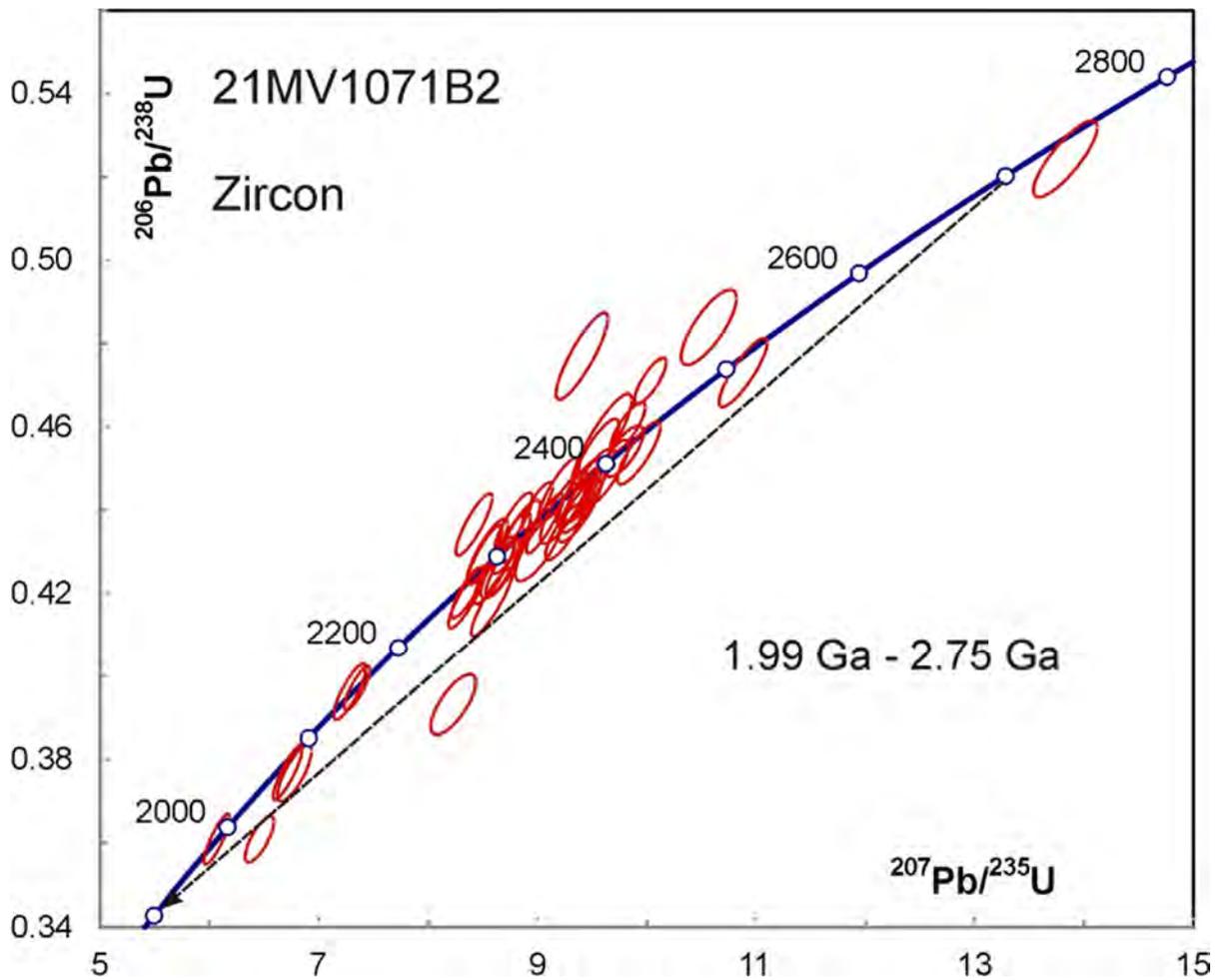


Figure 4.2.4 – Diagramme concordia de toutes les données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-MV-1071B. La ligne en tireté montre le chemin théorique de rajeunissement (discordia) d'un zircon âgé de 2,7 Ga à la suite d'un évènement métamorphique à 1,9 Ma.

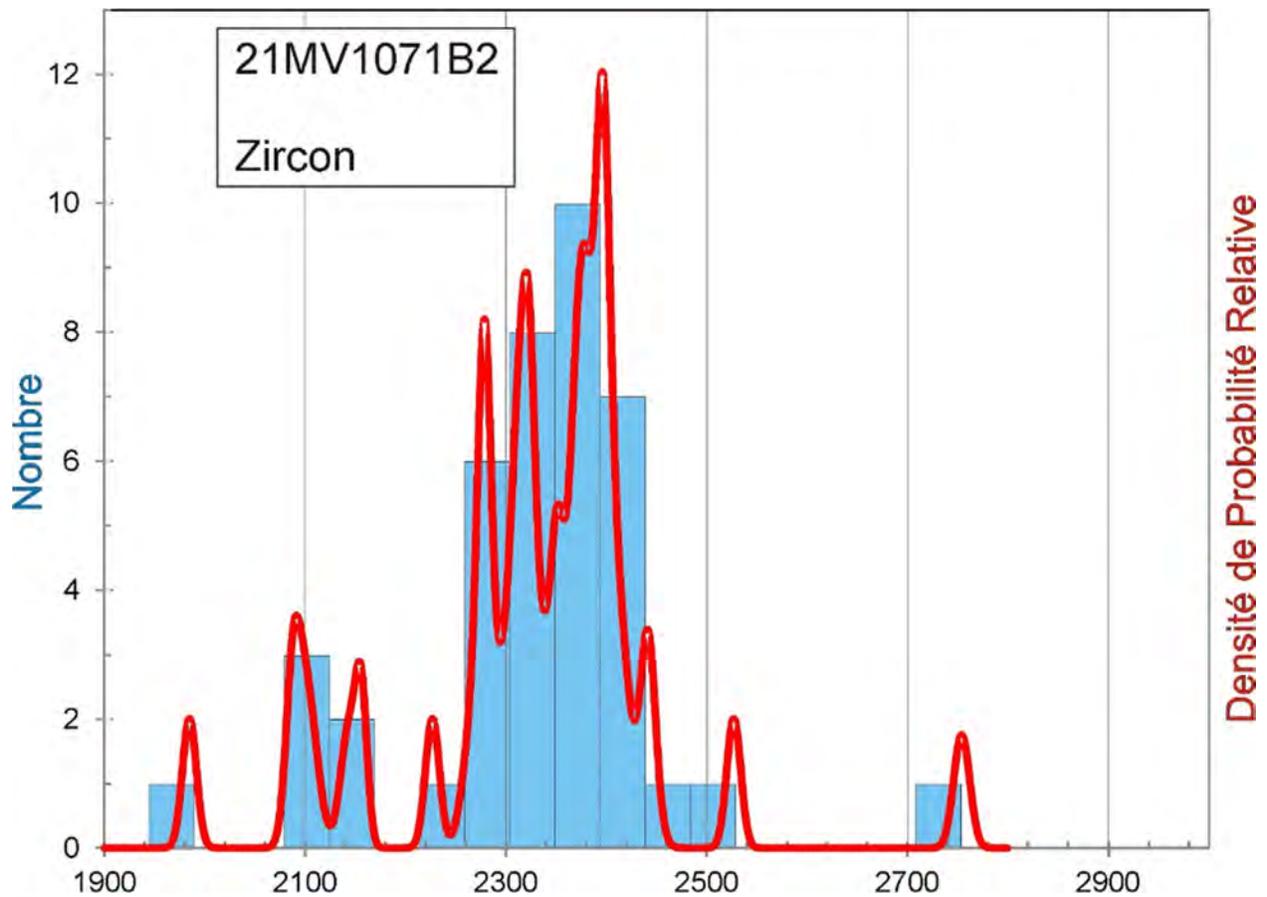


Figure 4.2.5 – Diagramme de densité de probabilité relative et histogramme des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons analysés de l'échantillon 2021-MV-1071B.

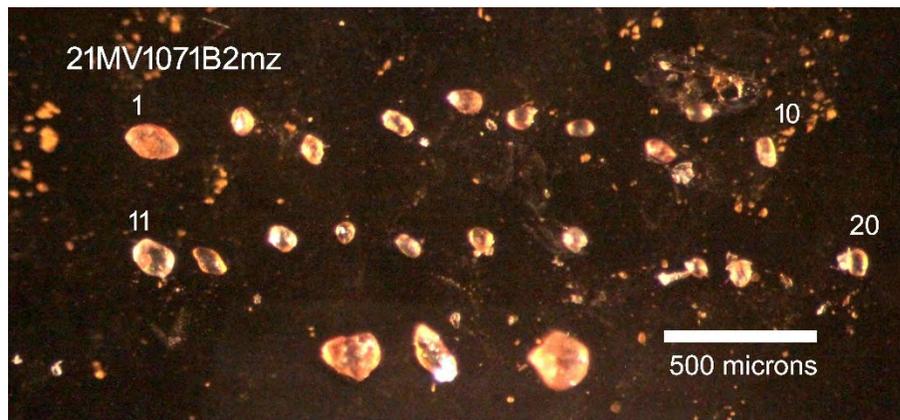


Figure 4.2.6 – Monazites et zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-MV-1071B et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées sur les domaines les plus transparents.

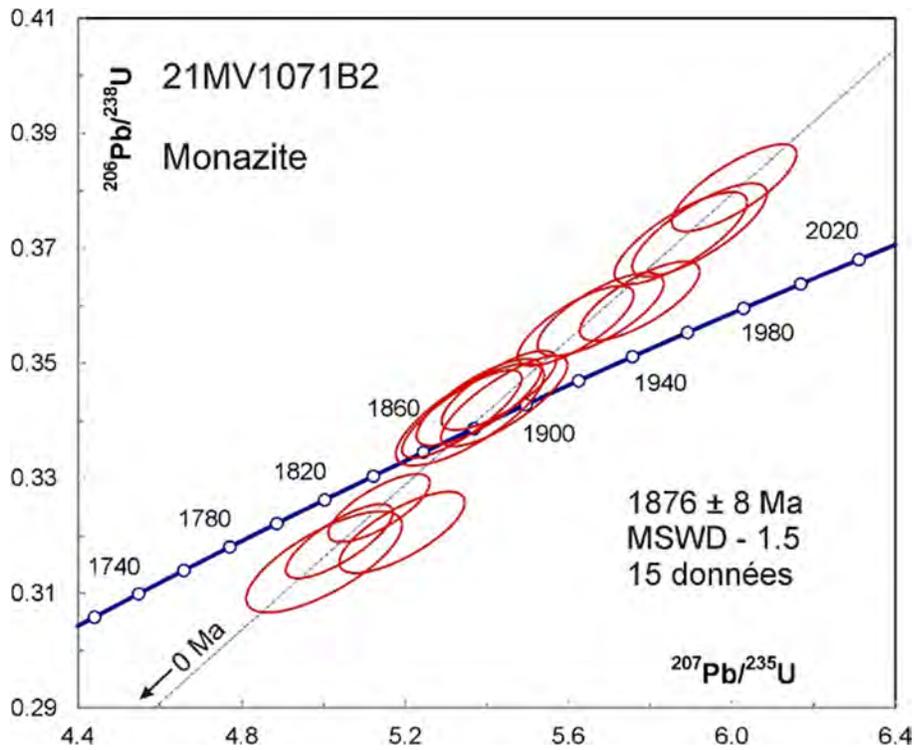


Figure 4.2.7 – Diagramme concordia des données U-Pb des monazites de l'échantillon 2021-MV-1071B.

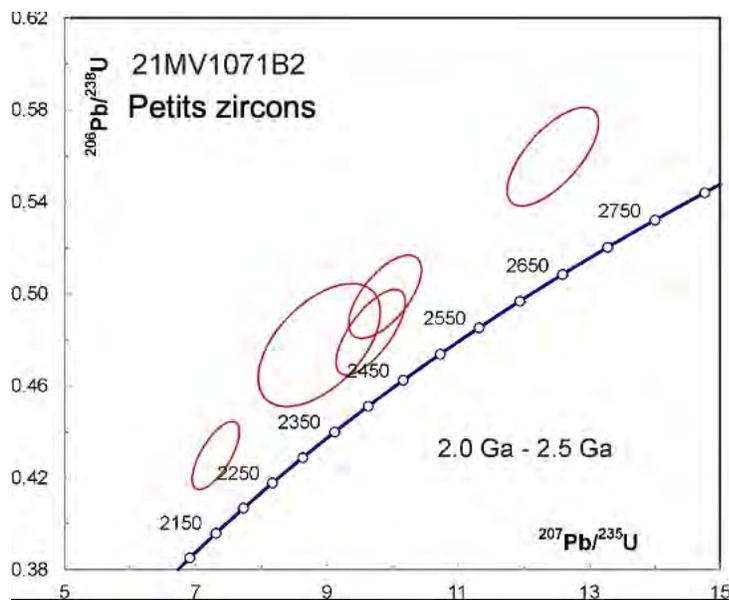


Figure 4.2.8 – Diagramme concordia des données U-Pb des petits cristaux de zircon sélectionnés avec la monazite dans l'échantillon 2021-MV-1071B.

### 4.3 – 2021-MV-1085D Diorite foliée recoupant une zone de cisaillement et un leucogabbro

Cet échantillon contenait beaucoup de pyrite et n'a donné que plusieurs grains de zircon pour la plupart fracturés et altérés (figure 4.3.1). Les cinq grains les plus grands et clairs ont été montés dans l'époxy et polis. Les images en BSE montrent des domaines altérés (figure 4.3.2) qui ont été évités lors des analyses.

L'analyse de cet échantillon a fourni peu de données. Elles révèlent néanmoins des informations importantes (figure 4.3.3). Trois analyses discordantes montrent de fortes concentrations en Sr associées à la présence d'altération. Trois autres analyses sont quasi concordantes, mais donnent des âges divers. L'analyse la plus jeune (1.1) a fourni un âge de  $1837 \pm 20$  Ma. Cette analyse et une autre analyse discordante du même grain sont caractérisées par des rapports Th/U très faibles ( $< 0,01$ ), ce qui suggère une origine métamorphique ou hydrothermale. Ces deux analyses sont issues d'une surcroissance passablement plus riche en uranium que les autres. Les analyses 3 et 4 proviennent probablement de zircons magmatiques, mais leurs âges sont de  $2015 \pm 26$  Ma et  $2659 \pm 18$  Ma. La plus vieille de ces analyses se rapproche peut-être de l'âge de cristallisation de l'intrusion de diorite ou peut représenter une composante d'héritage.



Figure 4.3.1 – Ensemble des zircons séparés de l'échantillon de diorite 2021-MV-1085D.

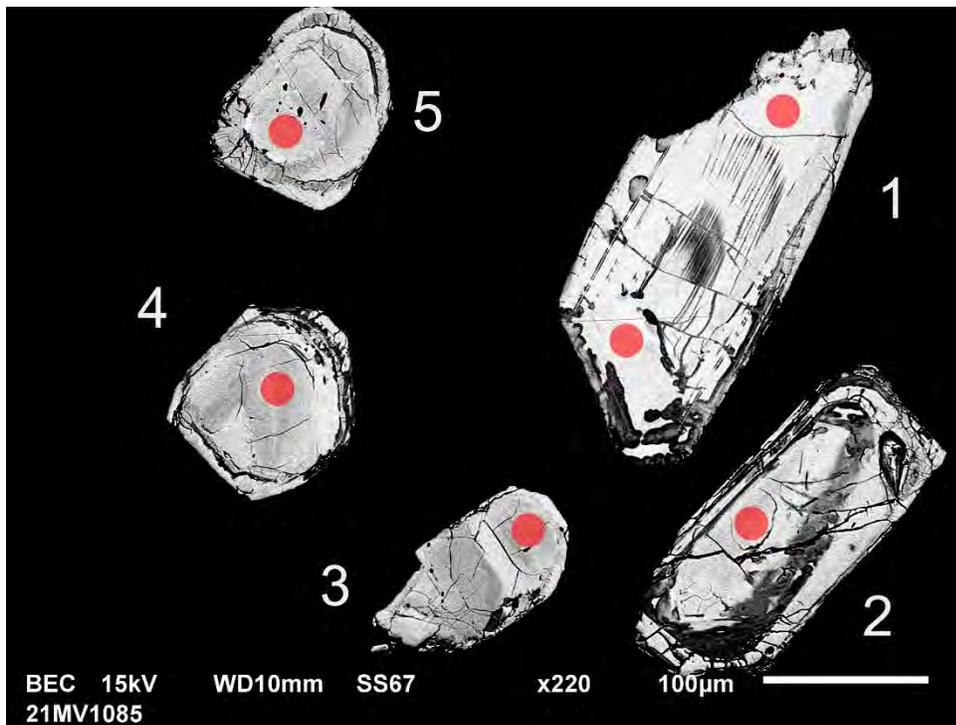


Figure 4.3.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de diorite 2021-MV-1085D. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

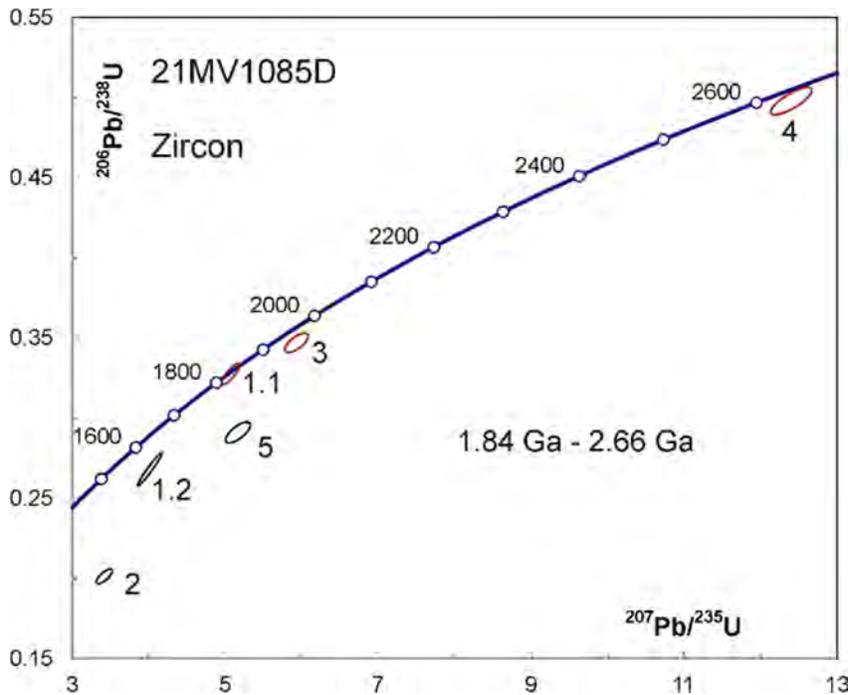


Figure 4.3.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-MV-1085D. Les numéros d'analyse correspondent à ceux du tableau 3. Les ellipses en noir sont des analyses provenant de domaines altérés (fortes concentrations en Sr).

#### 4.4 – 2021-TD-2065C Paragneiss

Les zircons de cet échantillon forment de petits grains trapus et des prismes frais (figure 4.4.1). Les images en BSE montrent un motif de zonation uniforme avec des zones oscillatoires de faible luminescence (figure 4.4.2).

Les analyses U-Pb donnent des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  qui forment un groupe dont la dispersion dépasse un peu la limite des erreurs avec une moyenne de  $1889 \pm 4$  Ma (MSWD = 2,5; figure 4.4.3). La distribution des analyses dans le diagramme de densité de probabilité (figure 4.4.4) semble indiquer la présence de plusieurs populations plus jeunes et plus vieilles que la moyenne. En supposant l'existence de trois populations de zircons, la fonction « Unmix ages » du logiciel Isoplot permet d'estimer des âges de  $1854 \pm 17$  Ma (3 %),  $1885 \pm 4$  Ma (69 %) et  $1904 \pm 7$  Ma (28 %).

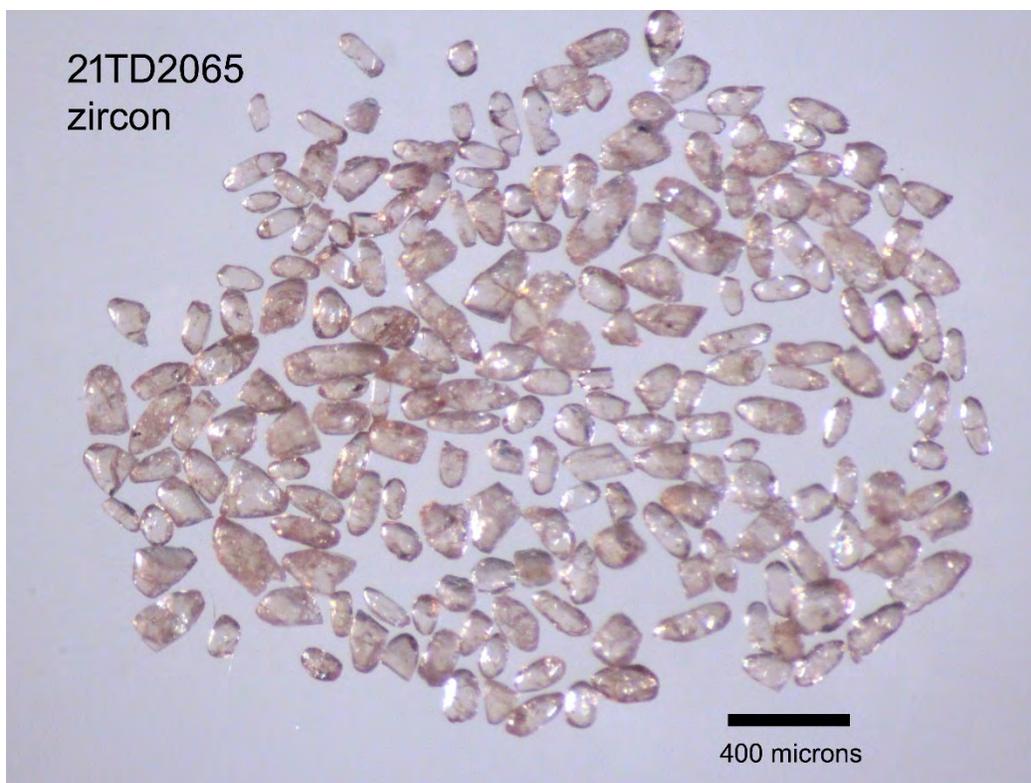


Figure 4.4.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de paragneiss 2021-TD-2065C.

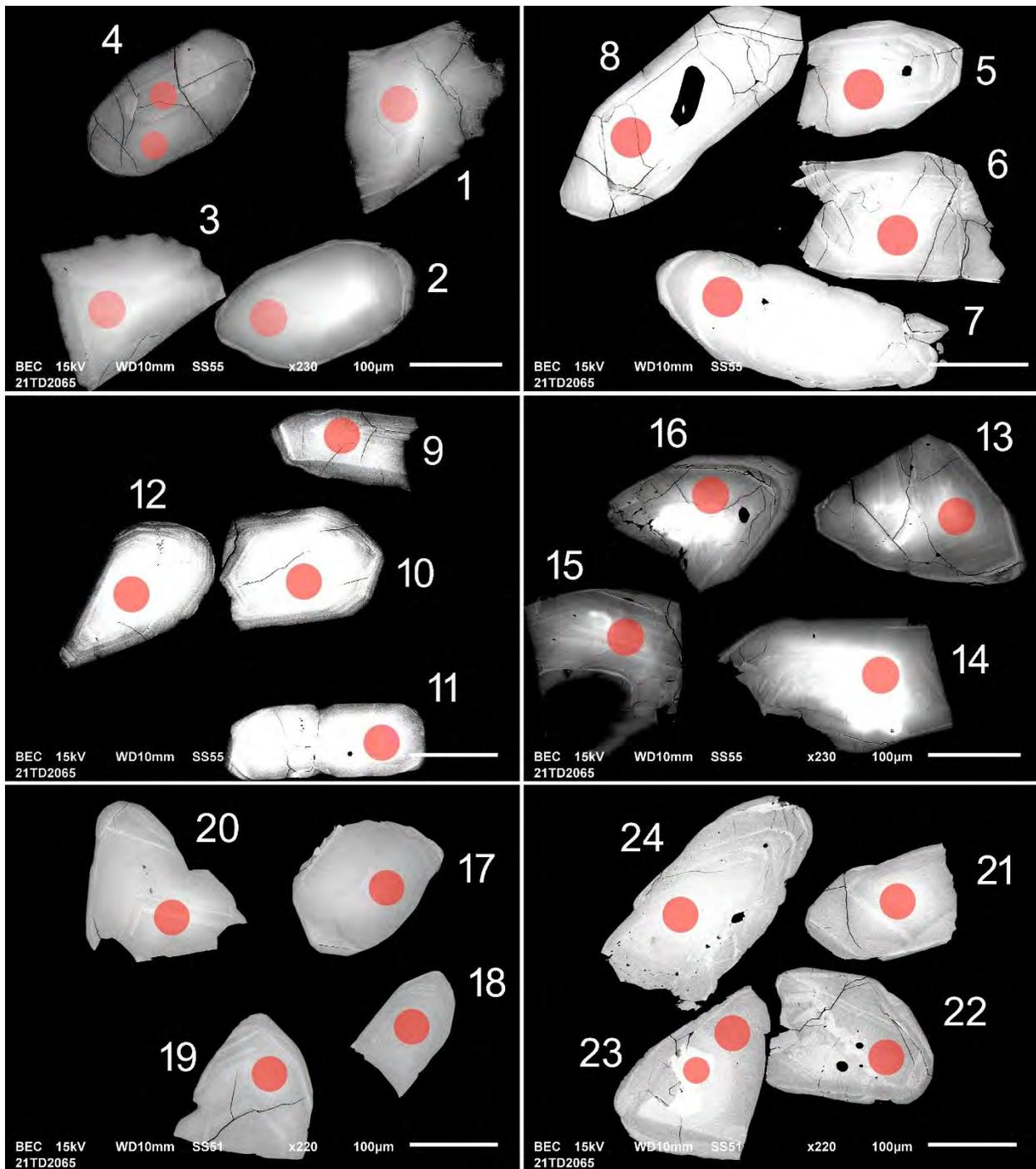


Figure 4.4.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-TD-2065C. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

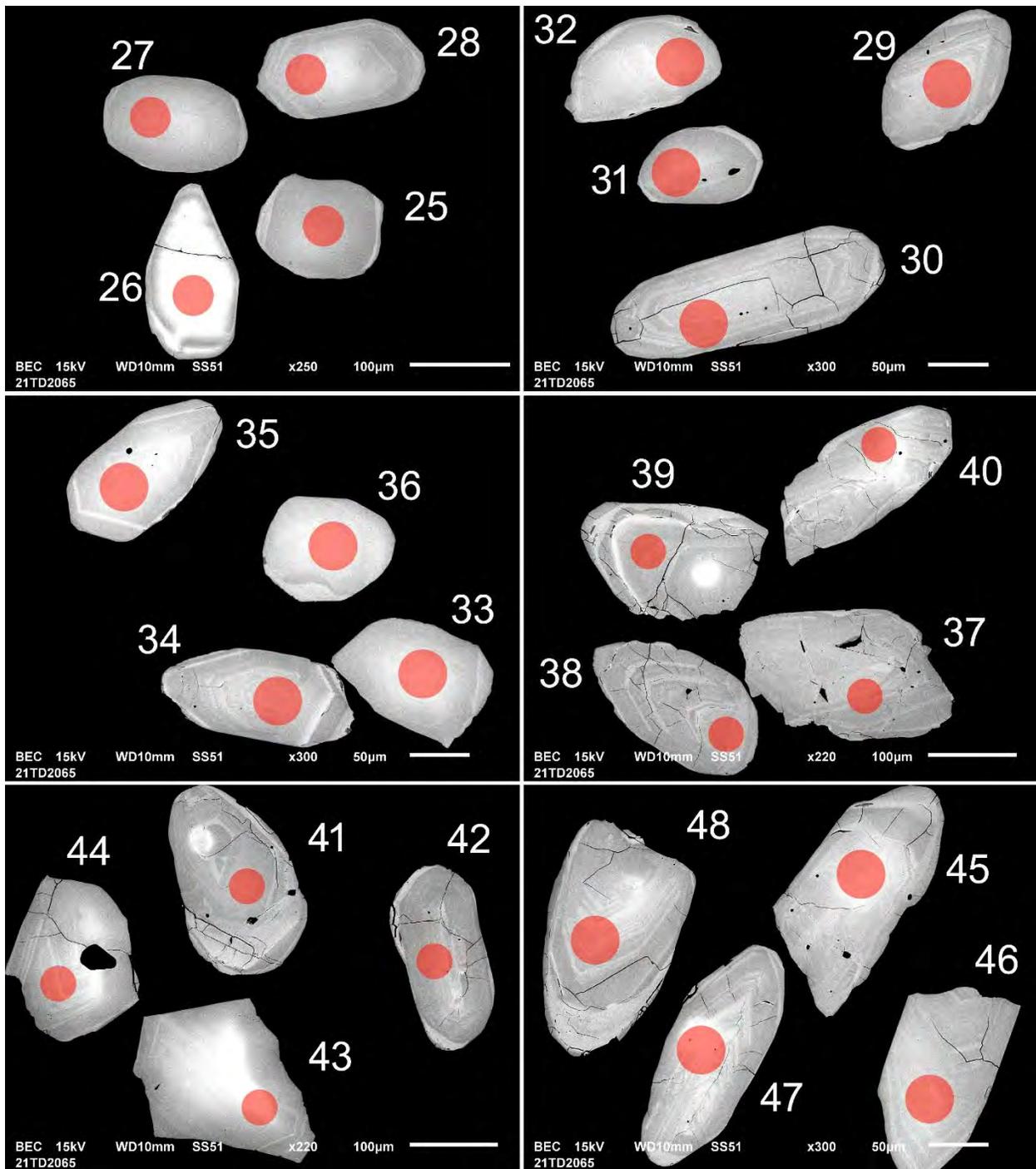


Figure 4.4.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de paragneiss 2021-TD-2065C. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

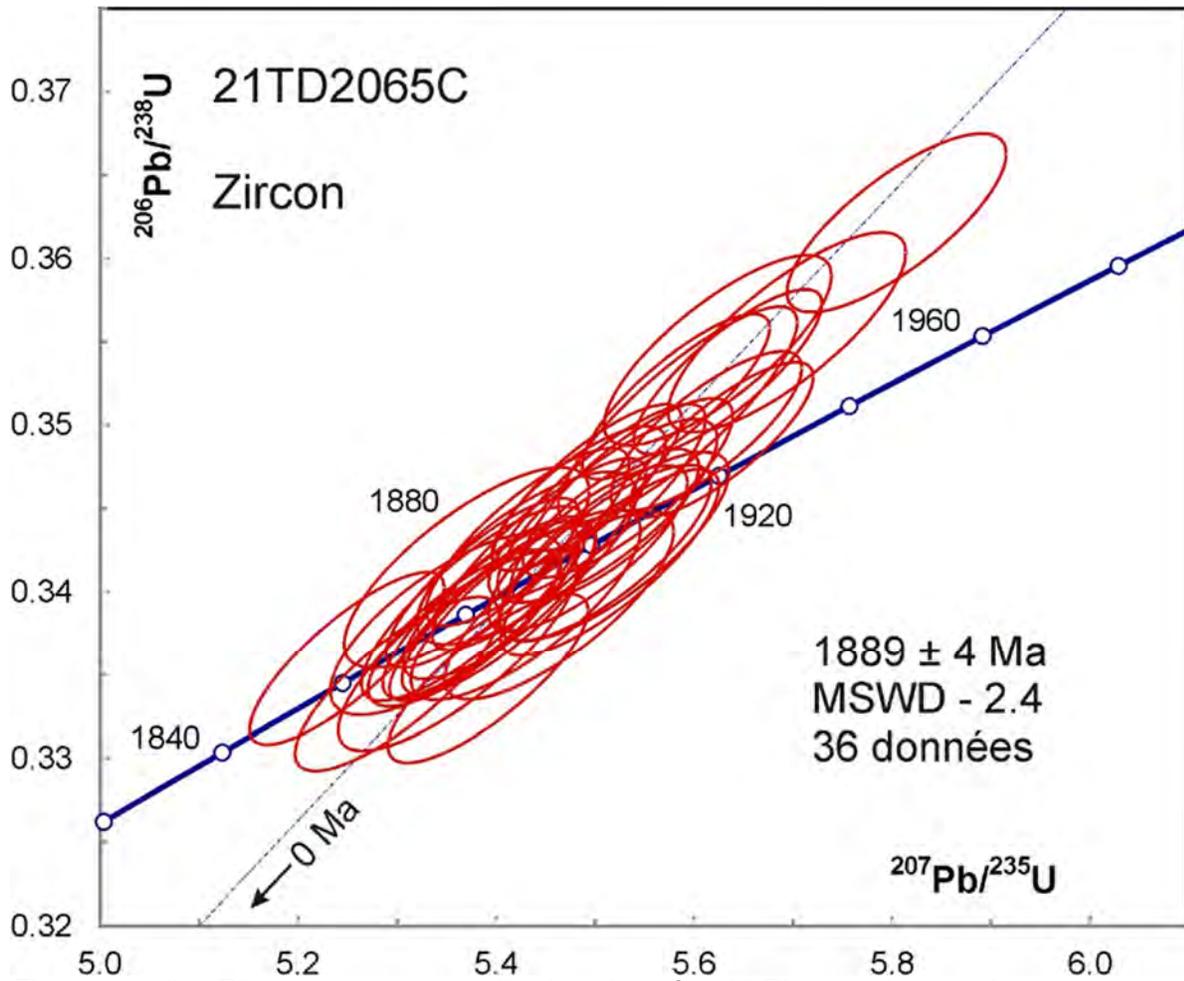


Figure 4.4.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-TD-2065C.

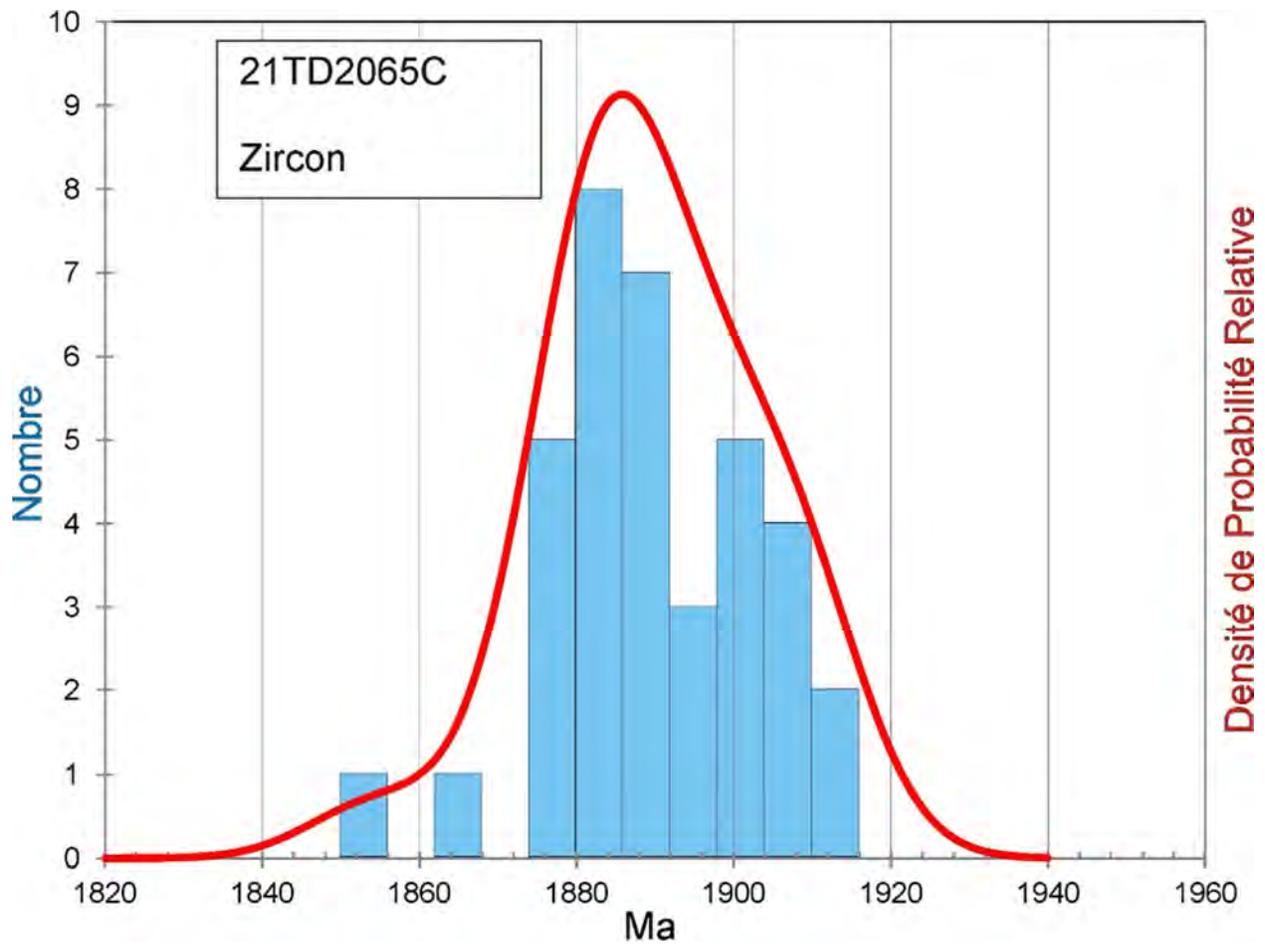


Figure 4.4.4 – Diagramme de densité de probabilité relative et histogramme des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons de l'échantillon 2021-TD-2065C.

#### 4.5 – 2021-TD-2086A Gabbro rubanée

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme des petits grains trapus et de fragments arrondis et frais (figure 4.5.1). Les images en CL montrent des zones oscillatoires typiques des zircons cristallisés à partir de magmas felsiques. On n'observe pas d'évidences de noyaux ou de surcroissances (figure 4.5.2).

Les analyses U-Pb forment un groupe dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1875 \pm 3$  Ma (MSWD = 1,3, figure 4.5.3) qui représente la meilleure estimation de l'âge magmatique de l'intrusion.

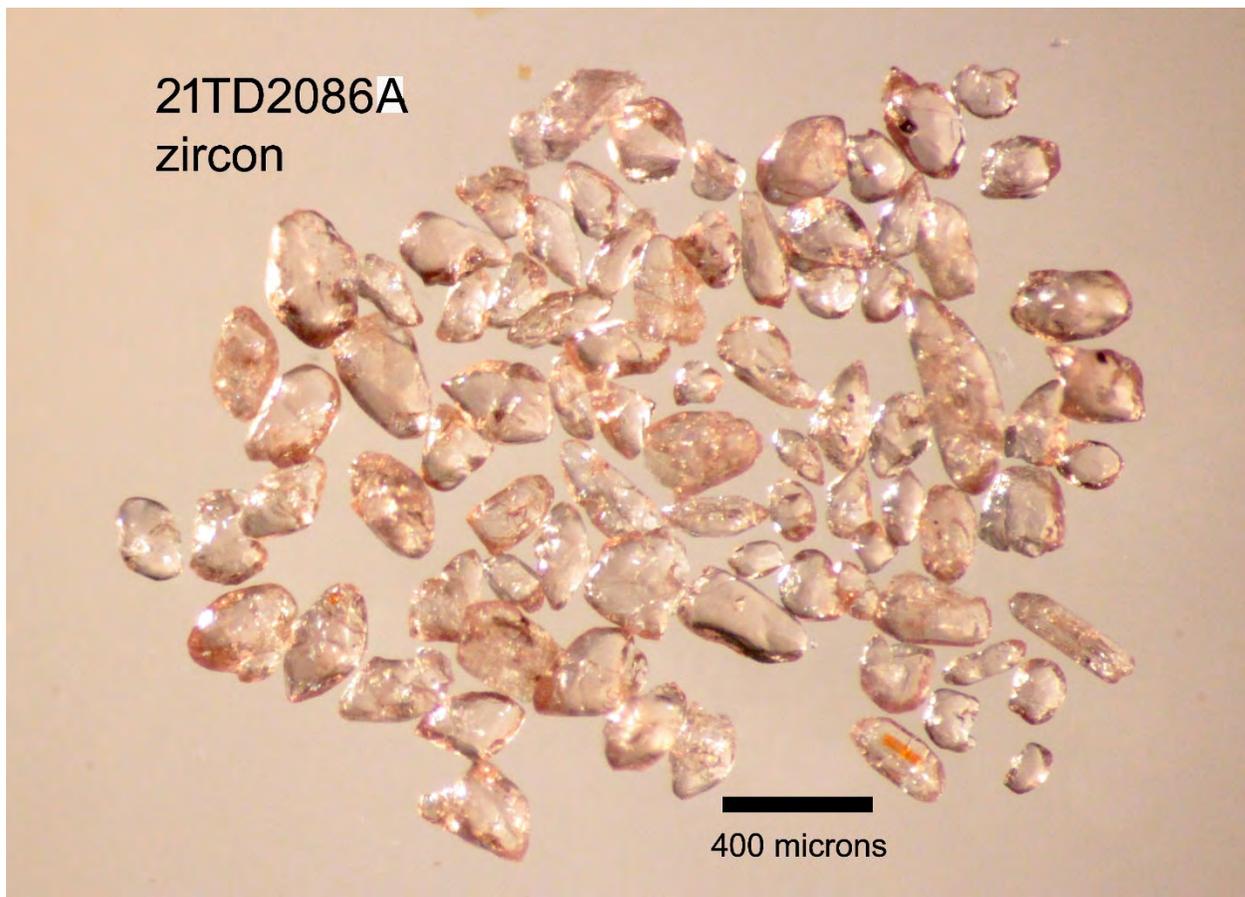


Figure 4.5.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de gabbro 2021-TD-2086A.

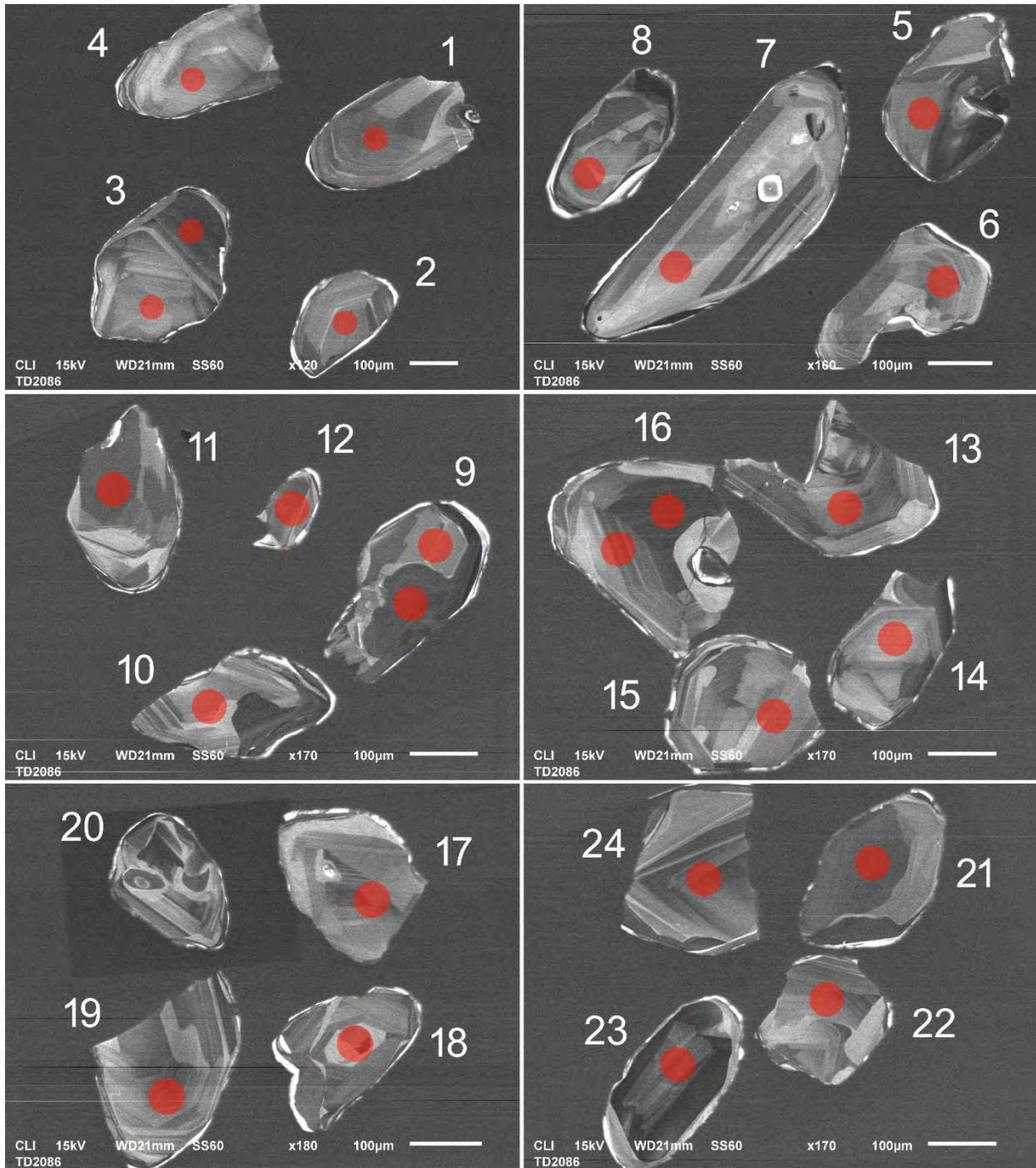


Figure 4.5.2 – Images en CL des zircons polis de l'échantillon de gabbro 2021-TD-2086A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

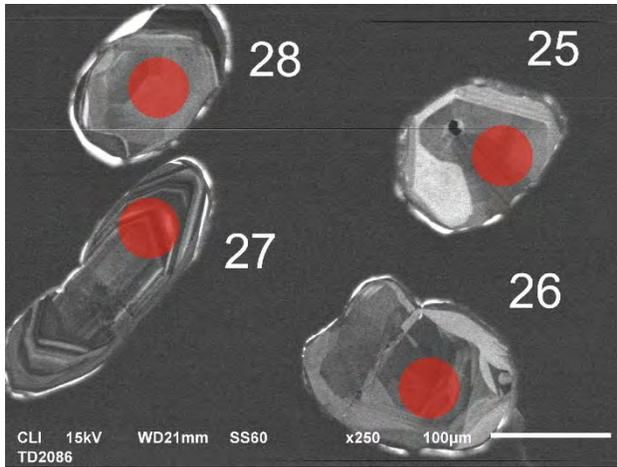


Figure 4.5.2 (suite) – Images en CL des zircons polis de l'échantillon de gabbro 2021-TD-2086A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

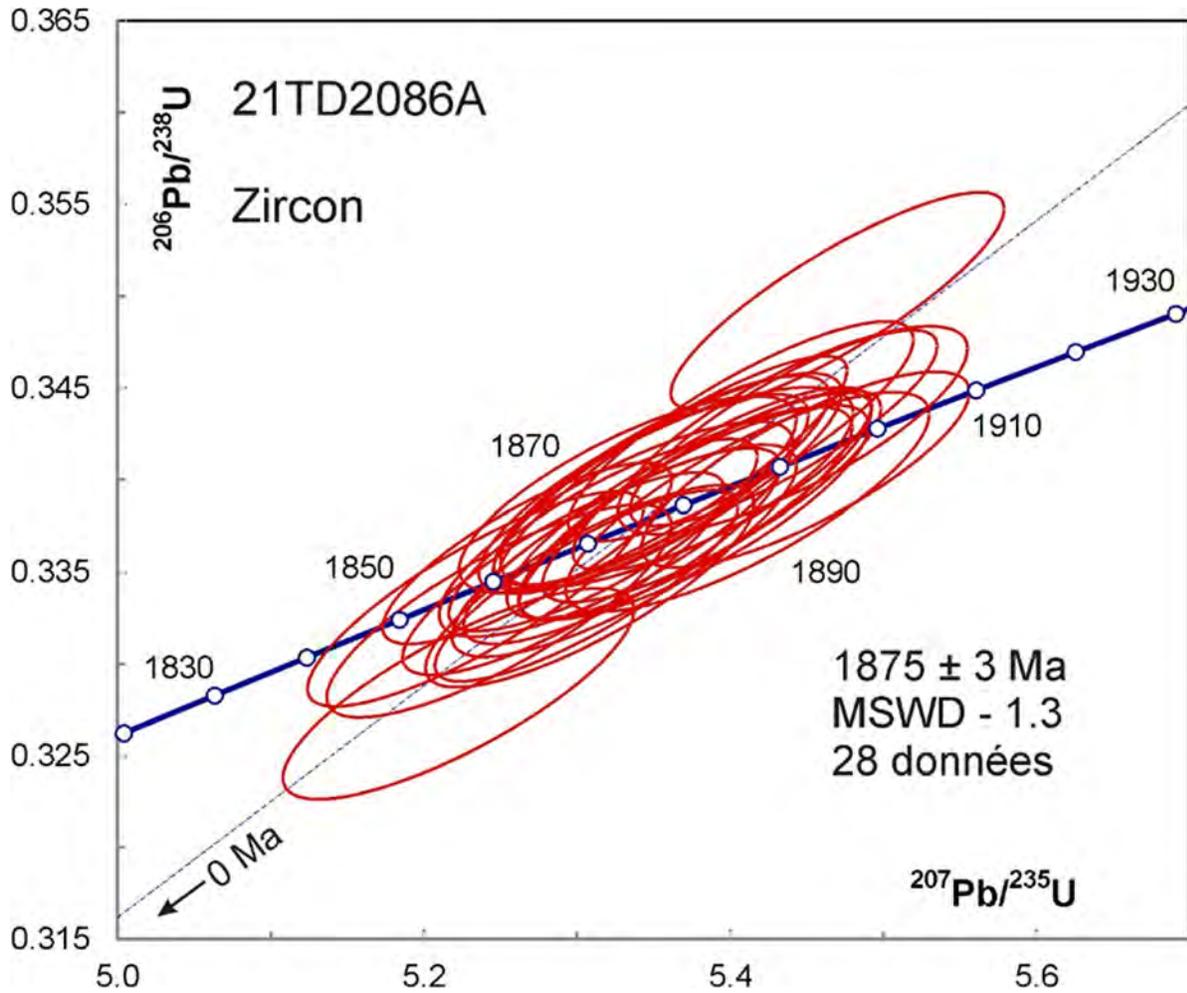


Figure 4.5.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-TD-2086A.

#### 4.6 – 2021-GM-3066A Dyke de granite folié recoupant les basaltes du Groupe de Watts

Cet échantillon contenait beaucoup de pyrite et n'a donné qu'une petite quantité de zircons sous la forme de prismes pour la plupart altérés (figure 4.6.1). Les images en BSE montrent une altération qui affecte les domaines riches en U (figure 4.6.2).

Les analyses U-Pb des domaines sans altération visible en surface donnent des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  variables, mais les analyses sont surtout groupées dans la partie jeune de la distribution autour d'une moyenne de  $1841 \pm 10$  Ma (figure 4.6.3). Bien que l'accord des âges est marginal, (MSWD = 2,1), il s'agit de la meilleure estimation pour l'âge de mise en place du dyke. La roche contient du rutile noir, mais sa teneur en U est trop basse pour une datation.



Figure 4.6.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de dyke granitique 2021-GM-3066A.

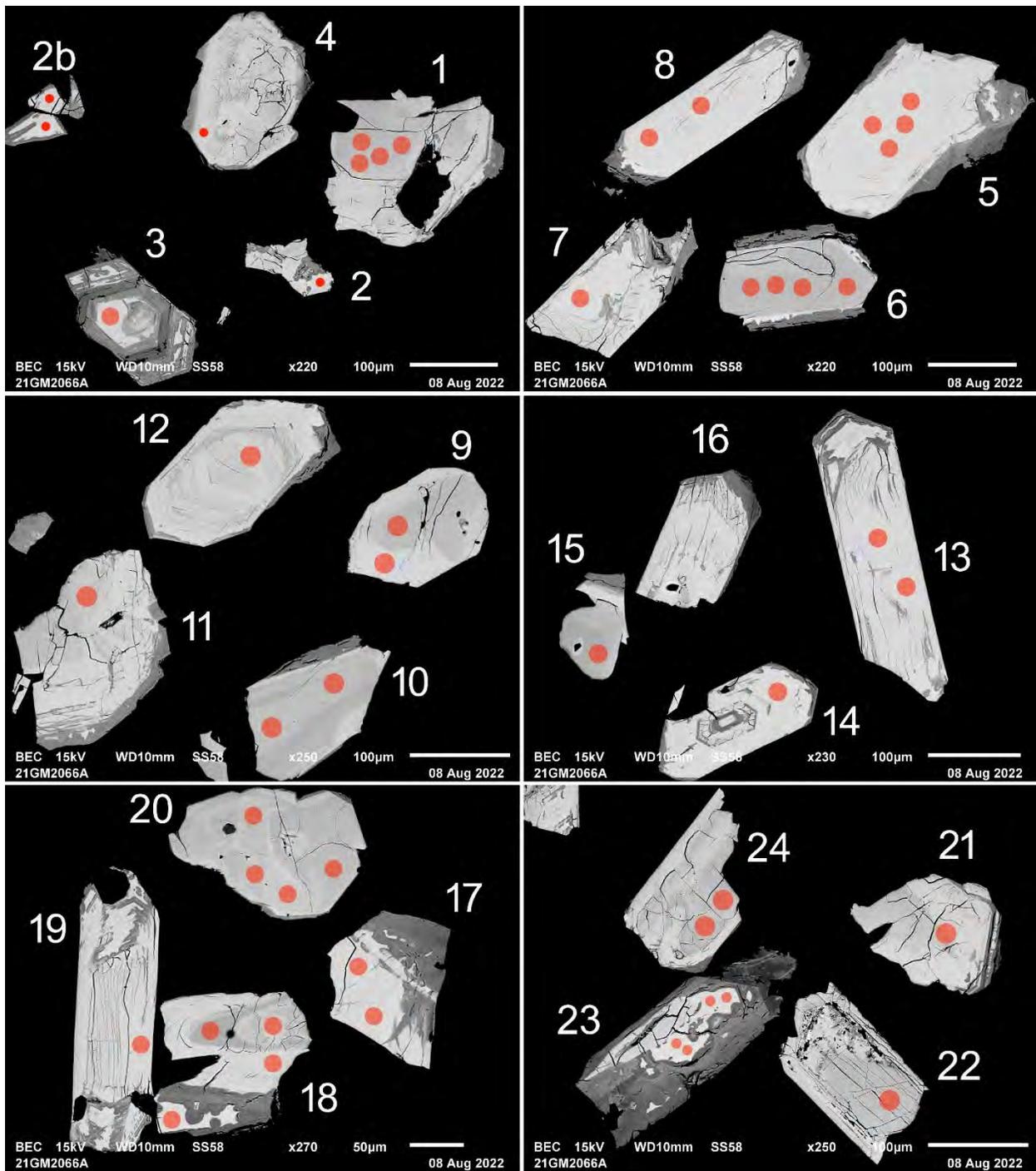


Figure 4.6.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de dyke granitique 2021-GM-3066A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

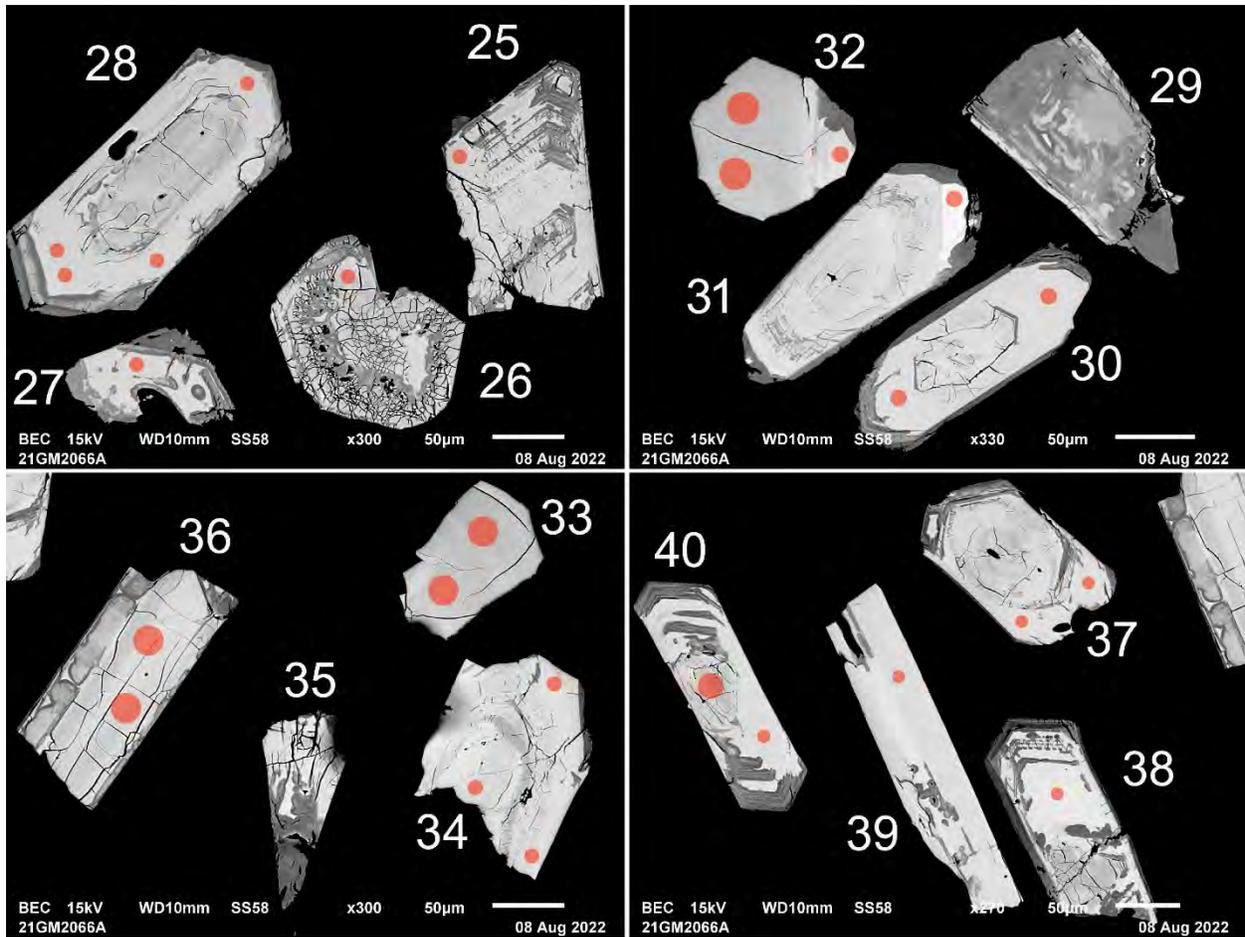


Figure 4.6.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de dyke granitique 2021-GM-3066A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

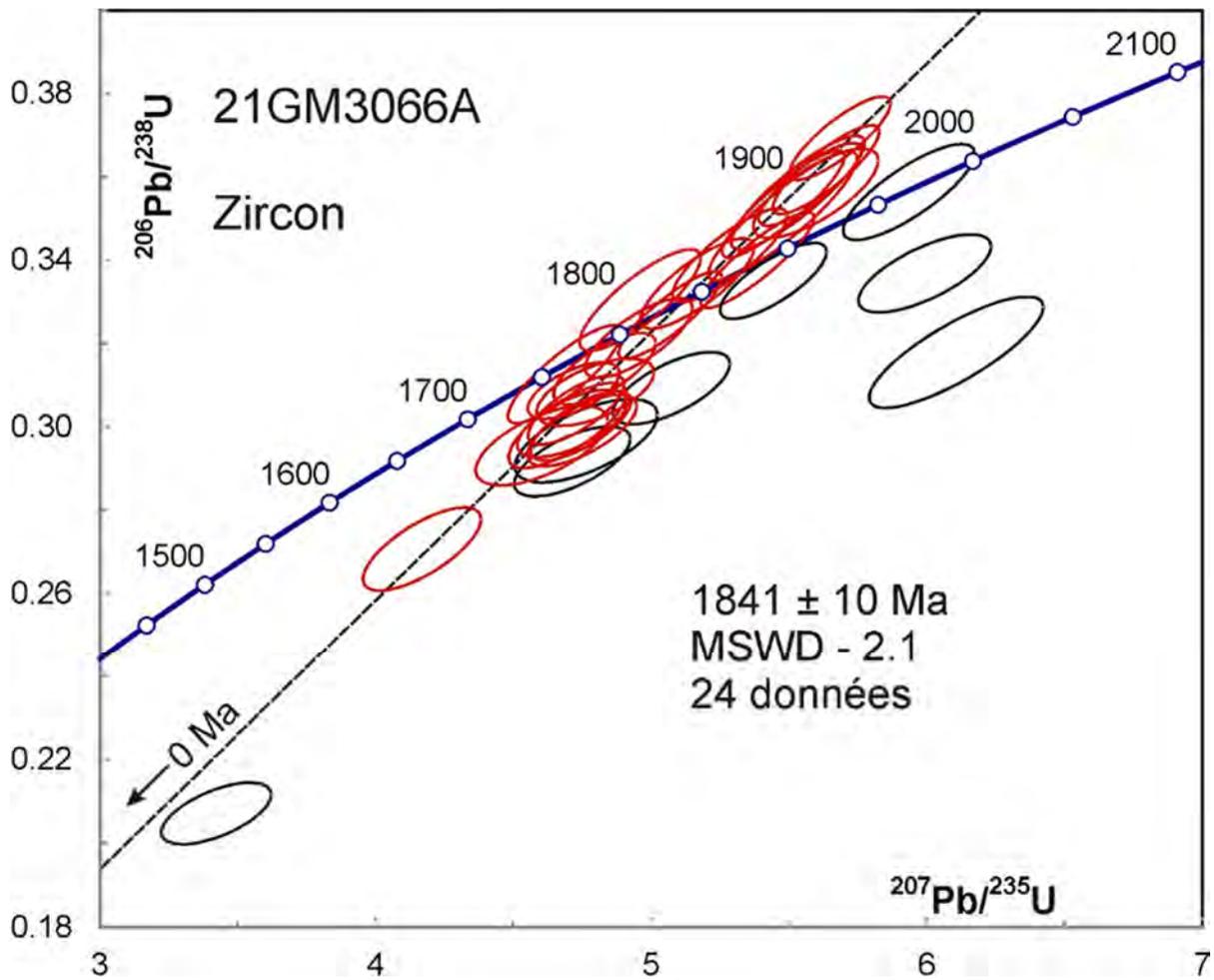


Figure 4.6.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-GM-3066A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## **5. Grenville–Île-du-Grand-Calumet**

### **5.1 – 2021-CB-1063A Monzonite quartzifère**

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de prismes contenant des noyaux altérés (blancs) et des surcroissances fraîches (transparentes, figure 5.1.1). Les images en BSE indiquent que les noyaux sont riches en U et partiellement altérés, alors que les surcroissances fêlées montrent un contenu en U plus faible (figure 5.1.2).

Les analyses U-Pb des noyaux ont des rapports Th/U faibles ( $< 0,1$ ), tandis que ces rapports dans les surcroissances sont plus élevés et typiques des zircons magmatiques. La plupart des analyses effectuées dans les domaines frais riches en U avec des rapports Th/U faibles s'accordent avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1240 \pm 6$  Ma. Cet âge représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de la monzonite quartzifère. Bien que les rapports Th/U  $< 0,1$  indiquent normalement une origine métamorphique, les évidences pétrographiques démontrent que la cristallisation des domaines avec des rapports Th/U faibles ( $< 0,1$ ) précède ceux avec des rapports plus élevés (Th/U  $> 0,1$ ). Cela semble indiquer que la cristallisation a commencé à partir d'un liquide caractérisé par des teneurs en U élevées et des teneurs en Th relativement faibles. Les zircons montrant des rapports Th/U faibles et des concentrations en U élevées peuvent se former à la suite de la cristallisation d'un magma provenant de la fusion d'un sédiment. Dans ce cas, une grande partie du Zr reste immobilisée dans le zircon détritique et la saturation en Zr du magma est atteinte tard dans son évolution. La cristallisation précoce de la monazite est commune dans ces conditions, ce qui réduit la concentration en Th au cours de la cristallisation tardive du zircon. Un apport tardif de magma d'origine mantellique pourrait expliquer les surcroissances avec des rapports Th/U magmatiques normaux.



Figure 5.1.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de monzonite quartzifère 2021-CB-1063A.

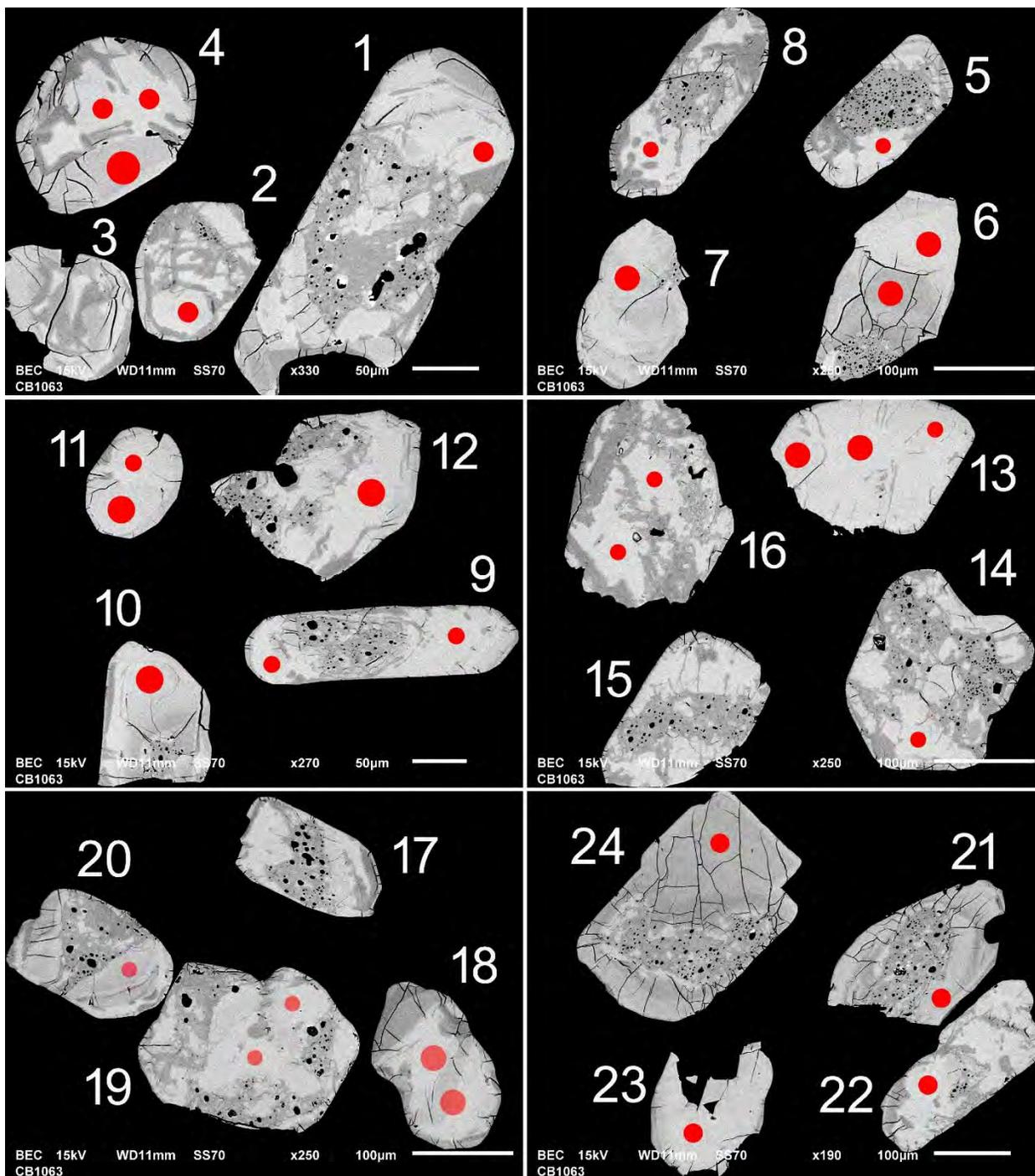


Figure 5.1.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzonite quartzifère 2021-CB-1063A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS; les plus grands ont un diamètre de 25 µm.

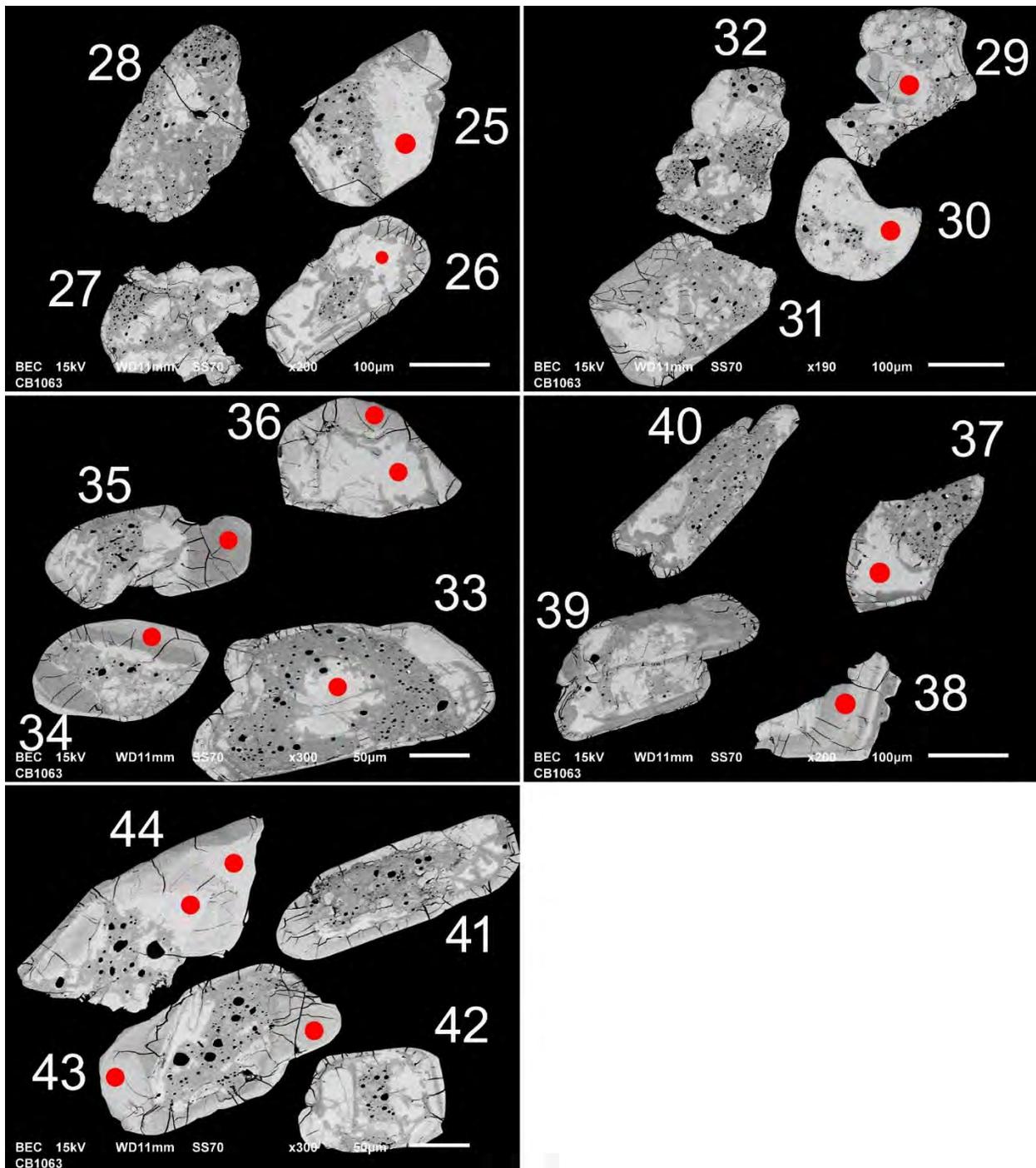


Figure 5.1.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzonite quartzifère 2021-CB-1063A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS; les plus grands ont un diamètre de 25 µm.

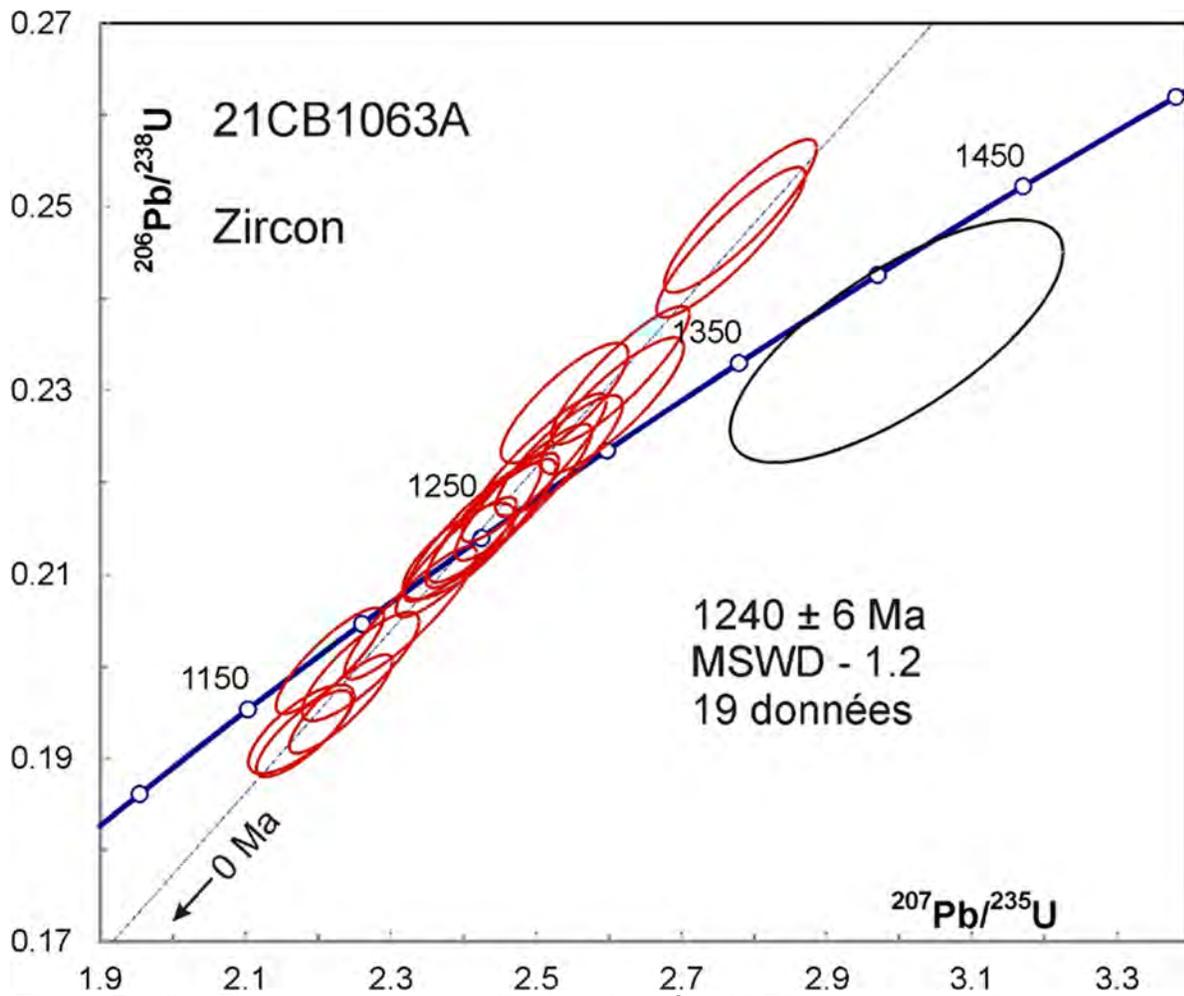


Figure 5.1.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-CB-1063A. Les données de l'ellipse en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 5.2 – 2021-CB-1124A Gneiss granodioritique

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de petits prismes fracturés (figure 5.2.1). Au départ, les analyses ont été réalisées dans les domaines clairs des grains entiers fixés sur du ruban adhésif (figure 5.2.2). Les résultats sont plutôt difficiles à interpréter, en partie à cause de la présence d'une altération indiquée par des concentrations élevées de Sr et des analyses discordantes (figure 5.2.3). Dix analyses pauvres en Sr forment un groupe dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1203 \pm 7$  Ma. Les rapports Th/U sont plutôt faibles, autour de 0,1, et on observe une zonation des rapports Th/U dans quelques grains (p. ex. CB1124-1 et 3, voir les profils analytiques). Ces grains ont été montés dans l'époxy et polis pour de nouvelles analyses. Les images en BSE indiquent des zonations oscillatoires avec une altération dans les domaines riches en U (figure 5.2.4). En évitant les zones altérées, les nouvelles analyses sont quasi concordantes et s'accordent avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1222 \pm 10$  Ma (figure 5.2.5). Il est bon de noter que les analyses présentant des rapports Th/U faibles sont ici moins nombreuses probablement parce que l'on a évité les domaines à forte concentration en U où l'altération est plus importante.

La population de zircons de cet échantillon est comparable à celle de l'échantillon précédent 2021-CB-1063A qui présente des évidences de l'existence de deux magmas caractérisés par des rapports Th/U différents.

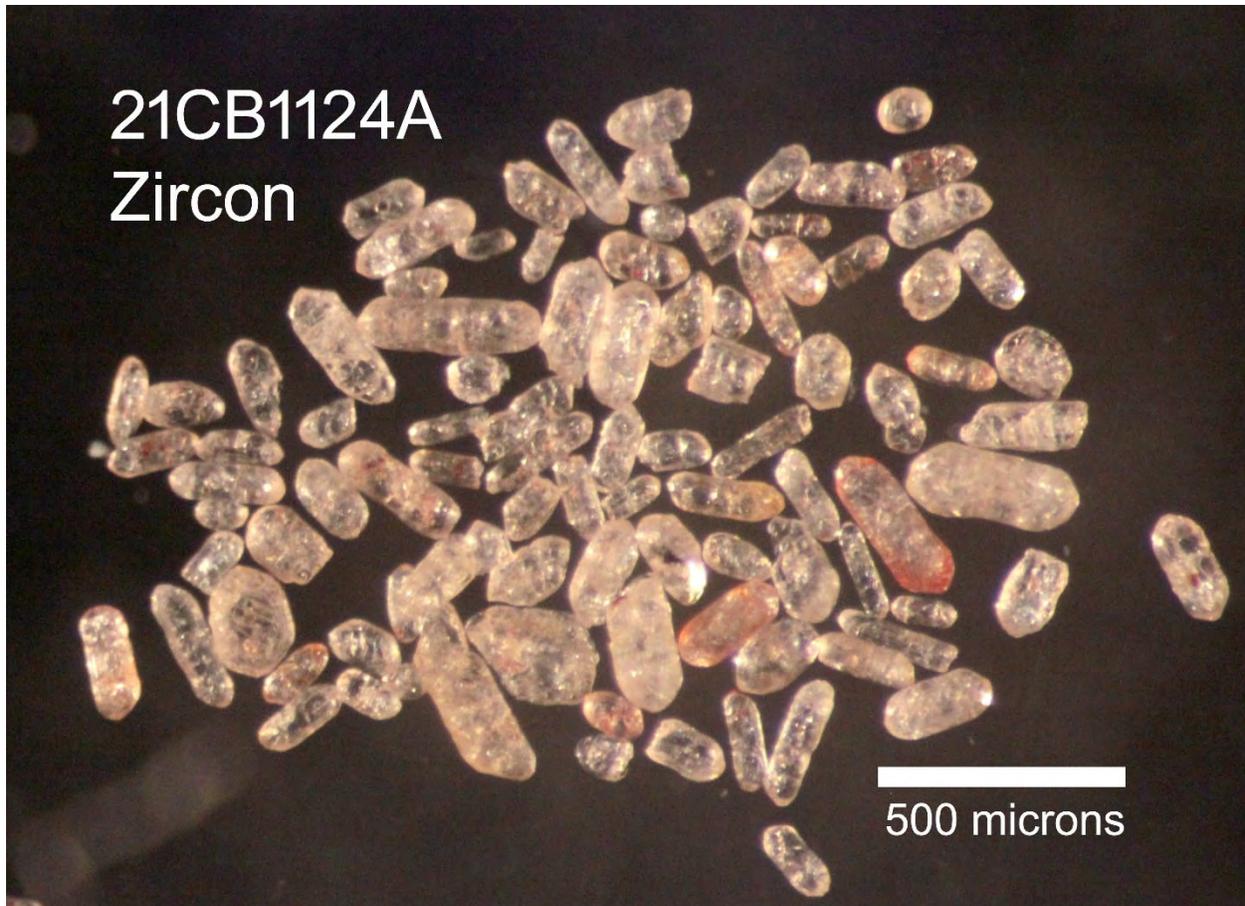


Figure 5.2.1 – Zircons sélectionnés à partir du gneiss granodioritique 2021-CB-1124A.

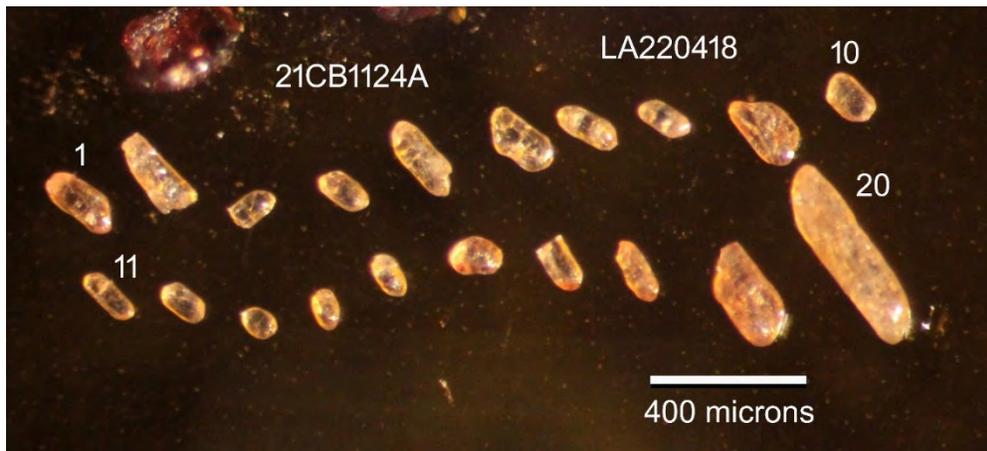


Figure 5.2.2 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de gneiss granodioritique 2021-CB-1124A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées sur les domaines les plus transparents.

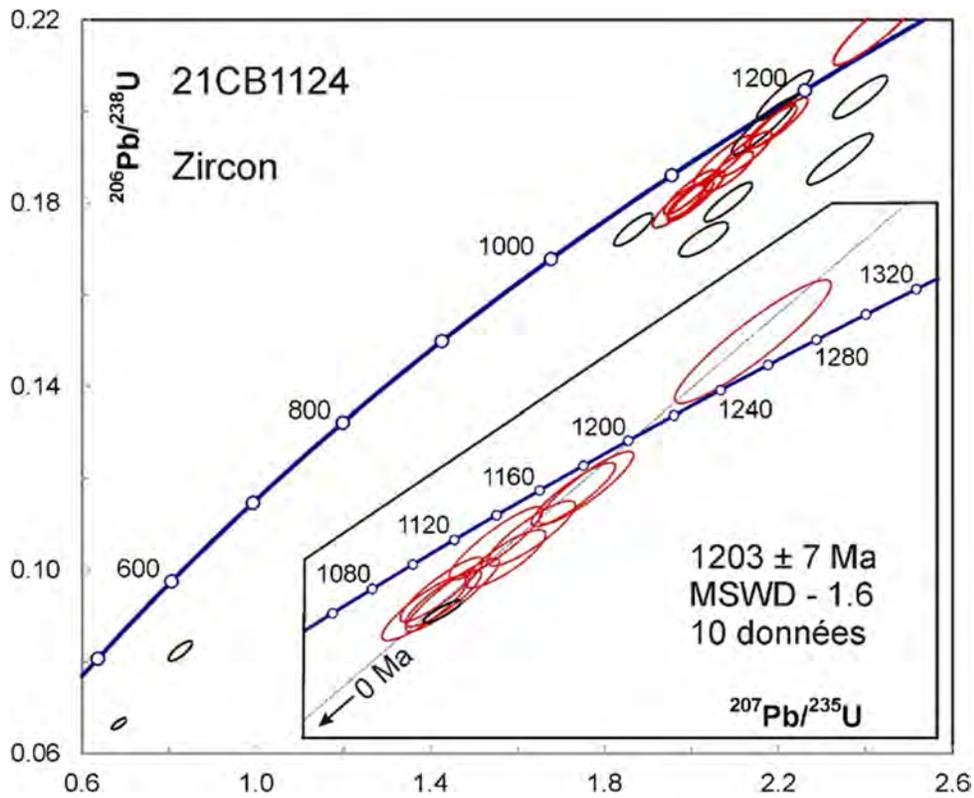


Figure 5.2.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons entiers de l'échantillon 2021-CB-1124A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

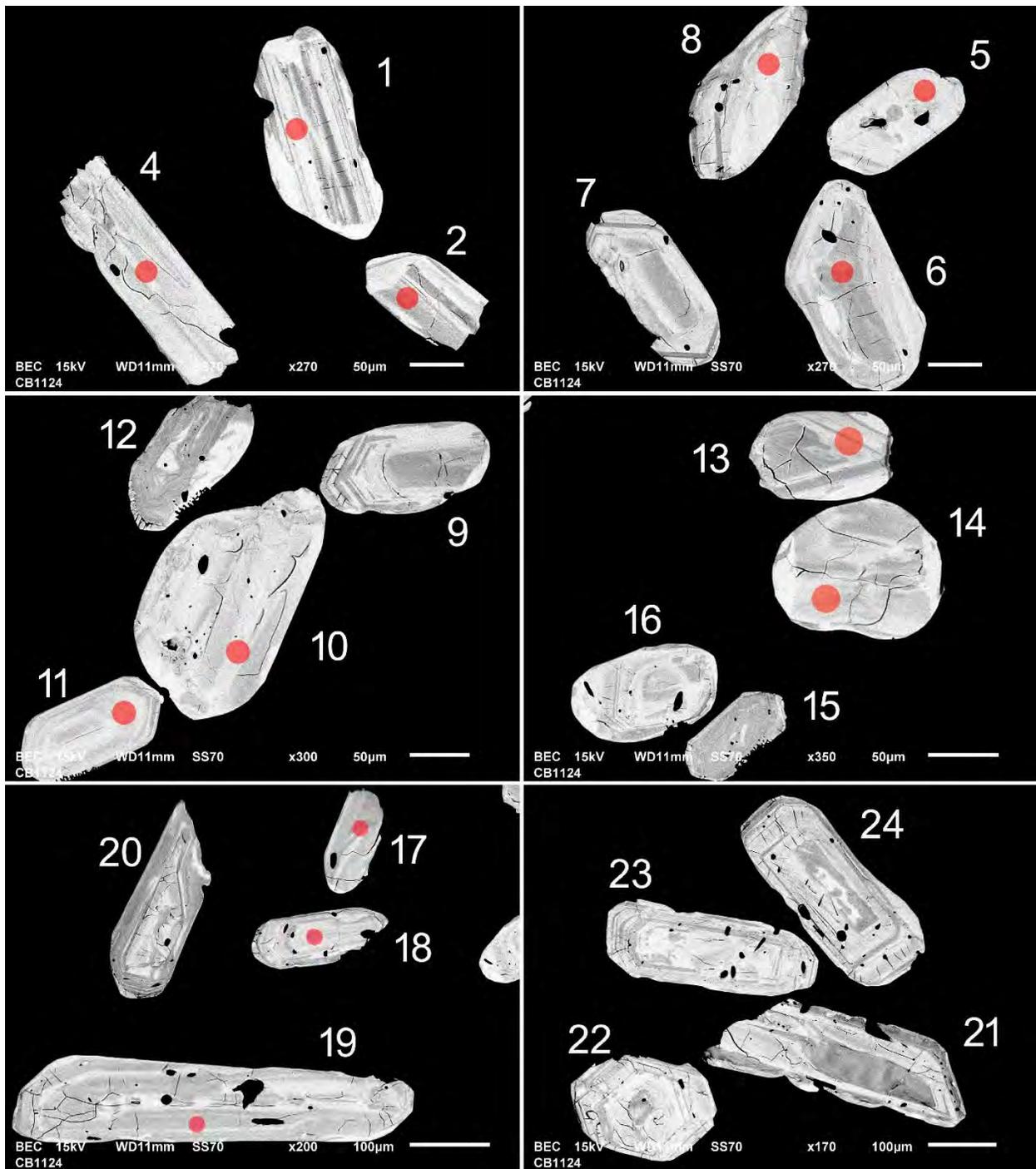


Figure 5.2.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de gneiss granodioritique 2021-CB-1124A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

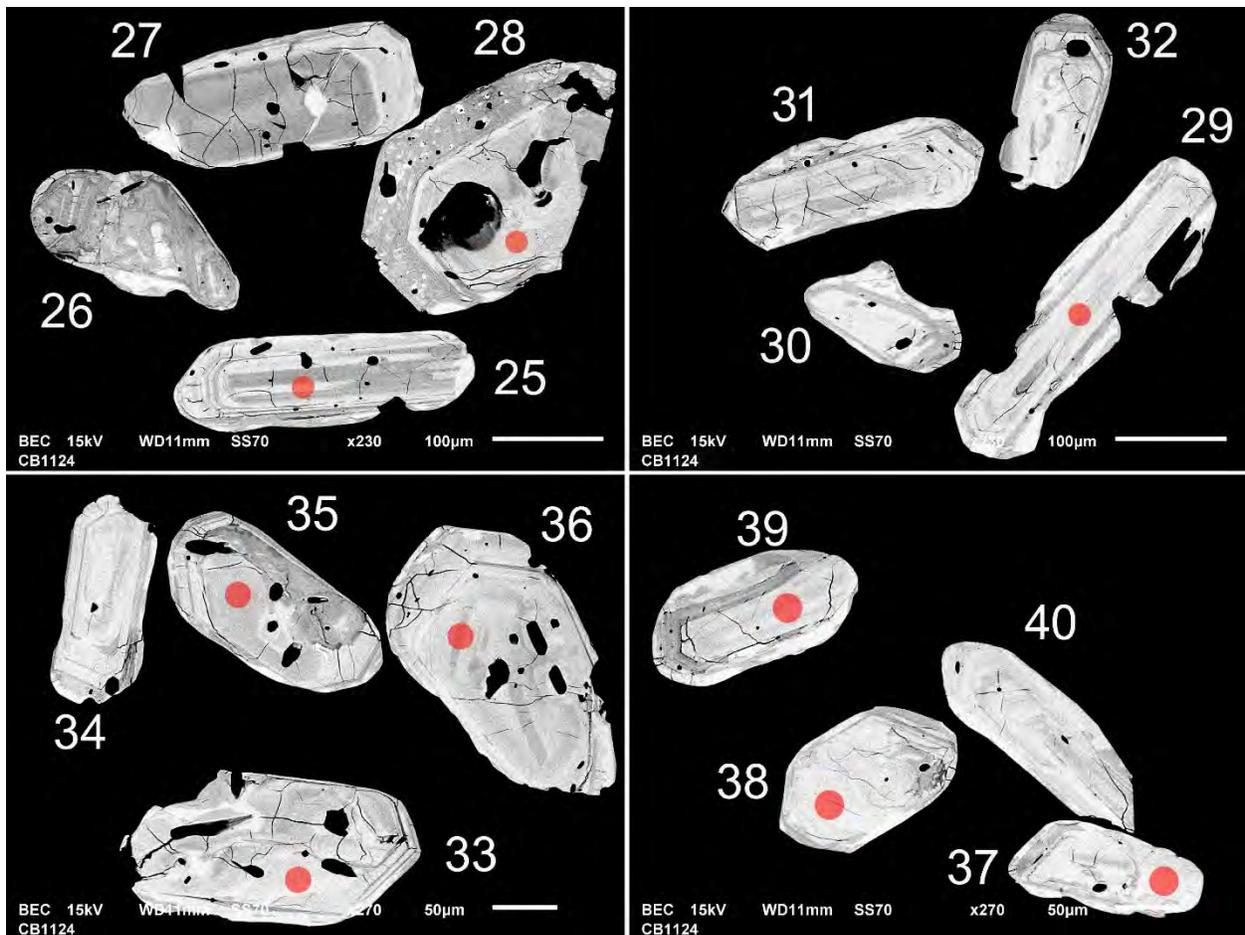


Figure 5.2.4 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de gneiss granodioritique 2021-CB-1124A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

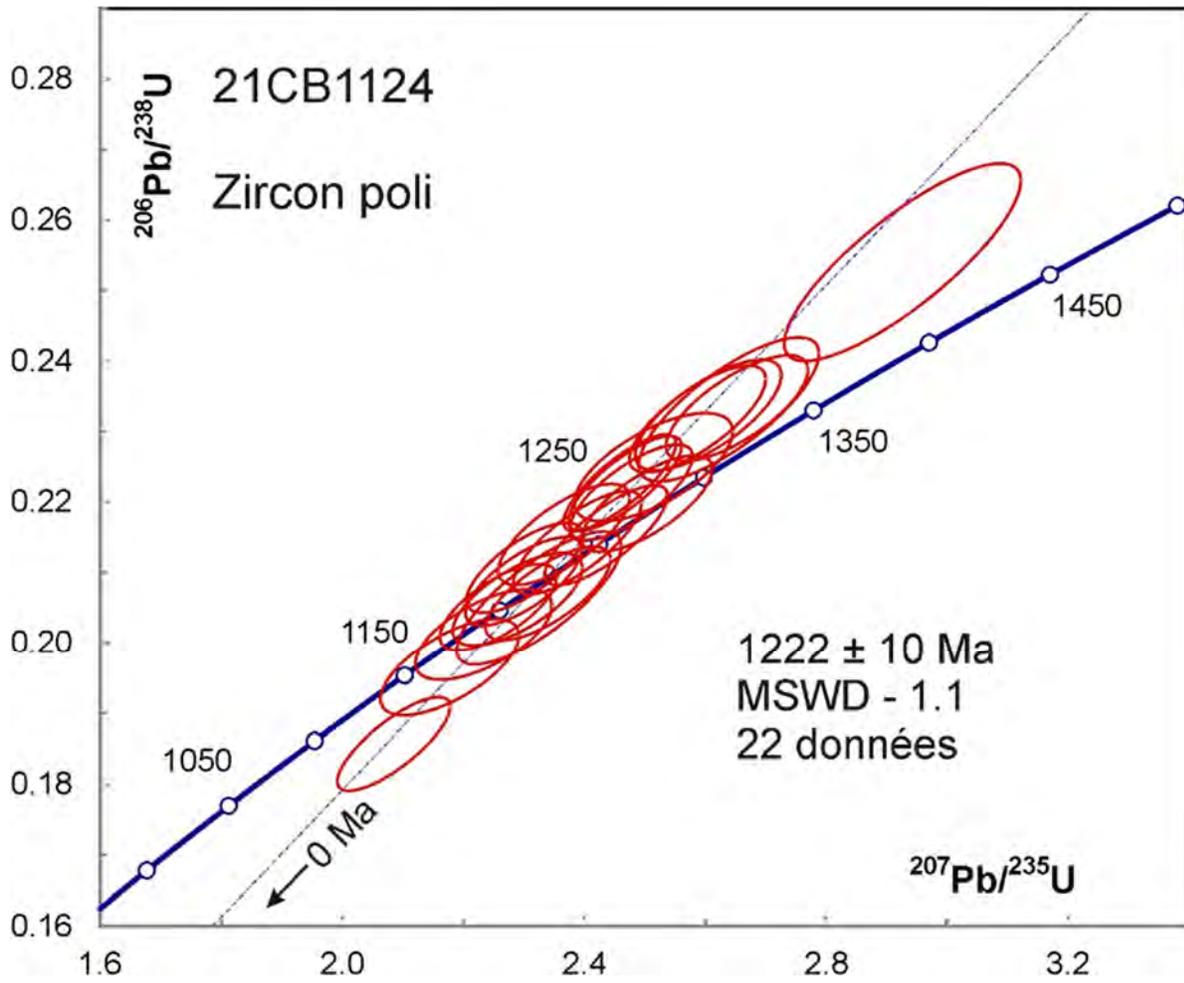


Figure 5.2.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons polis de l'échantillon 2021-CB-1124A.

### 5.3 – 2021-CB-1155A Monzodiorite quartzifère

Cet échantillon contenait beaucoup de pyrite et une quantité modérée de zircons sous la forme des prismes courts et arrondis en partie fêlés et altérés (figure 5.3.1). Les cristaux les plus petits sont les moins altérés et ont donc été montés sur du ruban adhésif (figure 5.3.2). Des grains plus grands, mais aussi plus altérés, ont été polis et imagés en BSE (figure 5.3.3). Les images en BSE montrent des grains avec des zones oscillatoires parfois entourées de zones métamictes et en partie altérées (p. ex. grains 9, 12 et 19).

Il arrive que des surcroissances soient trop minces en section polie pour permettre une analyse par ablation. L'avantage des analyses de grains entiers est de permettre la mesure des rapports Th/U en fonction de la profondeur d'ablation (figure 5.3.4). On peut ainsi obtenir les âges des surcroissances et des noyaux en calculant séparément les données du début et de la fin de l'ablation. De cette façon, deux groupes d'âge ont été mis en évidence, un premier associé à des rapports Th/U  $< 0,1$  (zircon métamorphique) et un second, plus en profondeur, caractérisé par des rapports Th/U magmatiques. L'âge magmatique est de  $1195 \pm 7$  Ma et l'âge métamorphique de  $1042 \pm 19$  Ma. On a omis de ces calculs quelques données intermédiaires qui résultent probablement d'une combinaison de ces deux composantes (figure 5.3.5).

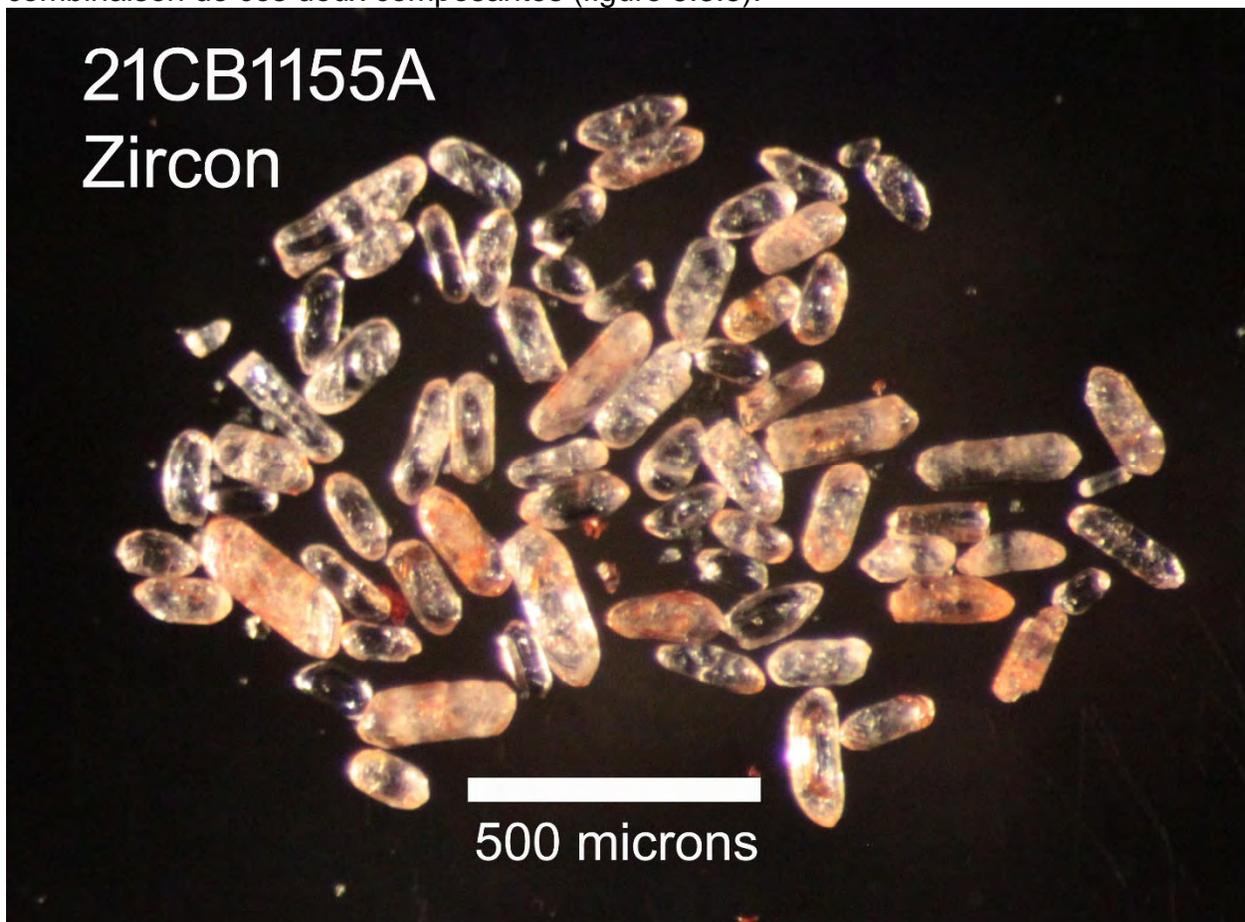


Figure 5.3.1 – Zircons sélectionnés de la monzodiorite quartzifère 2021-CB-1155A.

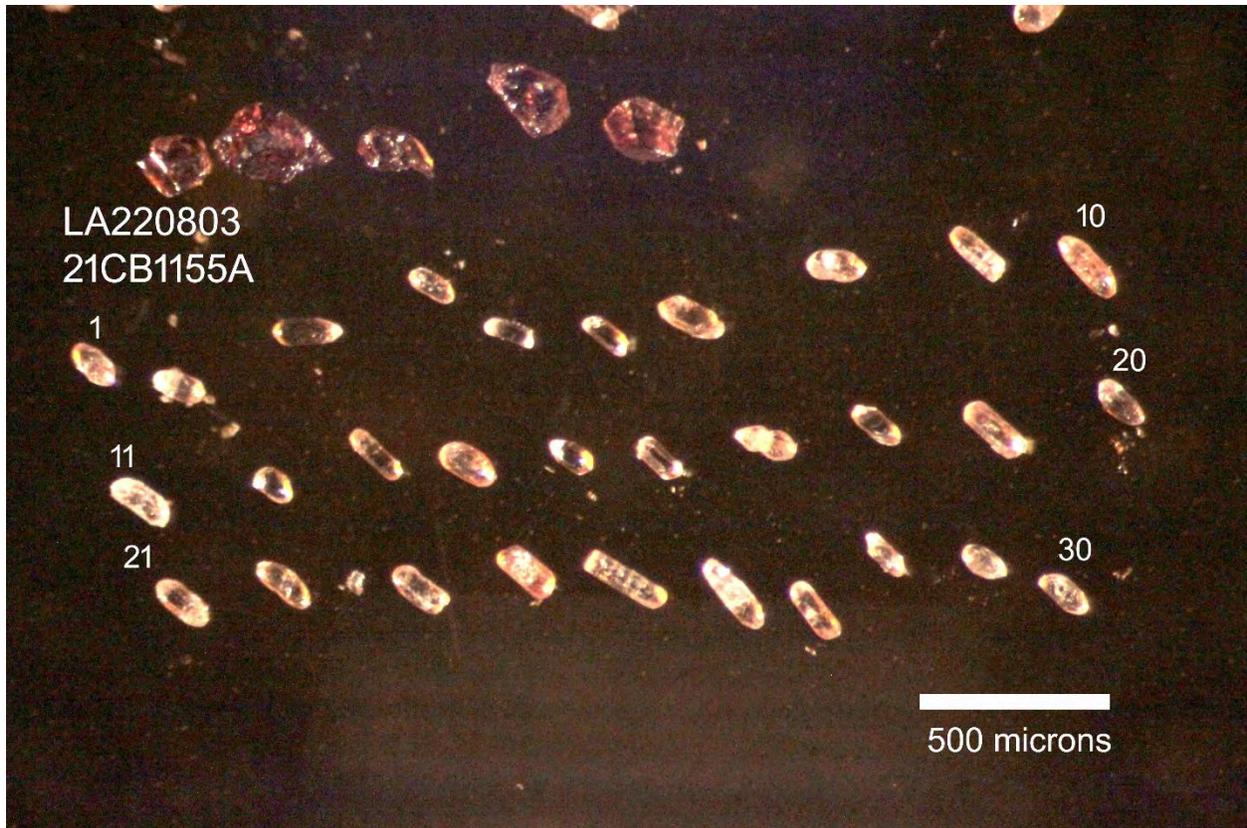


Figure 5.3.2 – Zircons sélectionnés de la monzodiorite quartzifère 2021-CB-1155A et fixés sur du ruban adhésif. Les analyses ont été réalisées sur les domaines les plus transparents.

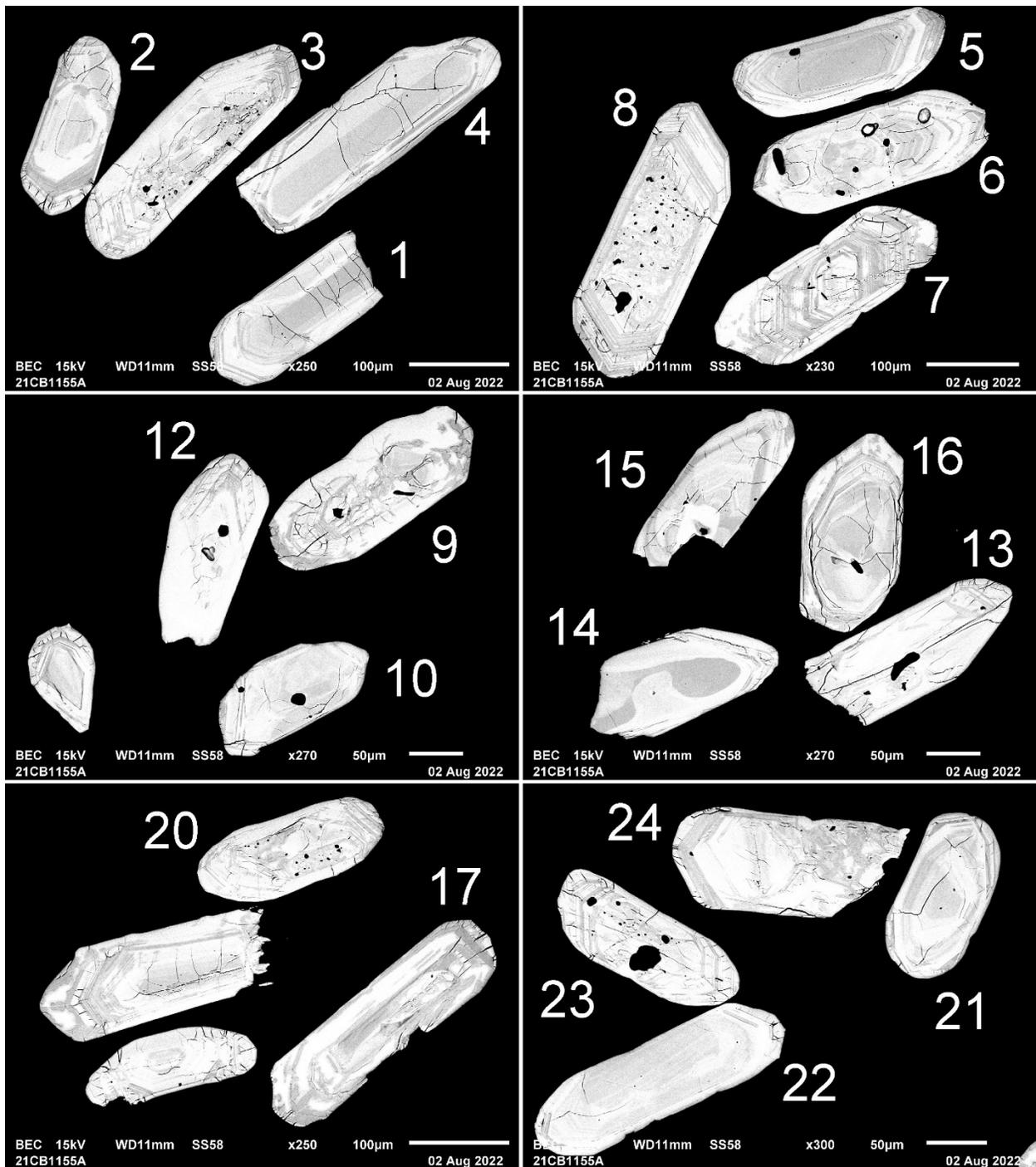


Figure 5.3.3 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite quartzifère 2021-CB-1155A.

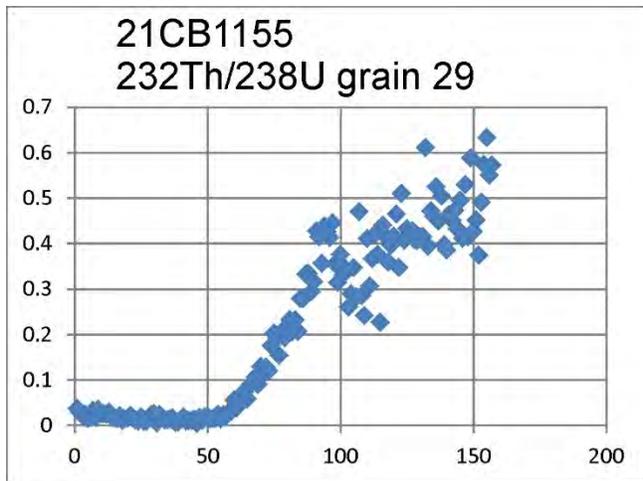


Figure 5.3.4 – Diagramme des rapports Th/U en fonction de la profondeur d'ablation durant l'analyse du grain 29 de la monzodiorite quartzifère 2021-CB-1155A.

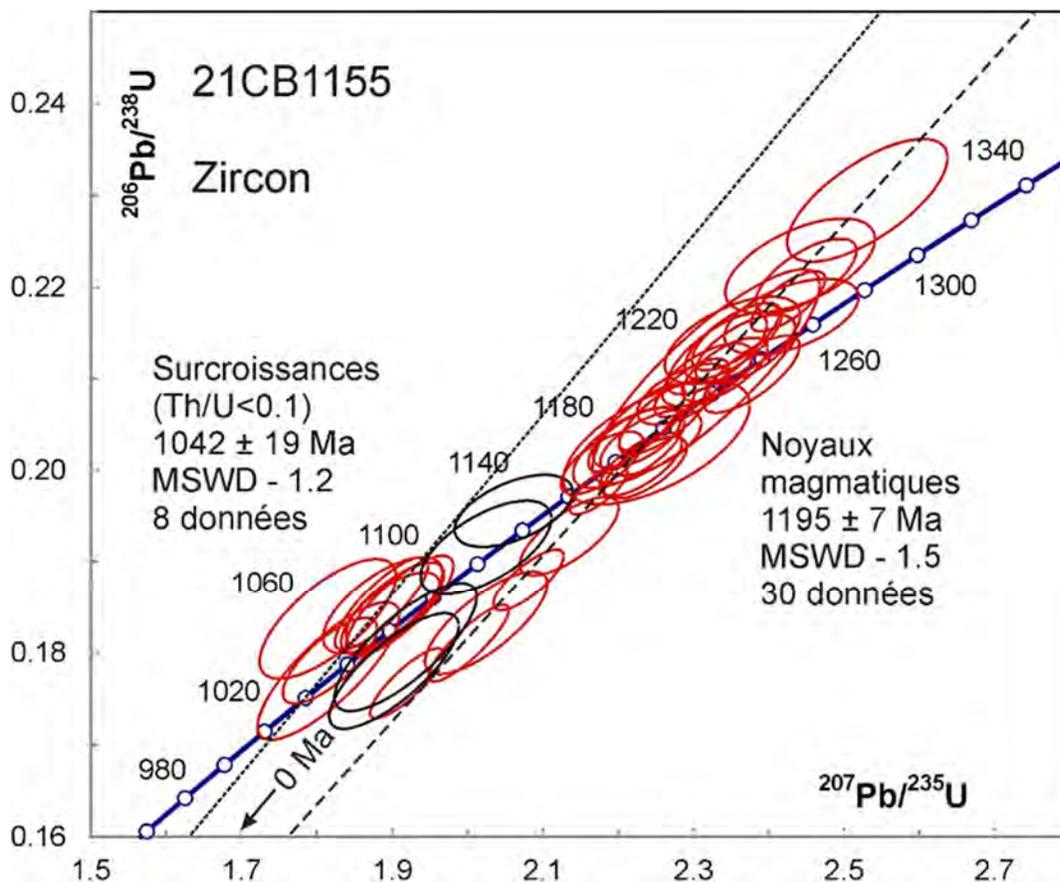


Figure 5.3.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-CB-1124A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

#### 5.4 – 2021-CB-1238B Quartzite

Les séparations de minéraux lourds de cet échantillon contenaient une grande quantité de pyrite qui a été dissoute dans l'acide nitrique. On a ainsi obtenu une population de titanites brunâtres (figure 5.4.1) et plusieurs grains incolores, dont un zircon qui a été monté dans l'époxy et poli (figure 5.4.2).

Trois analyses U-Pb de ce grain de zircon s'accordent dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1203 \pm 7$  Ma (figure 5.4.3). Une autre analyse plus vieille provient peut-être d'un noyau hérité sous la surface polie. Puisque les rapports Th/U indiquent une origine magmatique, l'âge obtenu constitue la limite supérieure pour la déposition du sédiment.

Les titanites (figure 5.4.4) contiennent communément du plomb commun, ce qui pousse les données le long d'une ligne de mélange entre la composition radiogénique sur concordia et la composition  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de la composante de plomb commun. Sur le diagramme de Wetherhill, les analyses contenant du plomb commun seraient donc déplacées vers la droite et le haut. Dans le cas présent, la plupart des analyses sont concordantes (figure 5.4.5), ce qui signifie probablement un faible contenu en plomb commun. L'âge moyen peut être estimé en calculant la moyenne des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  les plus jeunes qui est de  $1091 \pm 12$  Ma. Le facteur de discrimination entre le Pb et le U de la titanite n'est pas très grand; les titanites d'origine magmatique montrent donc des rapports Th/U semblables à celui de la croûte, soit environ 4. Les rapports Th/U très faibles ( $< 0,1$ ) obtenus ici indiquent que la titanite est d'origine métamorphique.

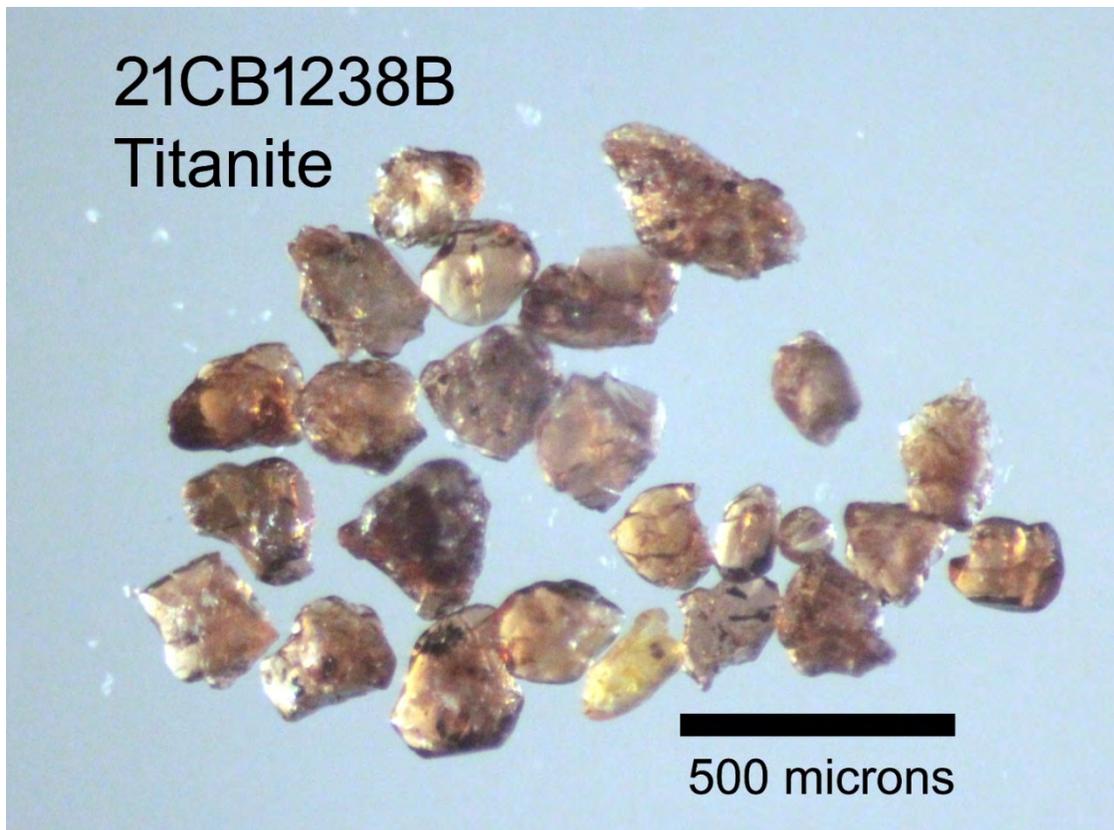


Figure 5.4.1 – Titanites sélectionnées à partir du quartzite 2021-CB-1238B.

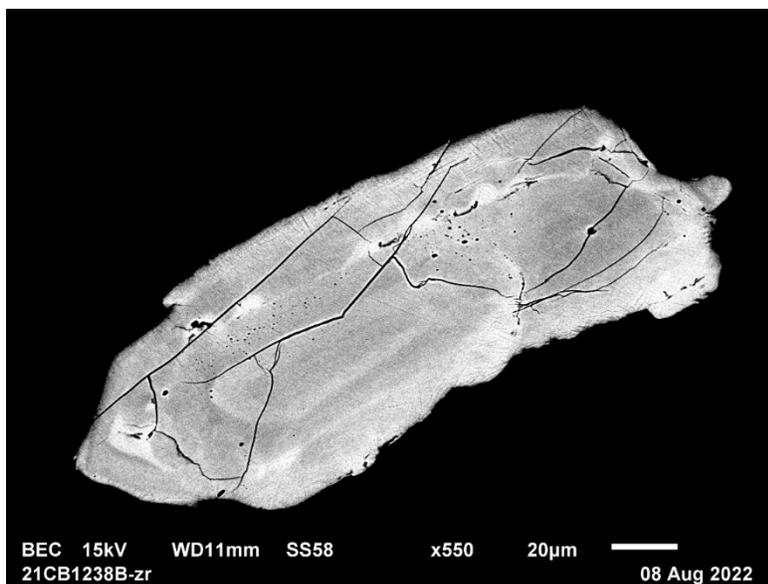


Figure 5.4.2 – Image en BSE d'un zircon poli de l'échantillon de quartzite 2021-CB-1238B.

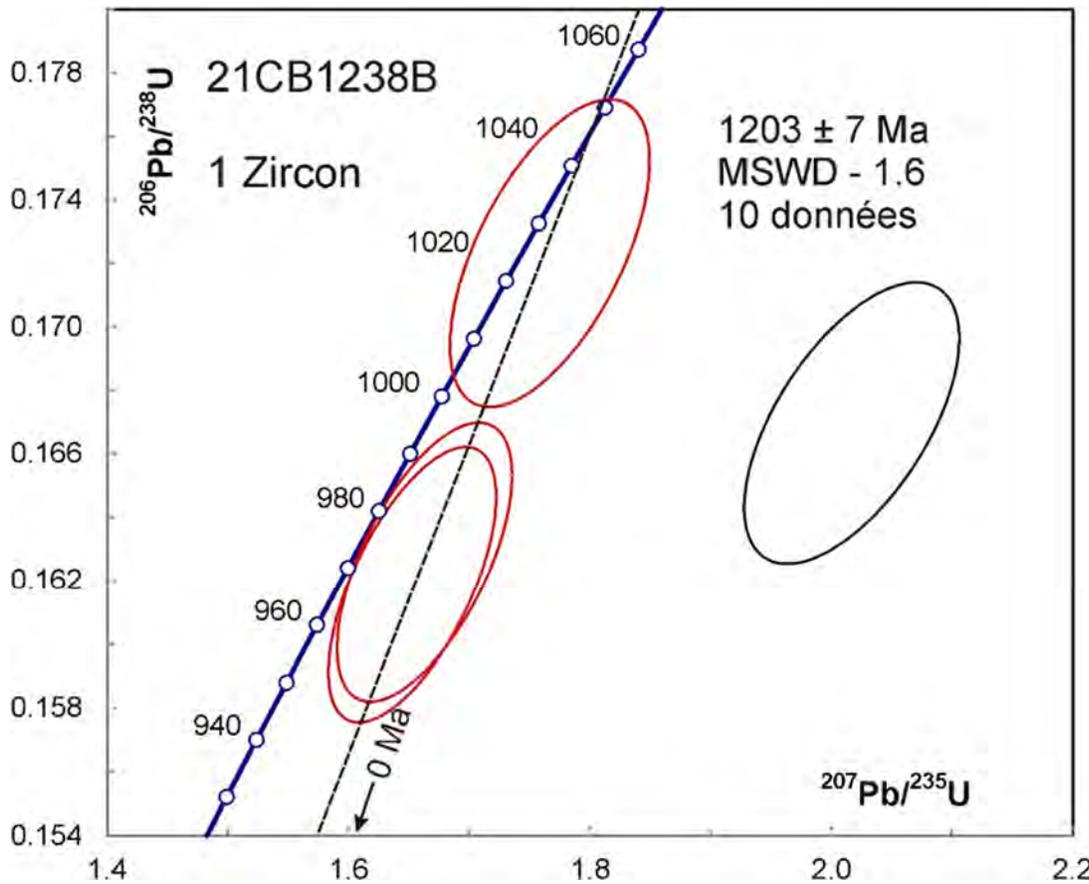


Figure 5.4.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues pour un zircon de l'échantillon de quartzite 2021-CB-1238B. Les données de l'ellipse en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

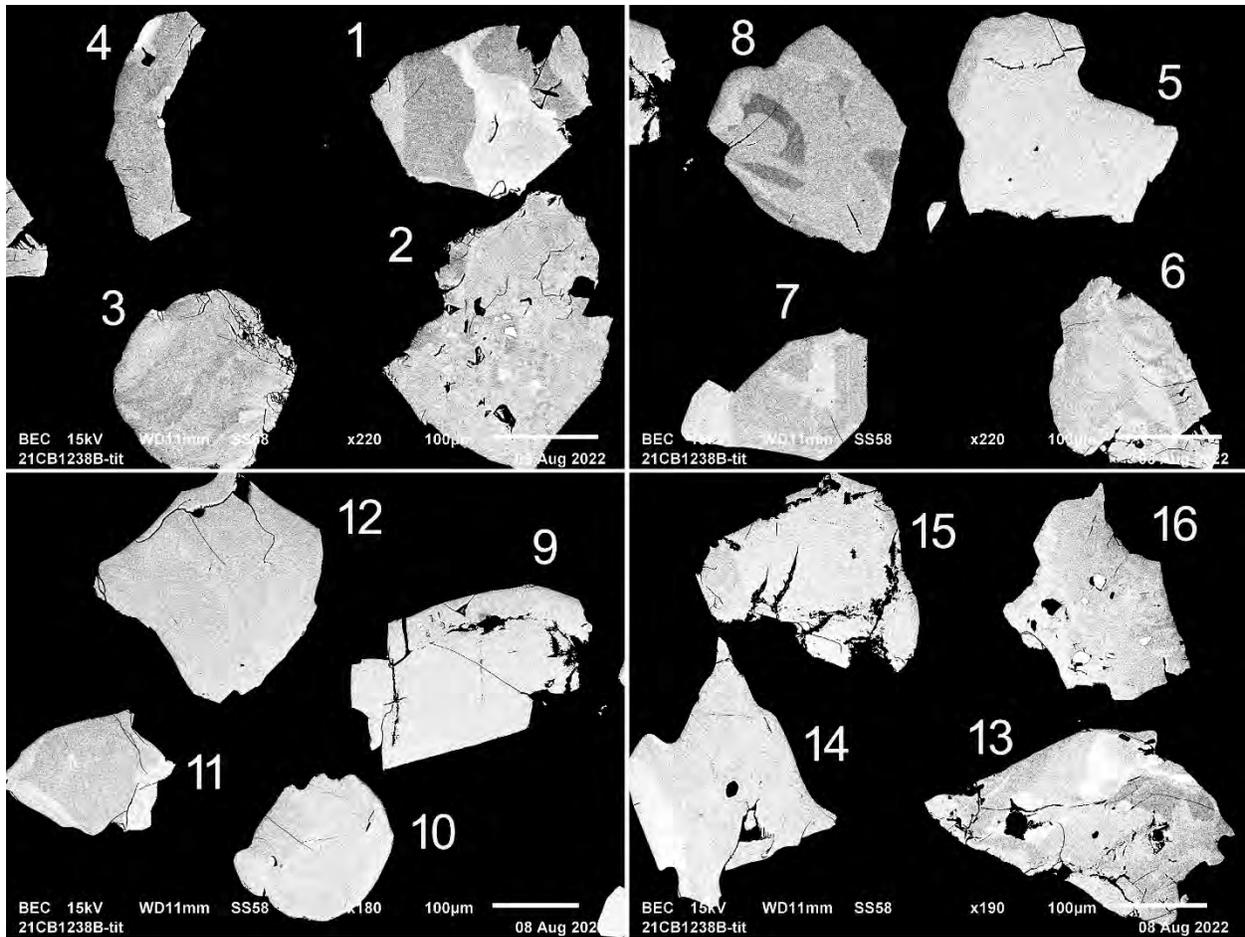


Figure 5.4.4 – Images en BSE des titanites polies de l'échantillon de quartzite 2021-CB-1238B.

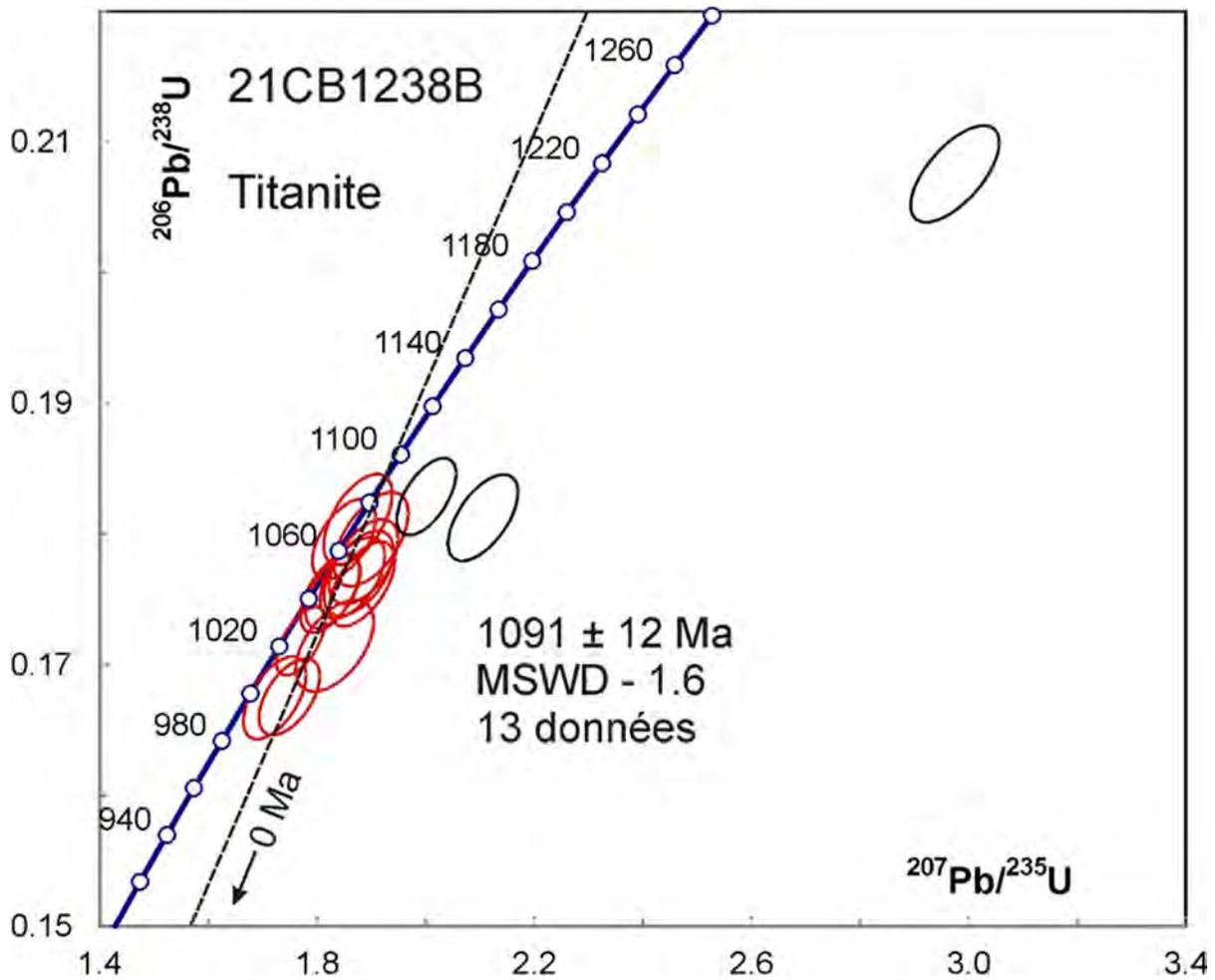


Figure 5.4.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des titanites de l'échantillon de quartzite 2021-CB-1238B. Les données des ellipses en noir sont affectées par le Pb commun et ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 5.5 – 2021-CB-1242A Granite à feldspath alcalin

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de prismes fracturés et altérés, mais qui contiennent tout de même des domaines frais (figure 5.5.1). Les images en BSE (figure 5.5.2) indiquent la présence de noyaux fracturés avec des zonations oscillatoires et des surcroissances sans zonation et caractérisées par des concentrations de U plus élevées.

Les analyses des surcroissances donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1073 \pm 8$  Ma (figure 5.5.3) avec des concentrations de U élevées et des rapports Th/U plutôt faibles (environ 0,1). Leur position au-dessus de la courbe concordia est due à des cristaux plus endommagés par rapport à l'étalon, ce qui entraîne une plus grande perte d'uranium au cours de l'ablation. Ce phénomène n'affecte cependant pas les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . Quatre analyses de noyaux donnent un âge moyen de  $1254 \pm 20$  Ma avec des concentrations de U plus faibles que les surcroissances et des rapports Th/U faibles, mais  $> 0,1$ . Quelques analyses de noyaux donnent des âges intermédiaires, mais celles-ci pourraient provenir de surcroissances analysées sous la surface polie. La structure des zircons et la dichotomie des âges sont comparables à ce qui est observé dans l'échantillon 2021-CB-1155, mais les âges ne sont pas les mêmes et les surcroissances sont prédominantes ici, tandis que les données provenant des noyaux étaient dominantes dans 2021-CB-1155. Les surcroissances des zircons de ces deux échantillons sont uniformes, riches en U avec des rapports Th/U faibles, ce qui semble indiquer que les âges des surcroissances datent des événements de métamorphisme.

L'échantillon a aussi fourni une bonne quantité d'un minéral rouge interprété au départ comme du rutile à cause de sa couleur, mais qui est en fait de la titanite (figure 5.5.4 et 5.5.5). Comme pour l'échantillon précédent, la présence de Pb commun dans la titanite devrait déplacer les données vers la droite. Ce phénomène n'est pas observé. Comme le rutile a été utilisé comme étalon dans ces analyses, les rapports Pb/U sont plus faibles et entraînent des résultats discordants, mais cela n'affecte pas les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  obtenus. La majorité des données forme un groupe dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $1218 \pm 11$  Ma. Les rapports Th/U  $> 1,0$  de la titanite laisse supposer une origine magmatique. Si l'on considère l'âge des zircons, la titanite aurait pu être légèrement rajeunie lors du métamorphisme.



Figure 5.5.1 – Zircons sélectionnés à partir du granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A.

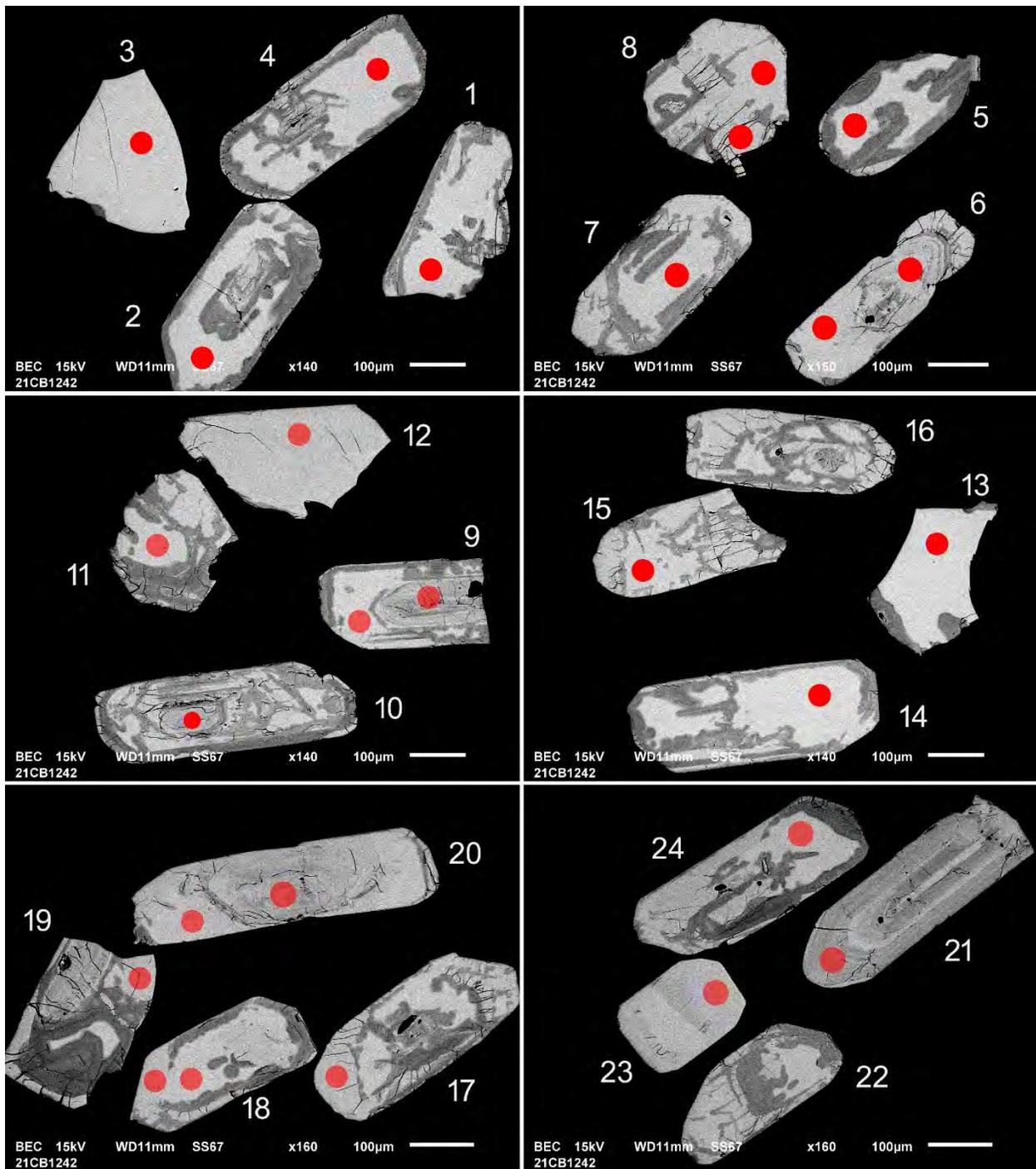


Figure 5.5.2 – Images en BSE des zircons polis du granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

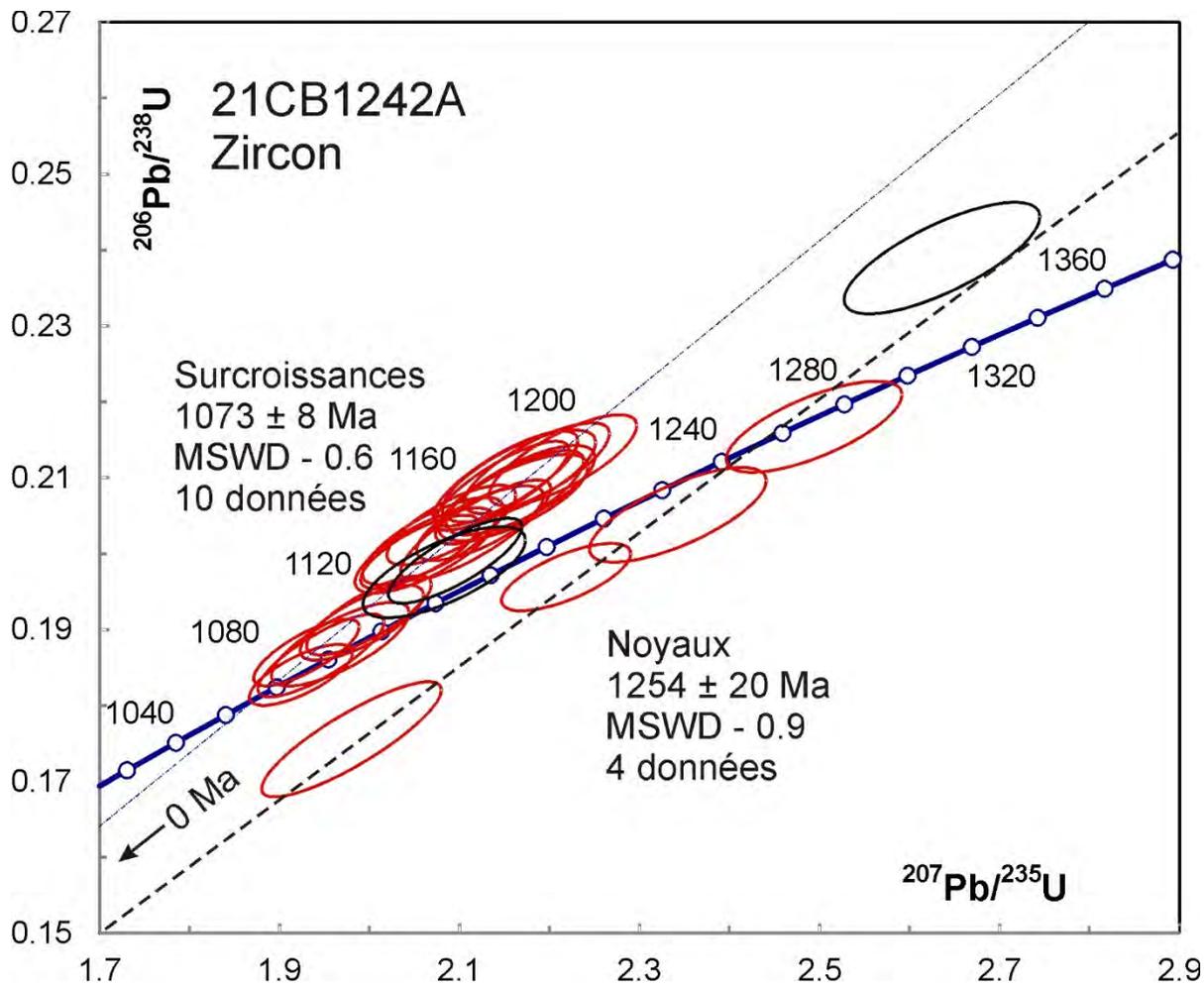


Figure 5.5.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon de granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul des âges moyens.

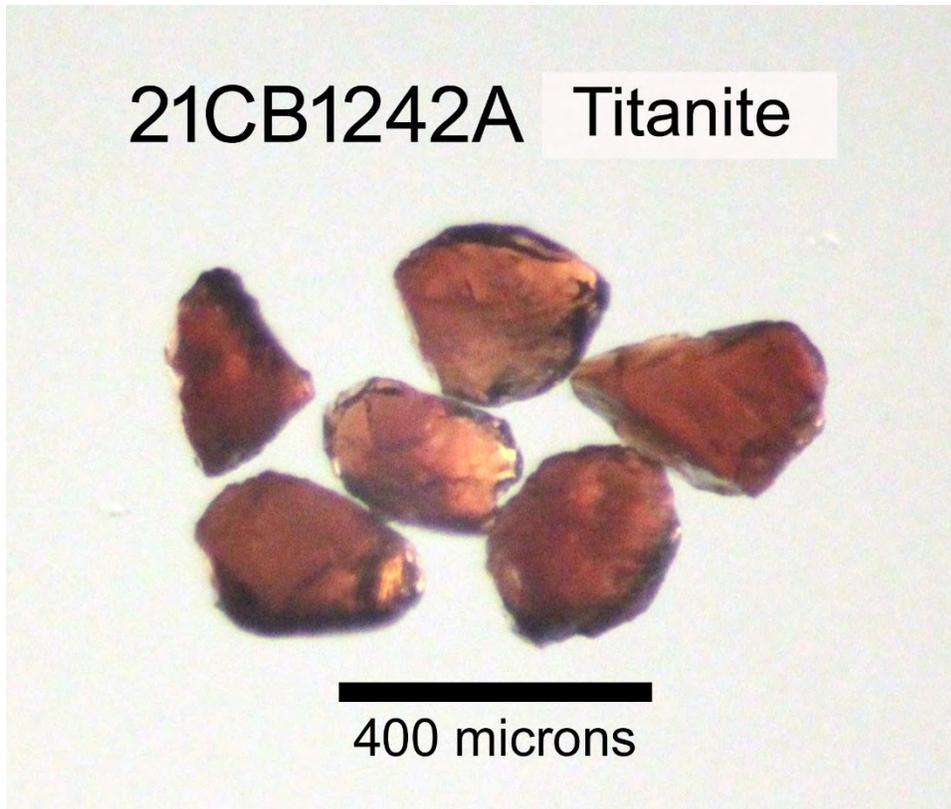


Figure 5.5.4 –Titanites sélectionnées à partir du granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A.

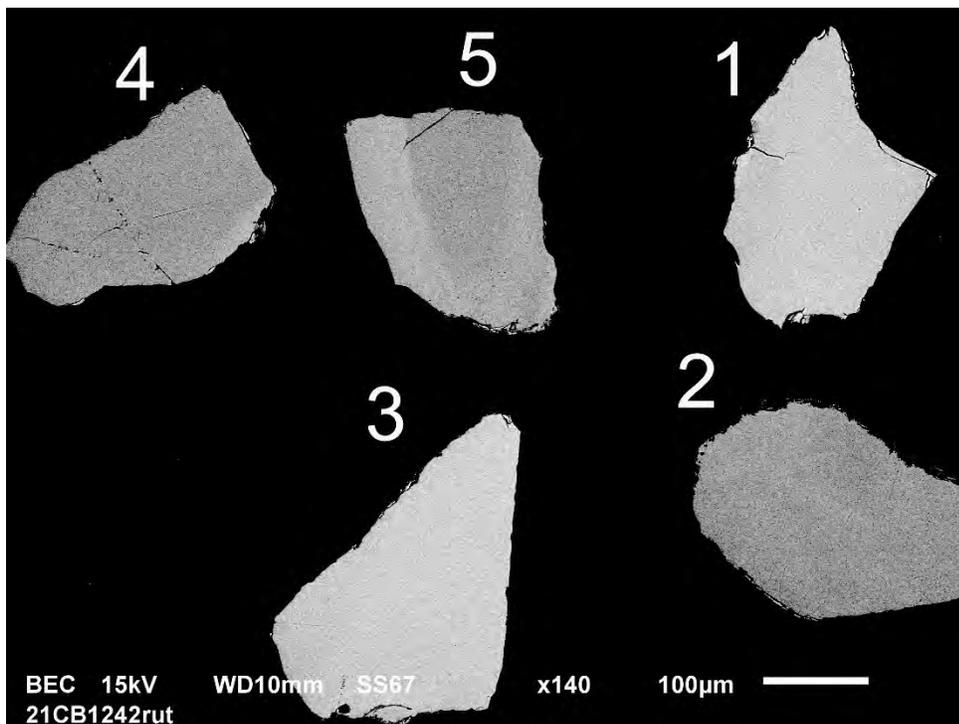


Figure 5.5.5 – Images en BSE des titanites polies du granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A.

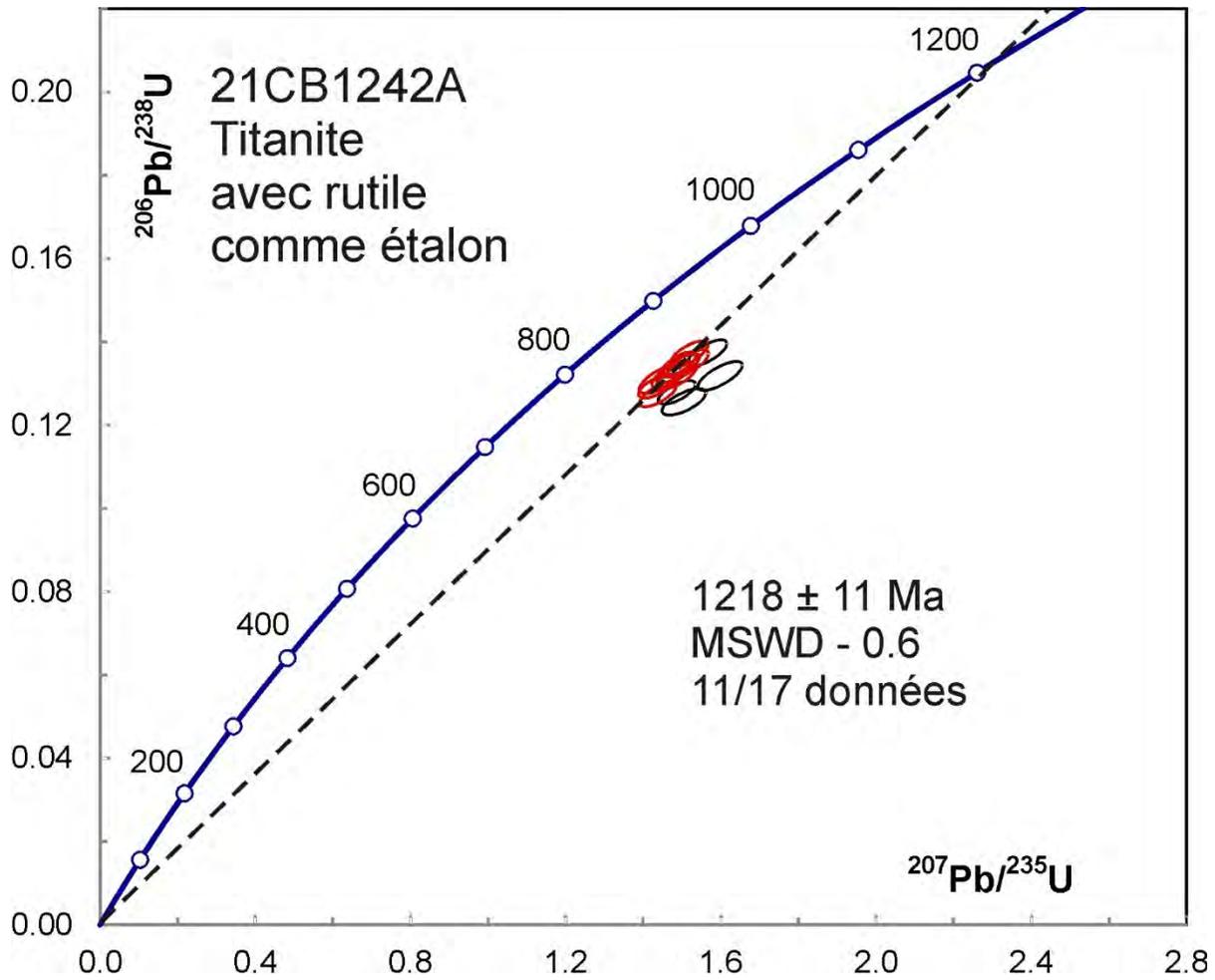


Figure 5.5.6 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues pour la titanite de l'échantillon de granite à feldspath alcalin 2021-CB-1242A. La discordance est causée par l'utilisation du rutile comme étalon. Une analyse tombe hors d'échelle vers la droite. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen.

## **6.– Synthèse du Supérieur (Abitibi et Pontiac) et Minéraux critiques et stratégiques**

### **6.1 – 1997-JG-1592-S3 Wacke à biotite et amphibole**

Les séparations de minéraux lourds de cet échantillon contenaient beaucoup de pyrite. Aucun zircon n'a pas été trouvé après dissolution de la pyrite.

### **6.2 – 2021-JG-Diorite (Décapage TR-SER-20-011) Diorite à hornblende, biotite et magnétite, massive à légèrement foliée**

Cet échantillon a fourni une bonne quantité de zircons sous la forme de cristaux euhédres et trapus très frais (figure 6.2.1). Les images en BSE (figure 6.2.2) montrent des zones en secteurs flous. Quelques grains pourraient contenir des noyaux xénocristiques (p. ex. grain 29). Les analyses de 40 sites donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2800 \pm 4$  Ma, mais ne s'accordent pas tout à fait dans la marge d'erreur (MSWD = 1,9, figure 6.2.3). En retranchant les trois données les plus vieilles, on obtient un âge moyen de  $2798 \pm 3$  Ma avec un MSWD de 1,0 qui représente la meilleure estimation de l'âge magmatique de l'intrusion.



Figure 6.2.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-JG-Diorite.

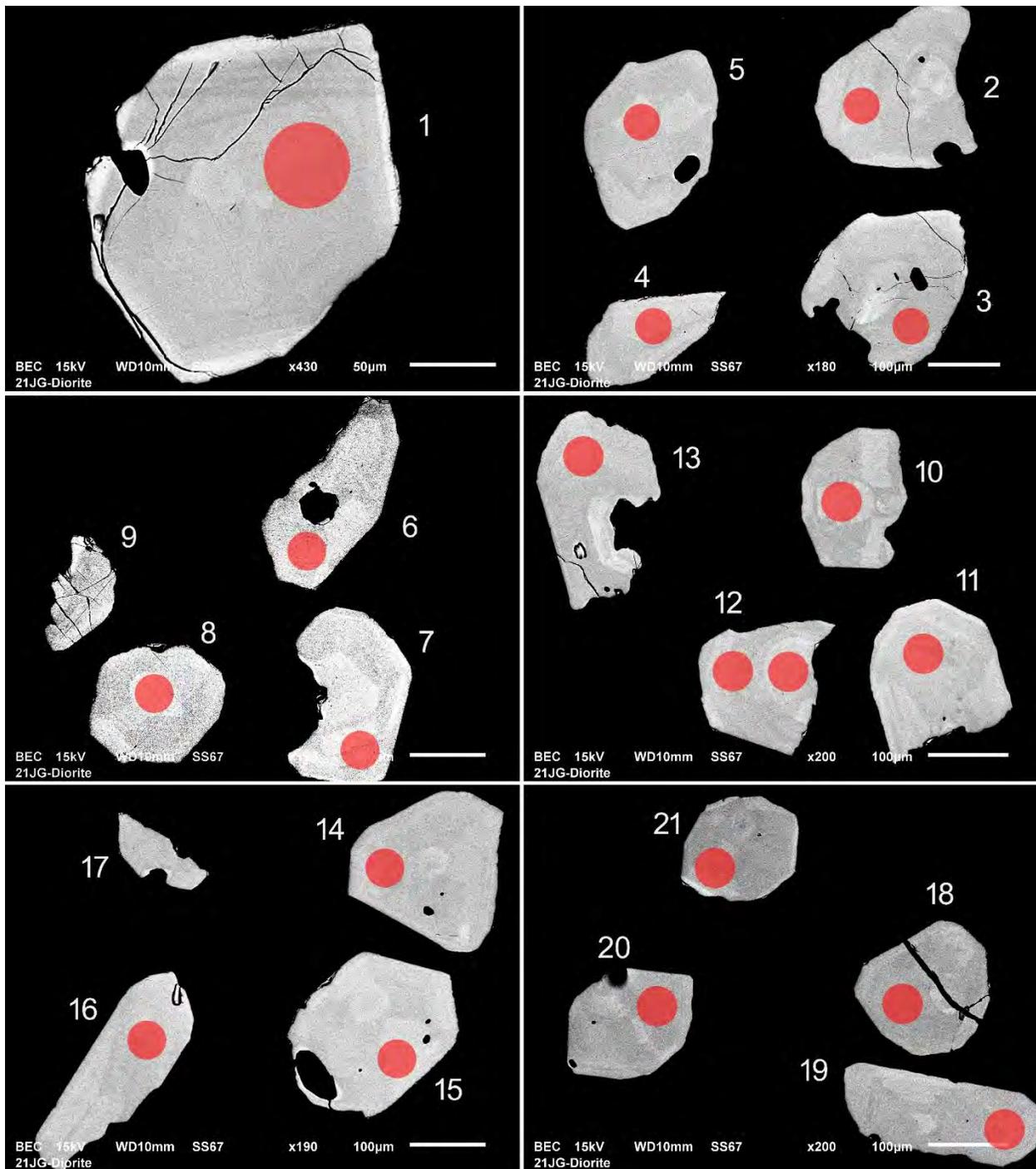


Figure 6.2.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-JG-Diorite. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

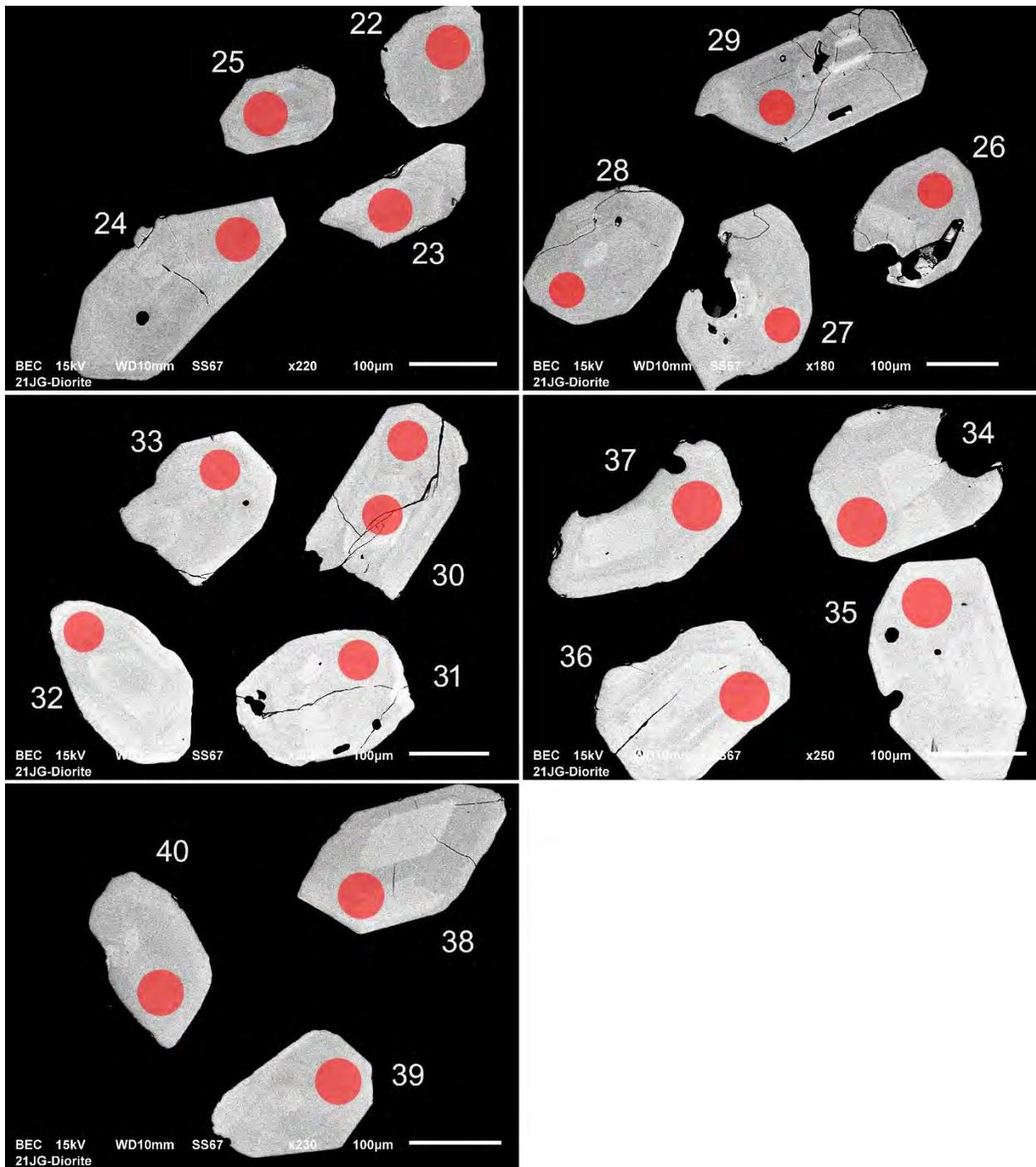


Figure 6.2.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-JG-Diorite. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

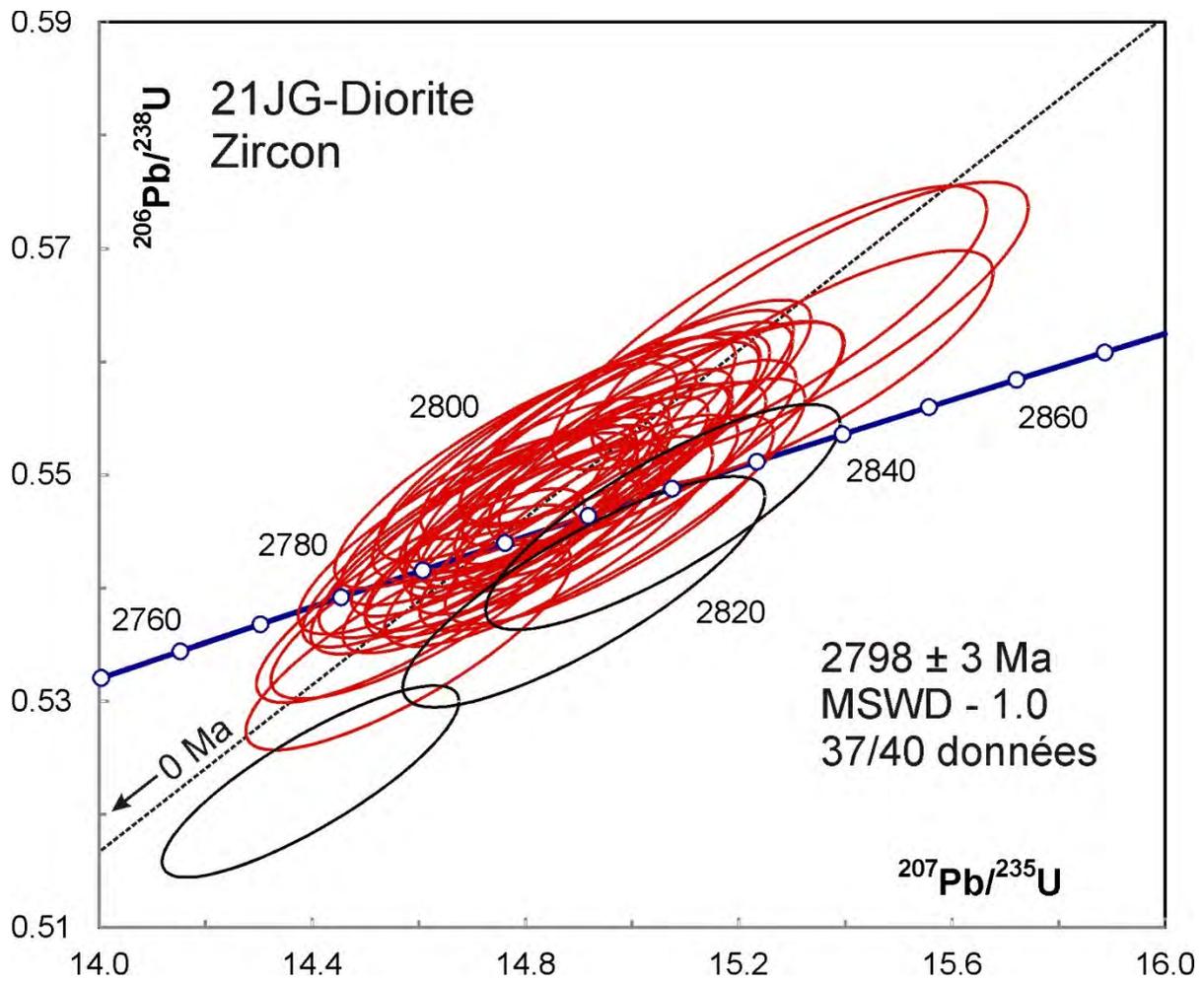


Figure 6.2.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-JG-Diorite. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

### **6.3 – 2021-JG-Dyke (2021-JG-4162) Dyke mafique porphyrique à plagioclase**

Aucun zircon n'a pas été trouvé après dissolution de la pyrite présente dans les séparations de minéraux lourds de cet échantillon.

### **6.4 – 2021-FP-2002A Granite pegmatitique à muscovite, spodumène et colombo-tantalite**

Cet échantillon a donné une faible quantité de zircons très altérés (figure 6.4.1). On trouve aussi de la colombo-tantalite noire (figure 6.4.2) qui montre en BSE une zonation associée à des variations des rapports Nb/Ta (figure 6.4.3). Bien que la colombo-tantalite contienne des concentrations enlevées de U, la présence de Pb commun se traduit typiquement par des analyses discordantes, ce qui en fait un minéral peu utile pour des datations par LA-ICP-MS. Les images des zircons en BSE montrent des altérations répandues qui affectent la totalité des grains (figure 6.4.4). Les zircons altérés sont aussi difficiles à dater par LA-ICP-MS. Nous avons tout de même tenté d'analyser les domaines uniformes de ces zircons.

Les profils analytiques des zircons altérés ne sont pas réguliers. Ils se caractérisent par des signaux de U et Pb beaucoup plus intenses durant les dix premières secondes d'ablation que plus tard dans l'analyse (voir les fichiers analytiques). Les rapports  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ne changent pas, mais les rapports  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  diminuent beaucoup. Les données ont été interprétées en utilisant la moyenne des résultats une fois les signaux stabilisés.

Les données indiquent des rajeunissements avec des âges variables d'environ 1200 Ma à 250 Ma. Dans plusieurs cas, presque tout le Pb radiogénique a été perdu. Le degré d'altération des zircons est proportionnel à l'importance des dommages au réseau cristallin (métamictisation). Il est donc probable que l'altération et la perte de Pb soient survenues plus tôt dans les domaines plus riches en U.



Figure 6.4.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-FP-2002A.



Figure 6.4.2 – Cristaux de colombo-tantalite sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-FP-2002A.

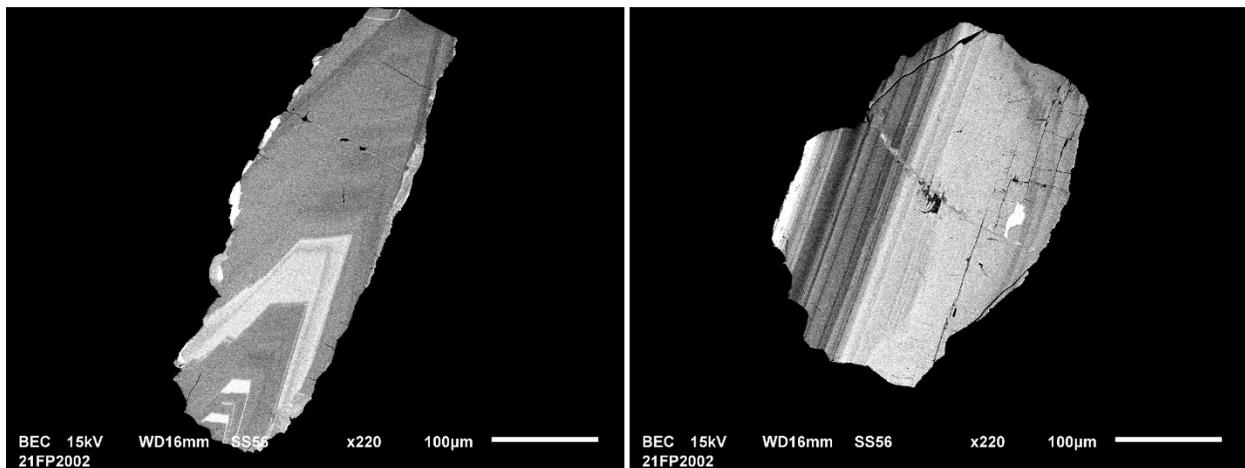


Figure 6.4.3 – Images en BSE des cristaux polis de colombo-tantalite de l'échantillon 2021-FP-2002A1. Les zones plus foncées ont des rapports Nb/Ta plus élevés.

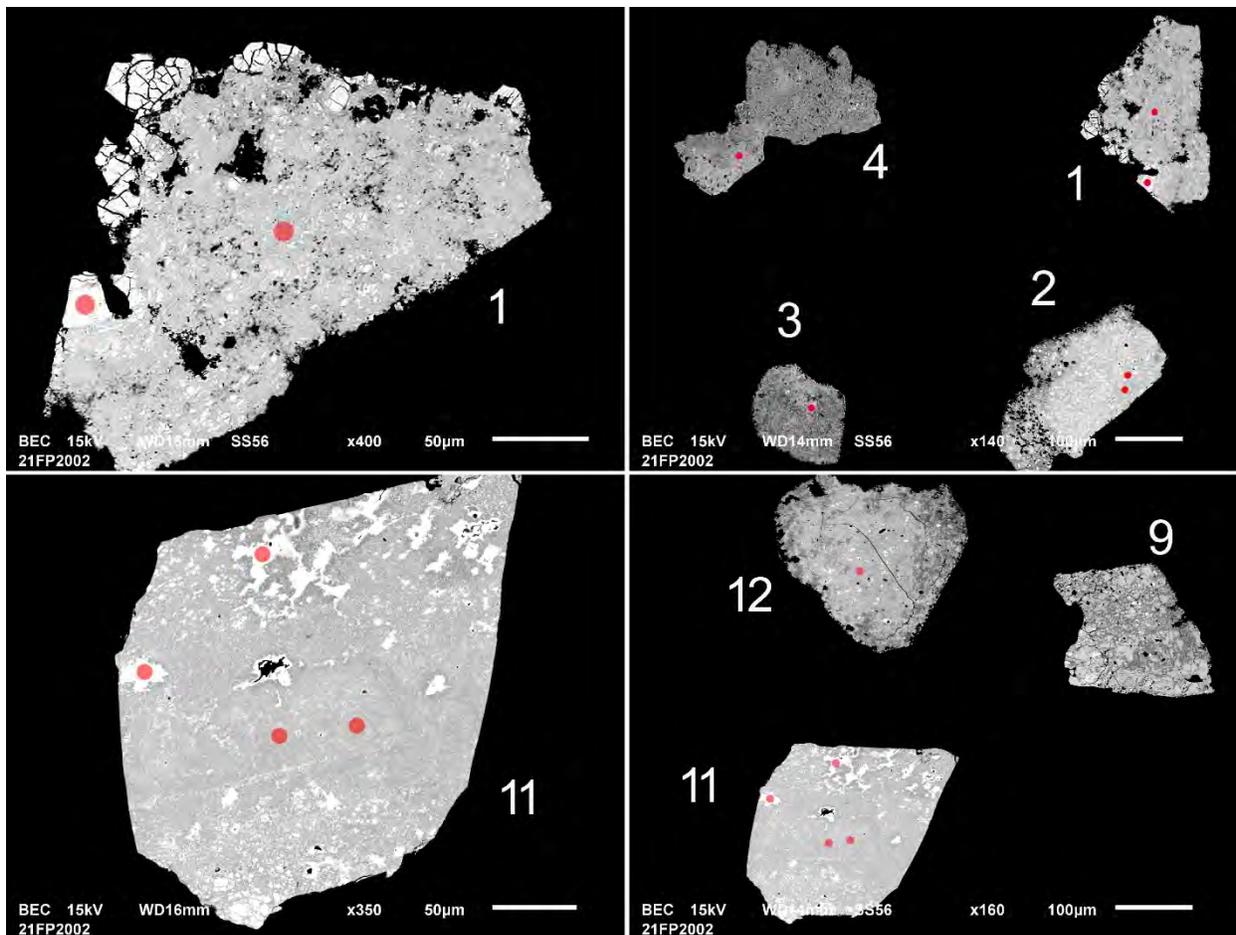


Figure 6.4.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-FP-2002A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

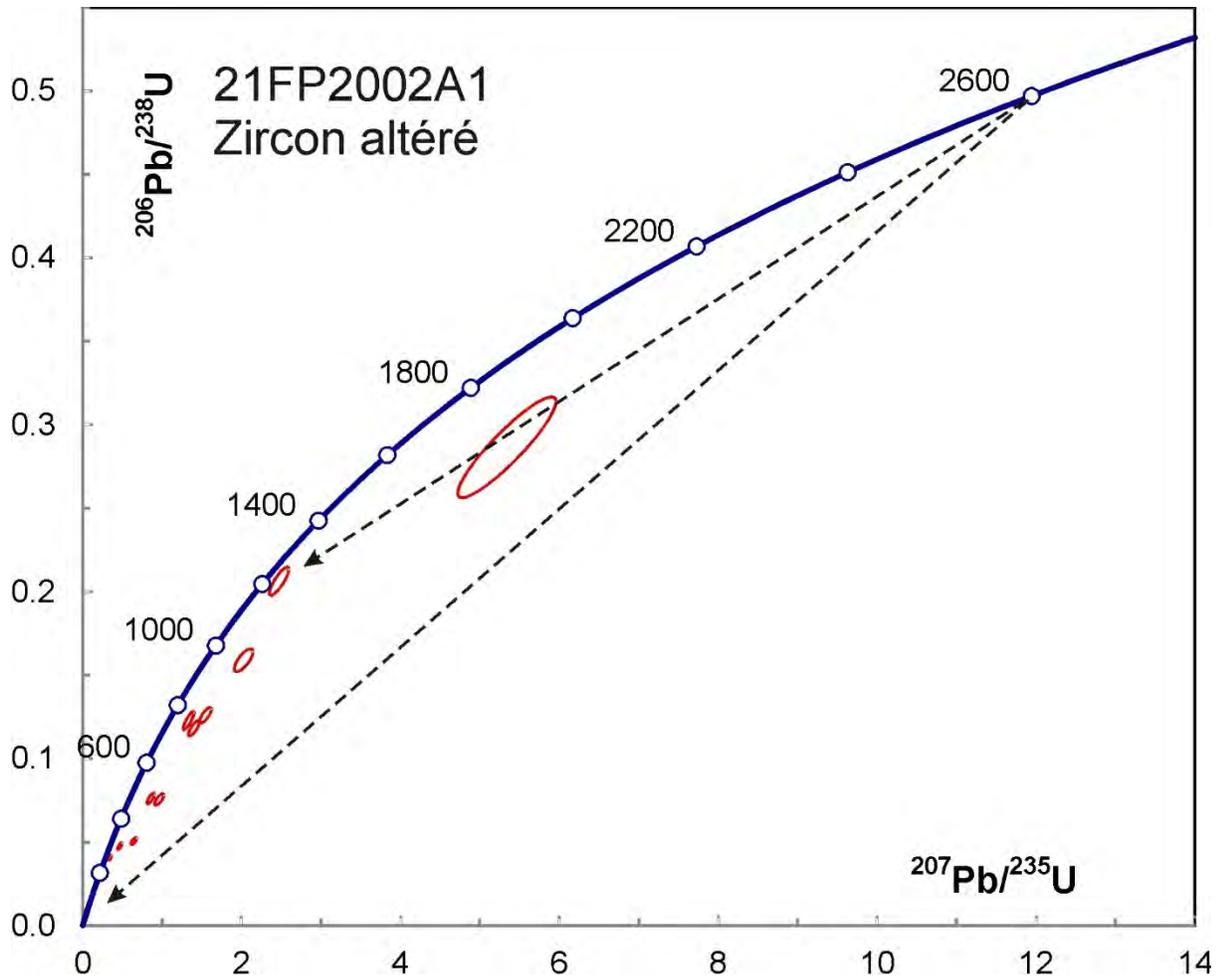


Figure 6.4.5 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-FP-2002A. Les données indiquent un rajeunissement significatif (> 90 %) pour la plupart des domaines avec des âges variables.

## 6.5 – 2021-JG-4101C Granite à feldspath alcalin avec muscovite, spodumène et colombo-tantalite

Cet échantillon a donné des zircons très altérés (figure 6.5.1) ainsi que des cristaux de colombo-tantalite (figure 6.5.2) et des cristaux altérés verdâtres qui pourraient être de la monazite (figure 6.5.3). Les images des zircons en BSE montrent une altération répandue qui affecte les grains en entier (figure 6.5.4). Les images de la colombite-tantalite montrent des zonations associées à des variations des rapports Nb/Ta (figure 6.5.5). La plupart des grains de « monazite » sélectionnés étaient en fait des cristaux de titanite altérée. Un seul cristal de monazite a été récupéré (figure 6.5.6).

Les profils analytiques des zircons sont semblables à ceux des zircons de l'échantillon 2021-FP-2002A (section précédente), mais le signal initial de forte intensité est plus long et diminue rapidement à tel point qu'il est souvent difficile de mesurer les rapports  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (voir les fichiers analytiques). Dans ce cas-ci, nous avons choisi de prendre la moyenne des analyses précoces ou tardives en fonction de la portion du profil la mieux définie. Les analyses tardives ont tendance à être discordantes comme pour l'échantillon 2021-FP-2002A (figure 6.5.7), tandis que les analyses précoces sont plus concordantes ou supra-concordantes avec des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  variables (figure 6.5.7). On trouve un groupe de 5 données qui s'accordent dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2625 \pm 12$  Ma (figure 6.5.7). Huit analyses sur le grain unique de monazite s'accordent dans la marge d'erreur avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2632 \pm 5$  Ma (figure 6.5.8). Une autre analyse du même grain donne un âge plus ancien, mais celle-ci diffère chimiquement des autres analyses avec un rapport Th/U plus élevé et une concentration en Sr dix fois plus importante. Cet âge peut être influencé par un contenu plus important de Pb commun. On conclut que la meilleure estimation de l'âge magmatique est donnée par l'âge de la monazite ( $2632 \pm 5$  Ma).



Figure 6.5.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C.

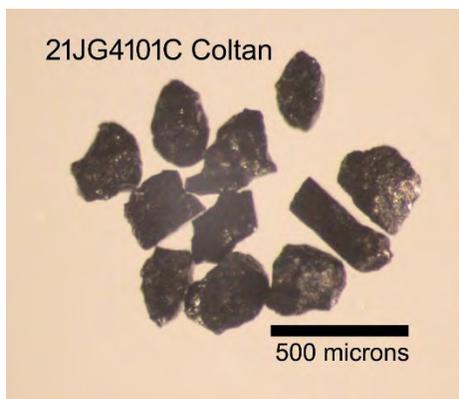


Figure 6.5.2 – Cristaux de colombo-tantalite sélectionnés à partir de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C.

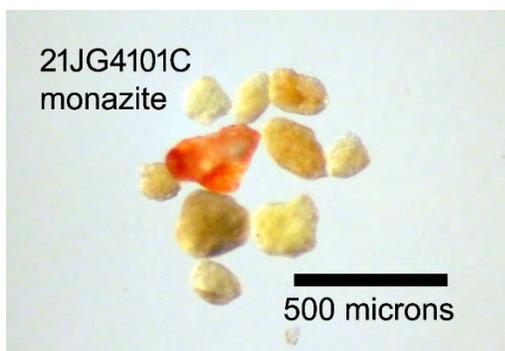


Figure 6.5.3 – Possibles cristaux de monazite sélectionnés à partir de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C.

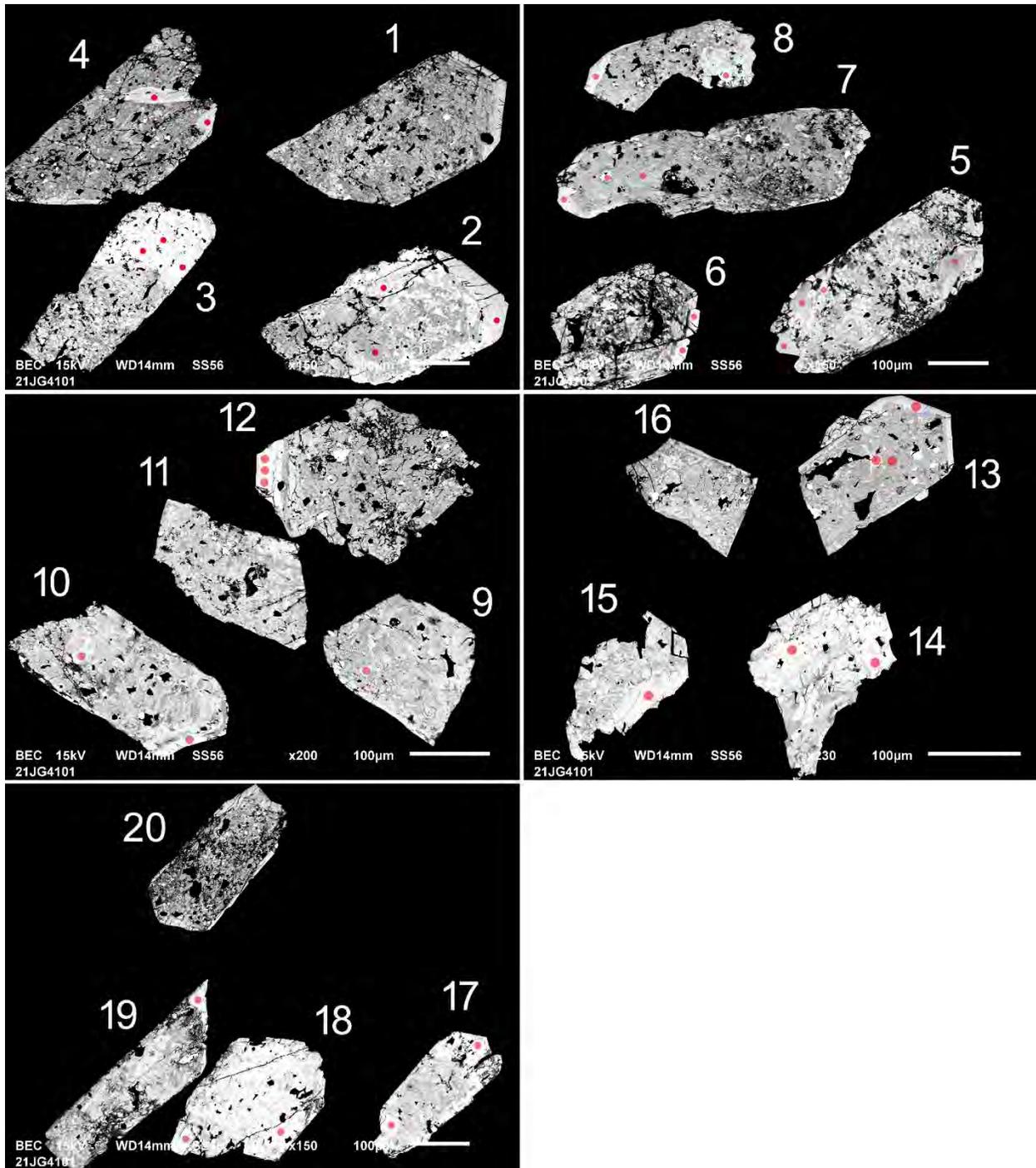


Figure 6.5.4 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C. Les zircons sont très altérés et il ne reste aucun domaine intact.

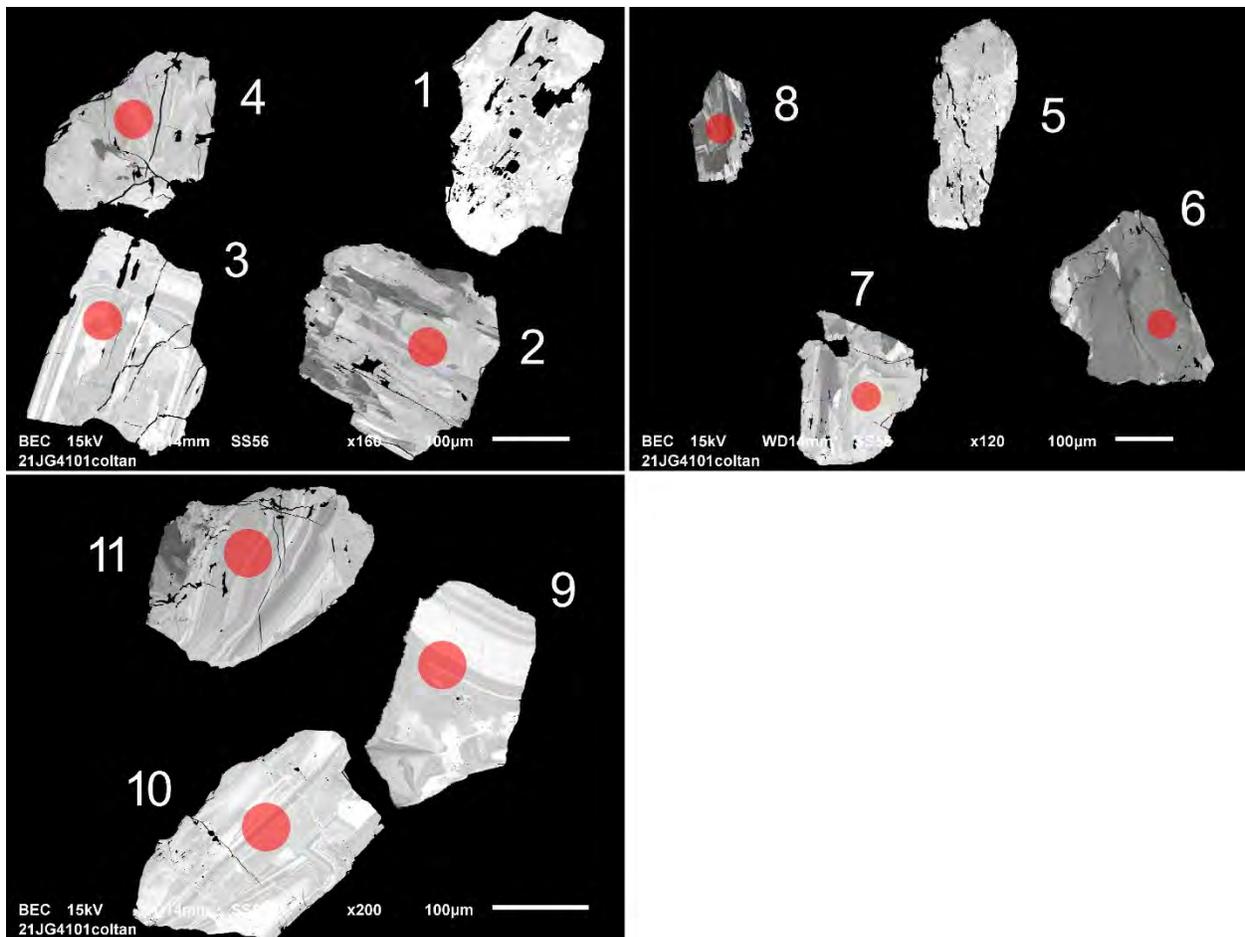


Figure 6.5.5 – Images en BSE des grains de colombo-tantalite polis de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C.

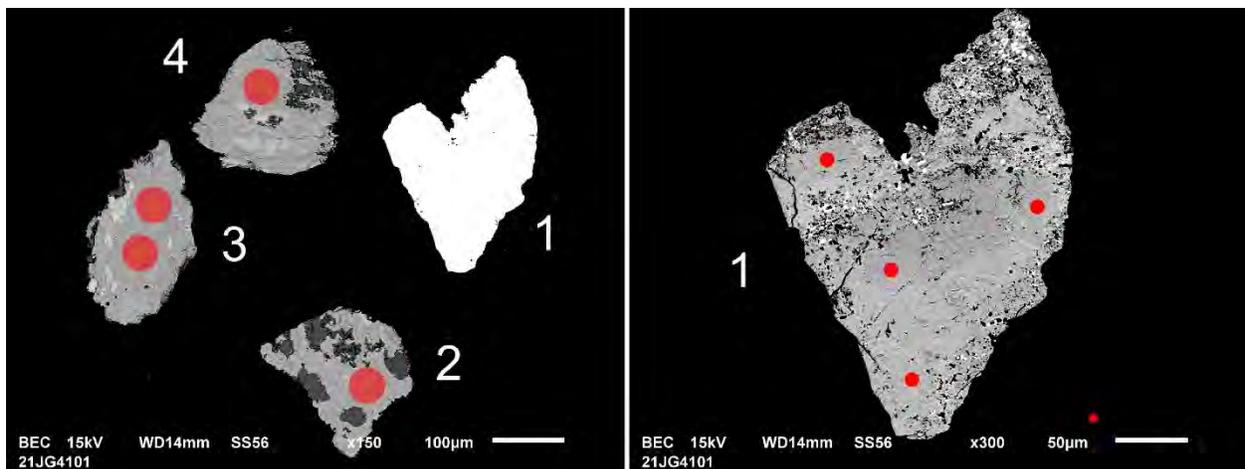


Figure 6.5.6 – Images en BSE des grains polis de titanite et de monazite (grain 1) de l'échantillon de granite 2021-JG-4101C.

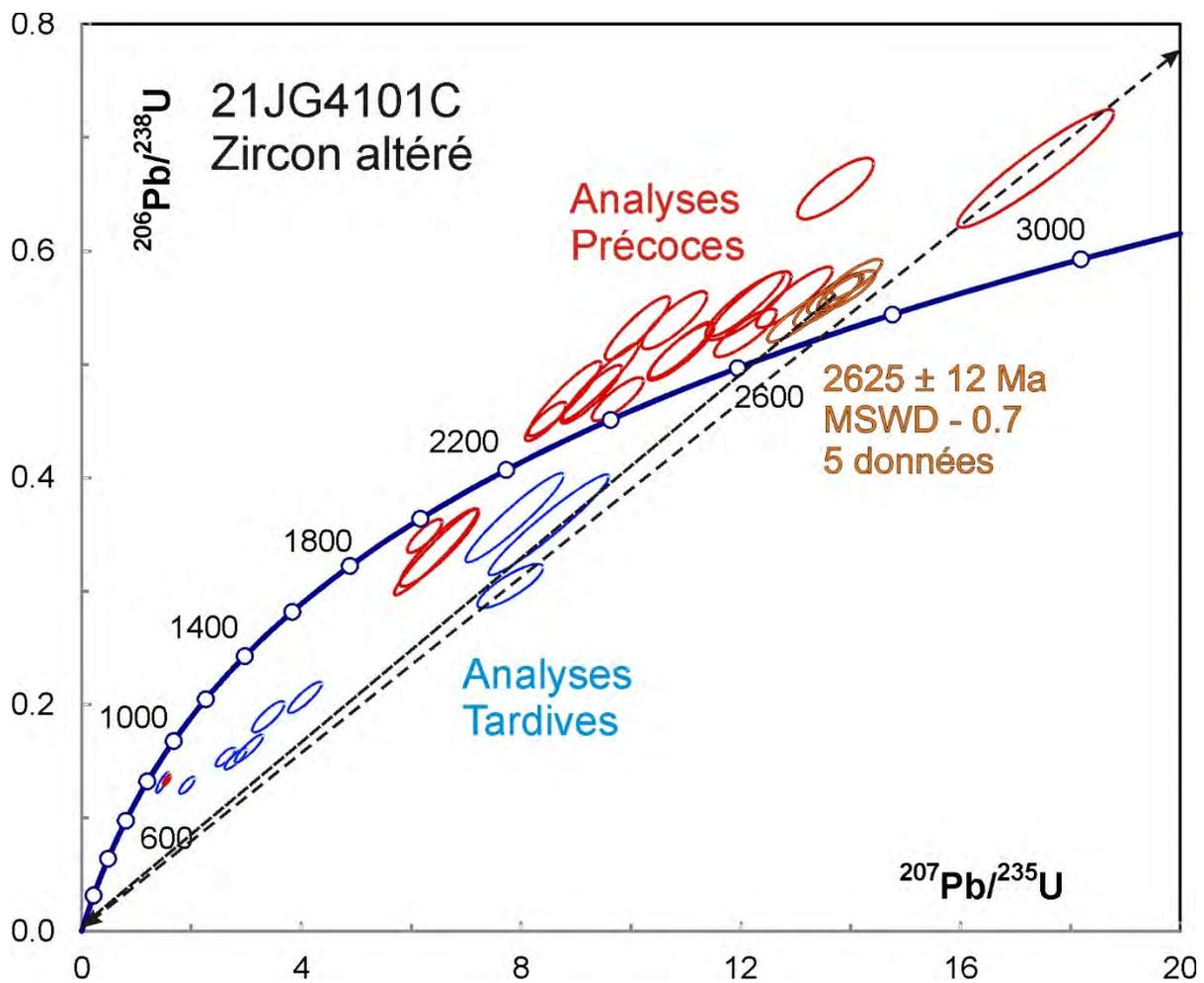


Figure 6.5.7 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-JG-4101C. Les données montrent des rajeunissements avec des âges variables. Un âge moyen a été calculé pour un groupe de 5 données.

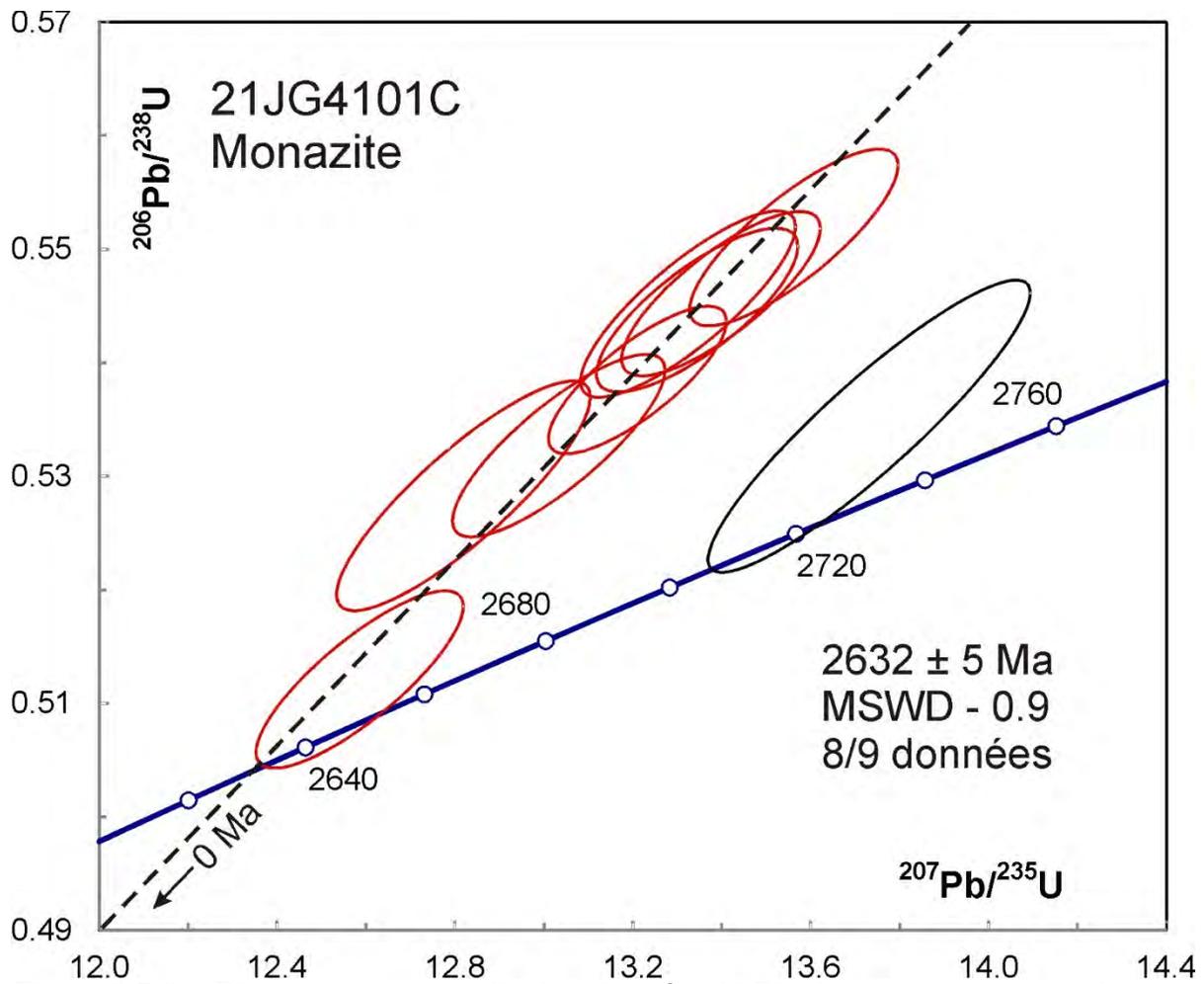


Figure 6.5.8 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues pour un grain de monazite de l'échantillon 2021-JG-4101C. Les données de l'ellipse en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 6.6 – 2021-JG-4103A Granite à hornblende, quartz bleu et magnétite

Cet échantillon a donné une bonne quantité de zircons sous la forme de cristaux trapus et fêlés (figure 6.6.1). Plusieurs grains montrent des noyaux incolores. On trouve aussi des fragments de titanite verdâtre (figure 6.6.2). Les images des zircons en BSE (figure 6.6.3) montrent une zonation oscillatoire avec des petits noyaux possibles dans quelques grains (p. ex. grain 1). Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des analyses U-Pb sont pour la plupart dans la marge d'erreur, à part quelques analyses riches en Sr et plusieurs qui proviennent probablement de noyaux (figure 6.6.4). L'âge moyen du groupe cohérent est de  $2682 \pm 3$  Ma qui représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de l'intrusion.

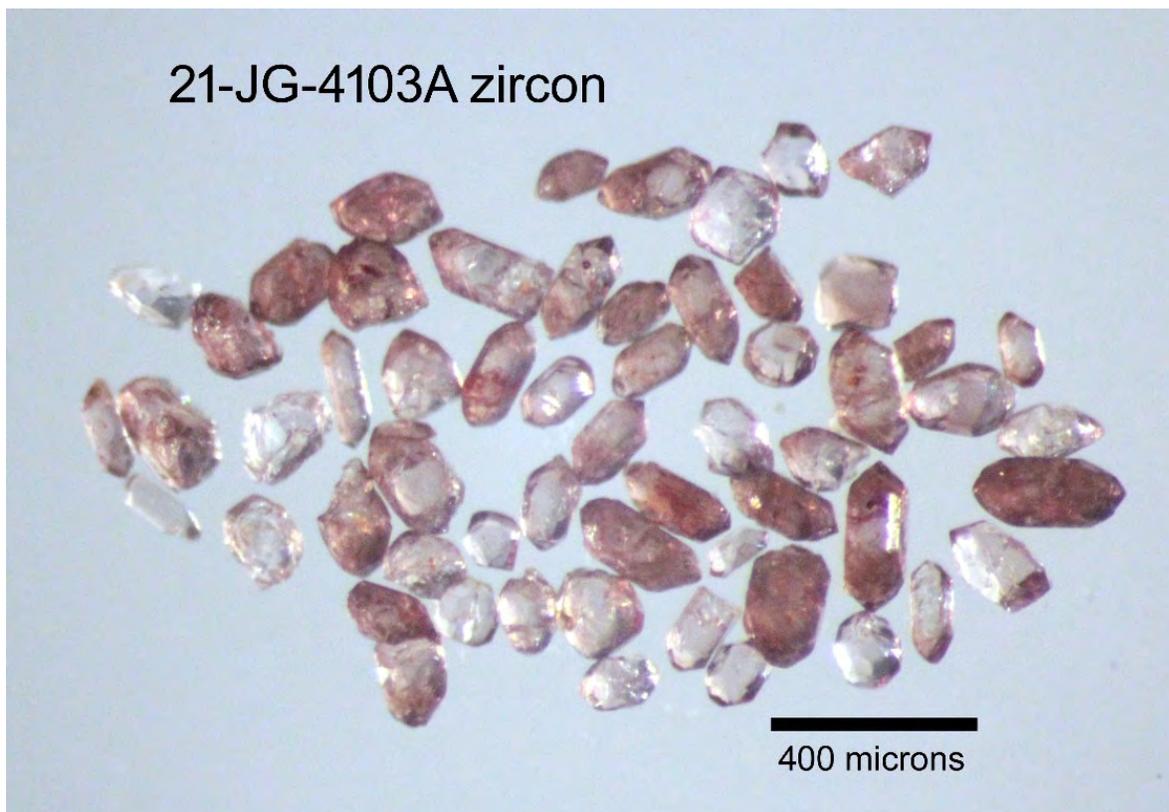


Figure 6.6.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon du granite 2021-JG-4103A.

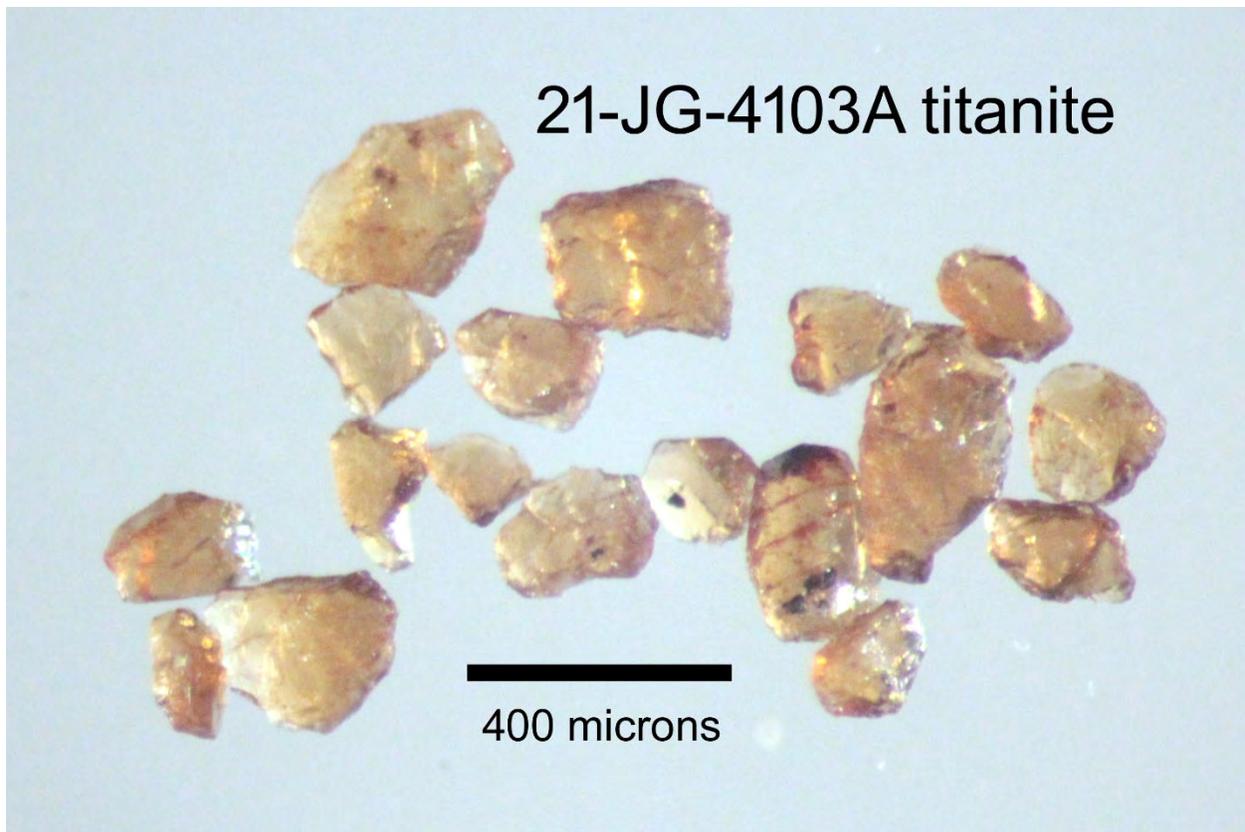


Figure 6.6.2 – Titanite sélectionnées à partir de l'échantillon du granite 2021-JG-4103A.

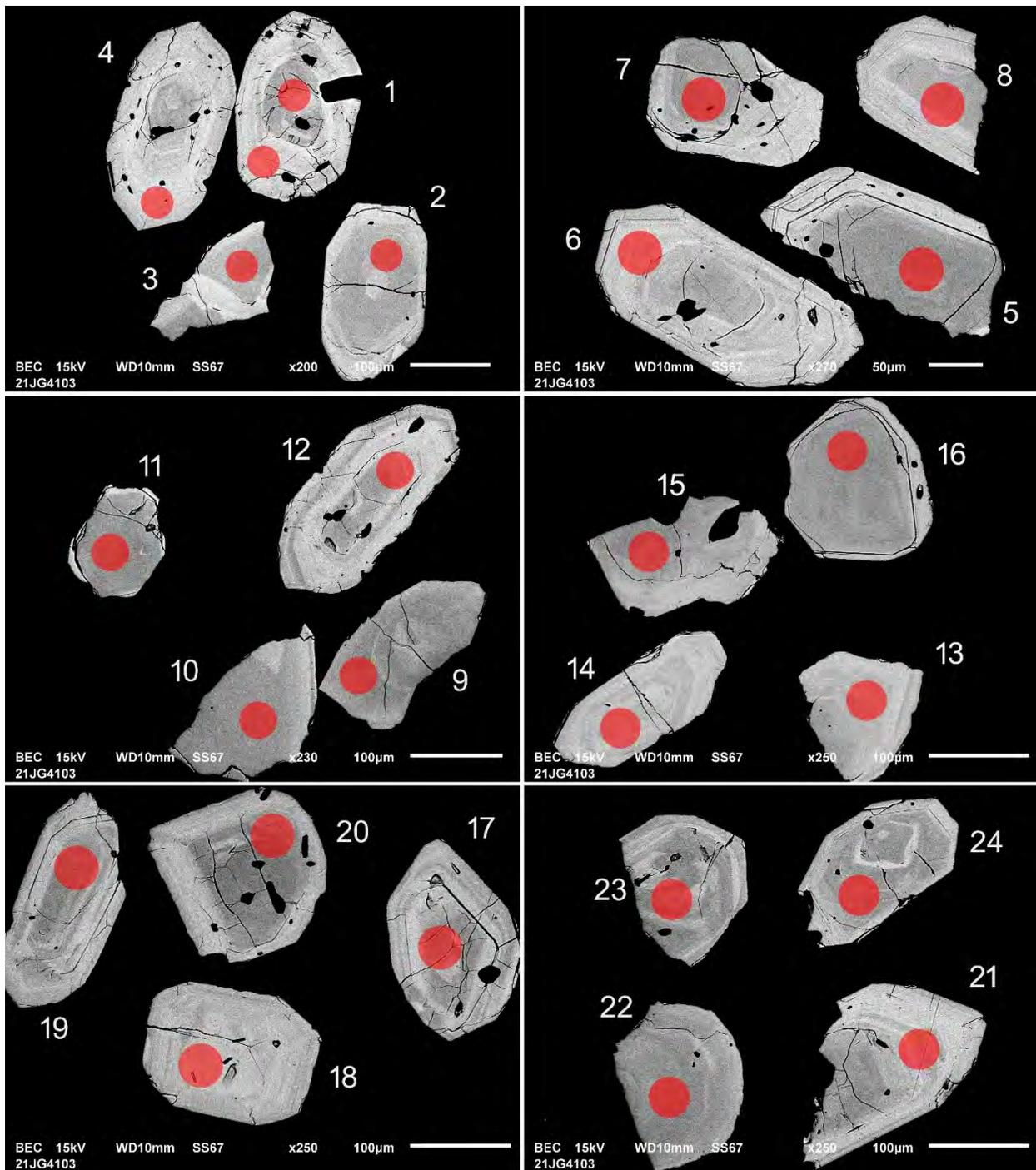


Figure 6.6.3 – Images en BSE des zircons polis du granite 2021-JG-4103A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

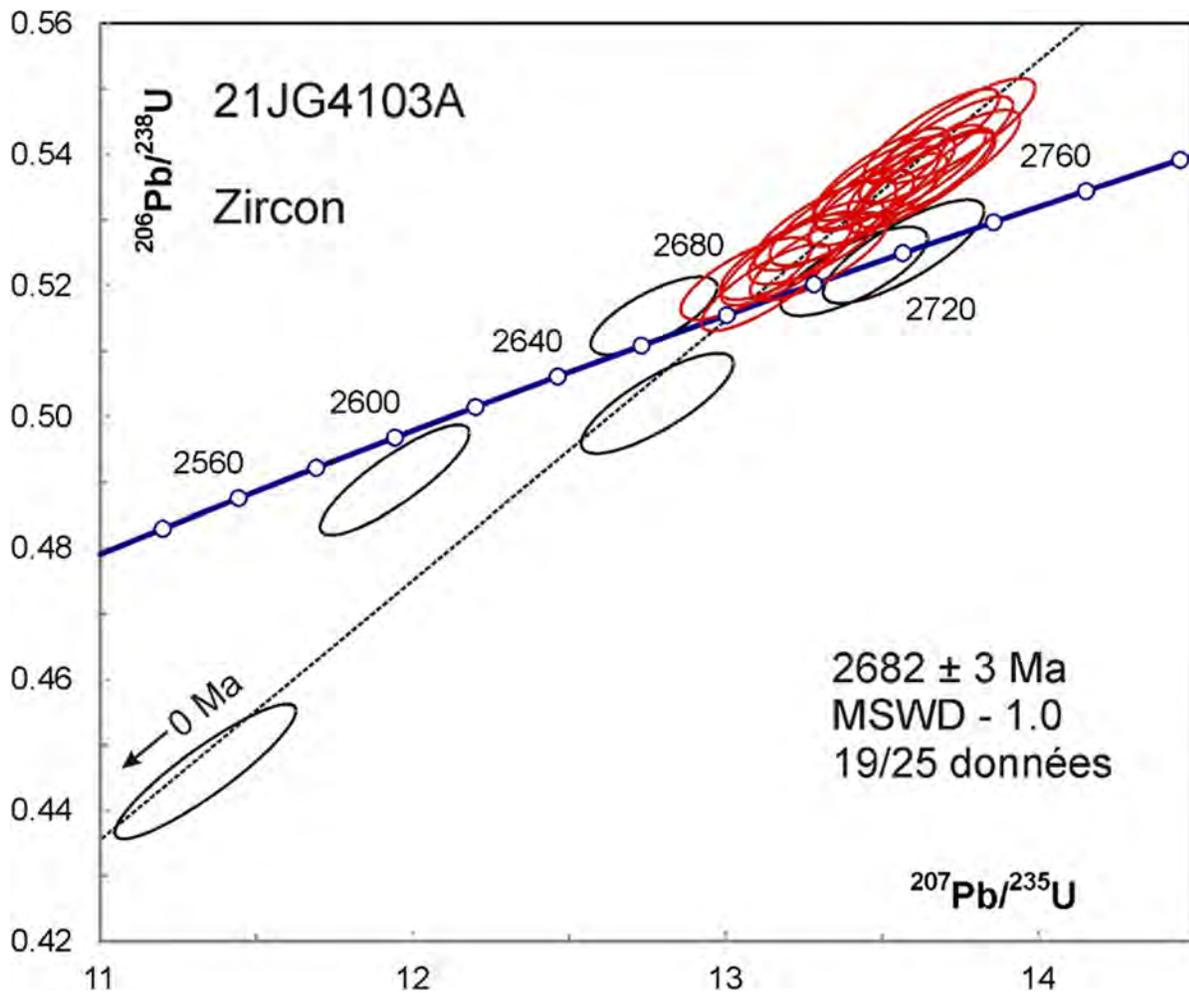


Figure 6.6.4 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-JG-4103A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 6.7 – 2005-JG-0206A, Granodiorite à biotite, muscovite et épidote

Cet échantillon a donné plusieurs gros grains de zircon (figure 6.7.1), mais la population principale consiste en petits prismes (figure 6.7.2). Les grains les plus grands ont été montés dans l'époxy et polis. Plusieurs grains montrent des images en BSE et CL avec des zones oscillatoires, alors que d'autres sont uniformes ou contiennent des régions floues (figure 6.7.3). Il est difficile de prouver l'existence de noyaux plus âgés puisqu'une facette intérieure parallèle au plan de polissage se présenterait comme une zone uniforme au centre. Les analyses de 33 points donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2698 \pm 5$  Ma, mais le MSWD est plutôt élevé à 2,6 (figure 6.7.4). La distribution des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (figure 6.7.5) suggère l'existence d'au moins deux et peut-être même de trois composantes. Le procédé de déconvolution des âges de Sambridge et Compston (1994) indique des âges de  $2684 \pm 5$  Ma (29 %),  $2707 \pm 4$  Ma (61 %) et  $2731 \pm 10$  Ma (10 %).

Les grains les plus frais parmi la population de petits cristaux de zircon ont été fixés sur ruban adhésif pour analyse (figure 6.7.6). Les rapports  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  s'accordent avec un âge moyen de  $2696 \pm 4$  Ma (MSWD = 2,2, figure 6.7.7) en accord avec les données des grains polis. La distribution des âges présente une apparence unimodale (figure 6.7.8).

L'examen détaillé des images suggère la présence de plus d'une génération de zircons. Par exemple, le grain 13 contient un noyau avec des zonations tronquées par une zone externe. La précision sur les âges n'est cependant pas assez grande pour distinguer ces deux générations de zircon. La plupart des analyses des zones interprétées comme des noyaux (p. ex. grains 14, 15, 17, 19 et 20) donnent des âges plus anciens. Les analyses des grains entiers ont tendance à échantillonner les zones externes des zircons, mais peuvent aussi échantillonner des noyaux au cours d'une même analyse, ce qui donne une moyenne des deux âges. On doit conclure que l'âge de cristallisation le plus probable est celui de la population plus jeune déterminée à partir des grains polis, soit  $2684 \pm 5$  Ma.



Figure 6.7.1 – Gros grains de zircon sélectionnés à partir de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.



Figure 6.7.2 – Petits grains de zircon sélectionnés à partir de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.

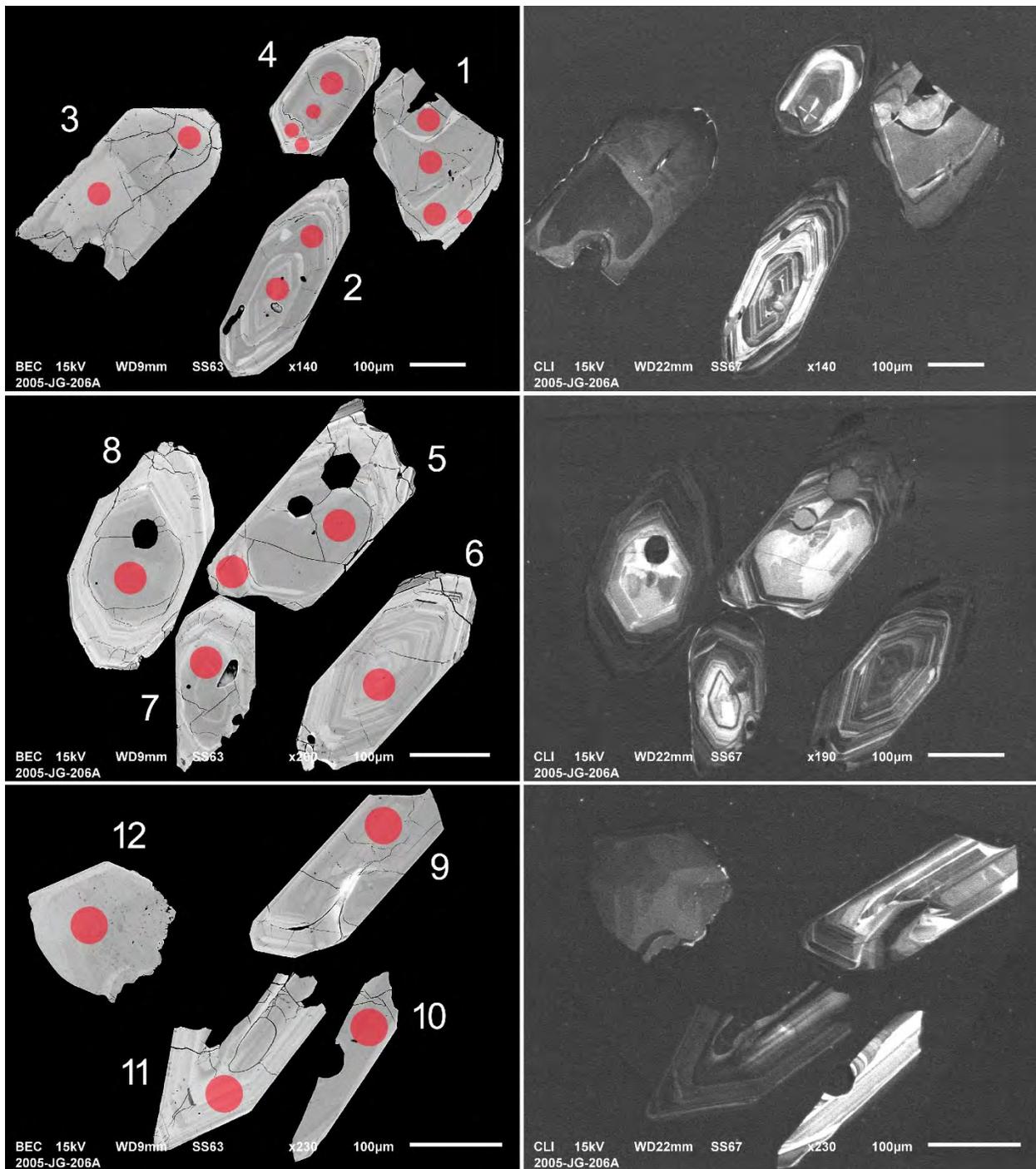


Figure 6.7.3 – Images en BSE (à gauche) et en CL (à droite) des zircon polis de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A. Les cercles rouges marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

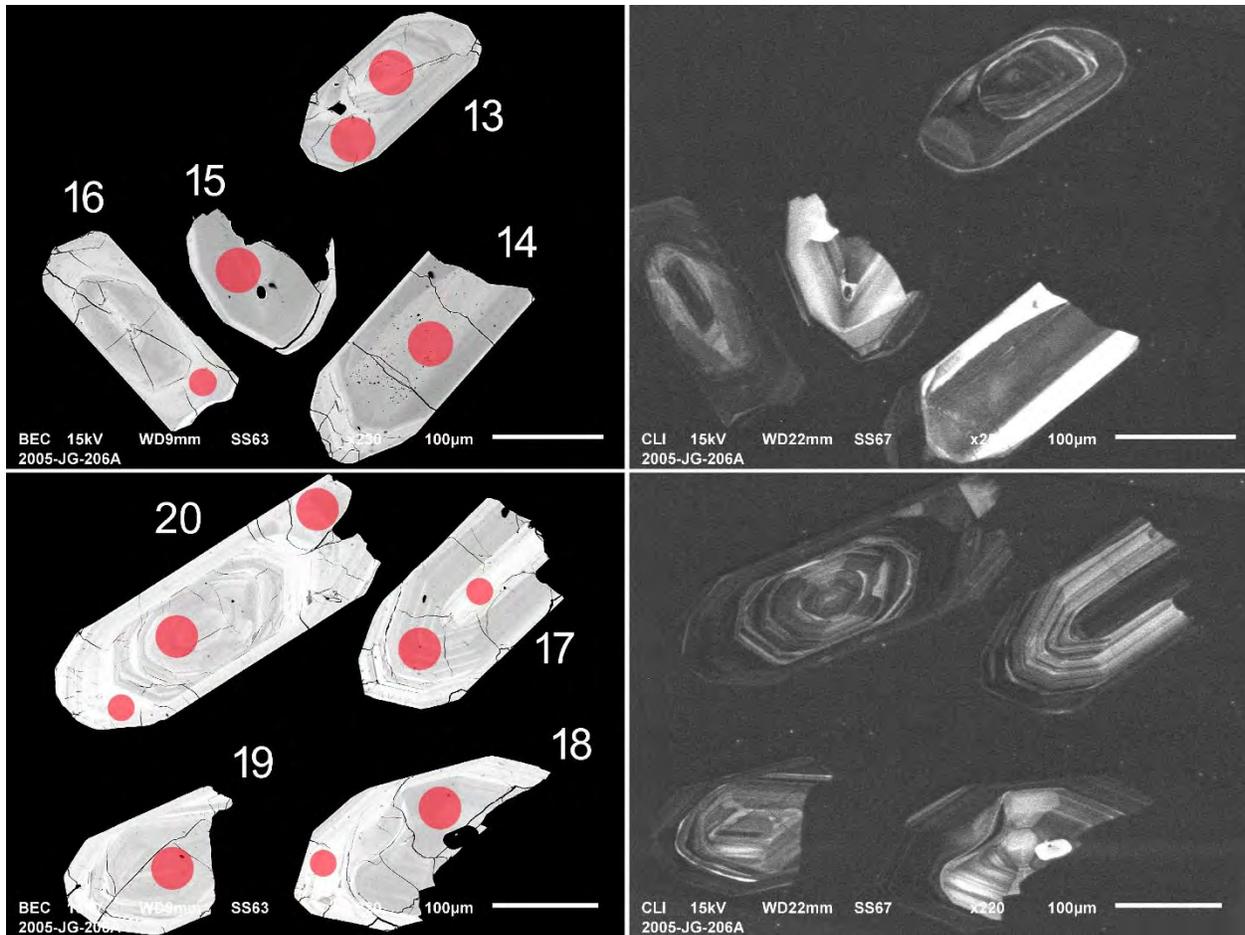


Figure 6.7.3 (suite) – Images en BSE (à gauche) et en CL (à droite) des zircons polis de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A. Les cercles rouges marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

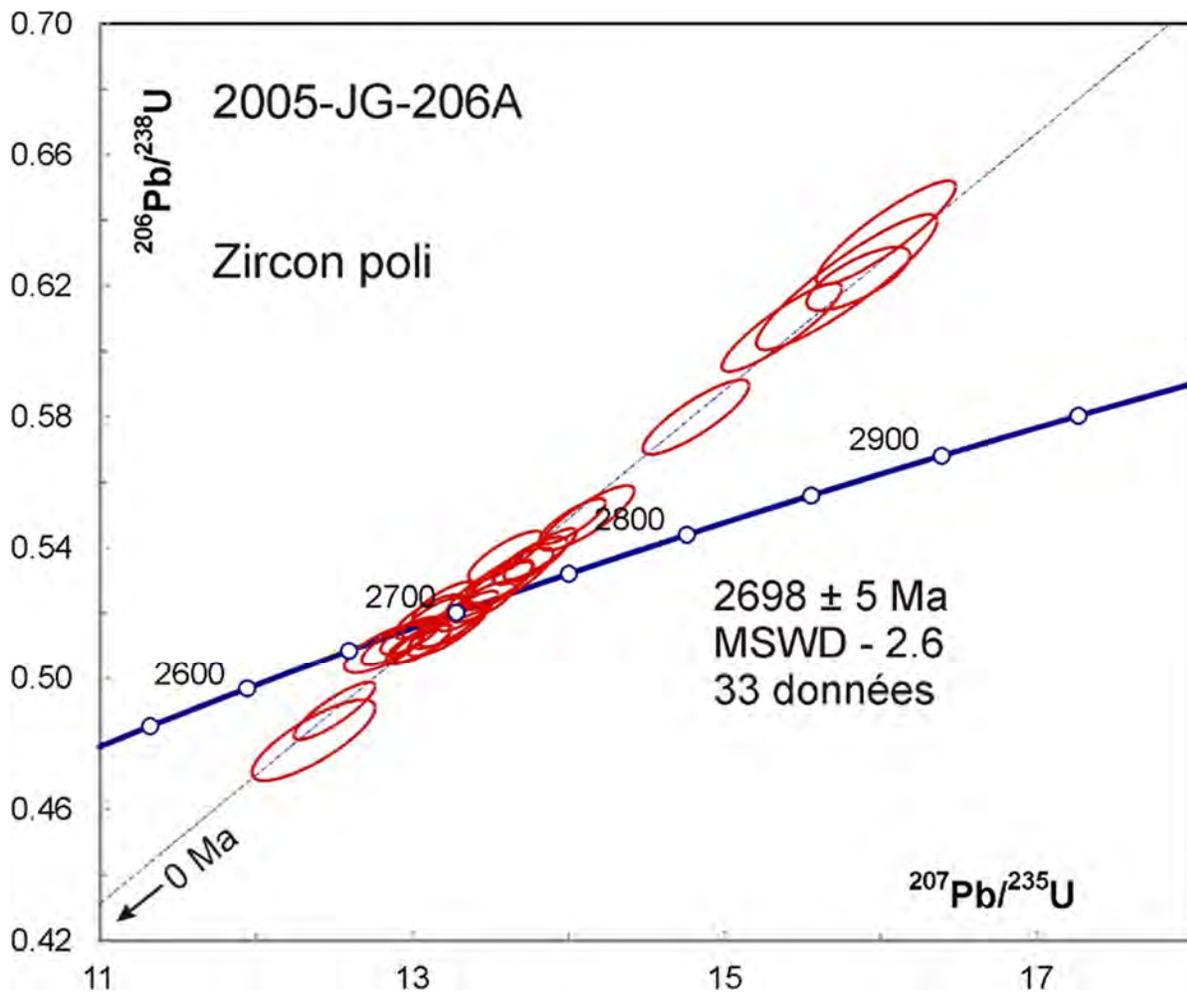


Figure 6.7.4 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur des zircons polis de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.

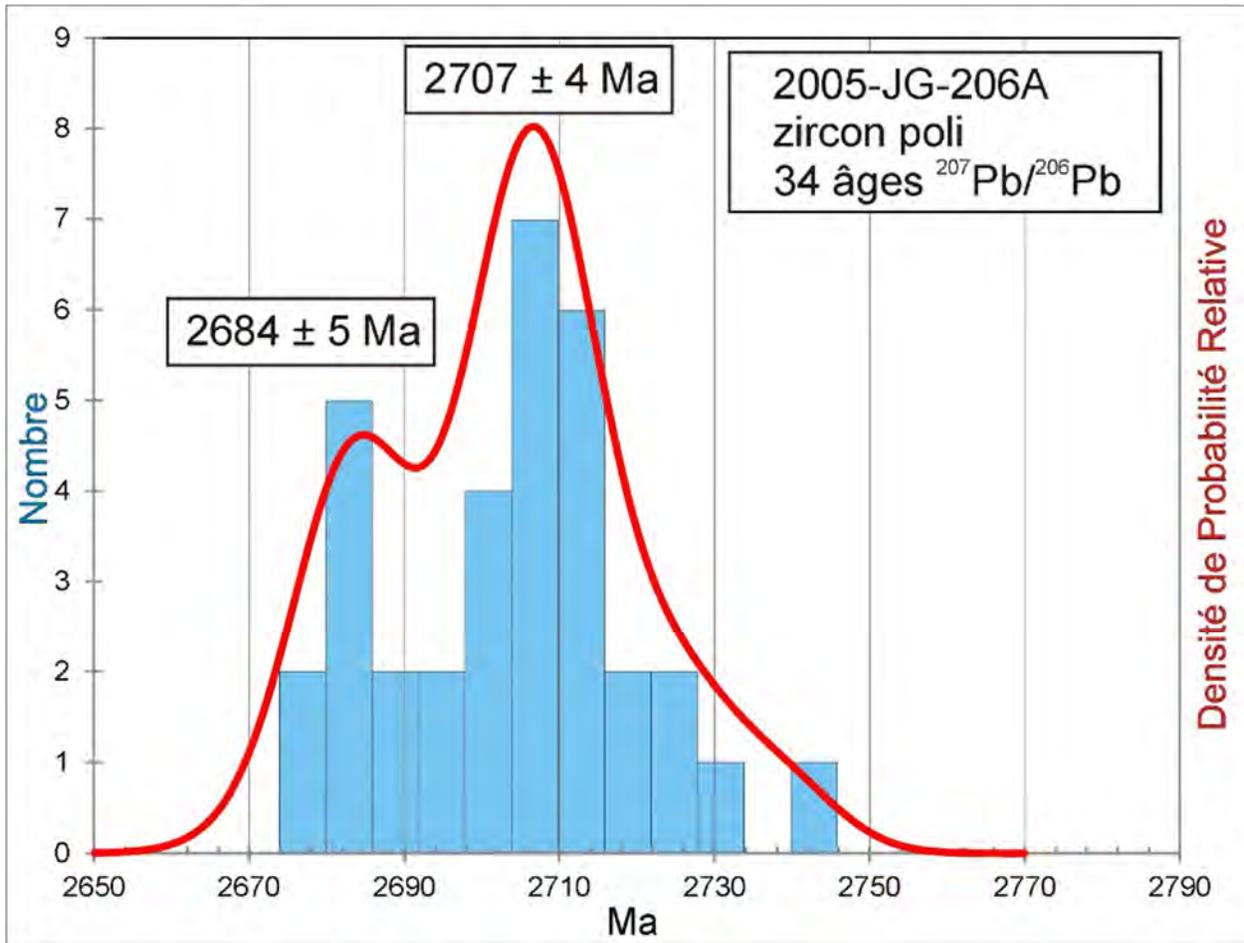


Figure 6.7.5 – Histogramme et diagramme de densité de probabilité relative des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.

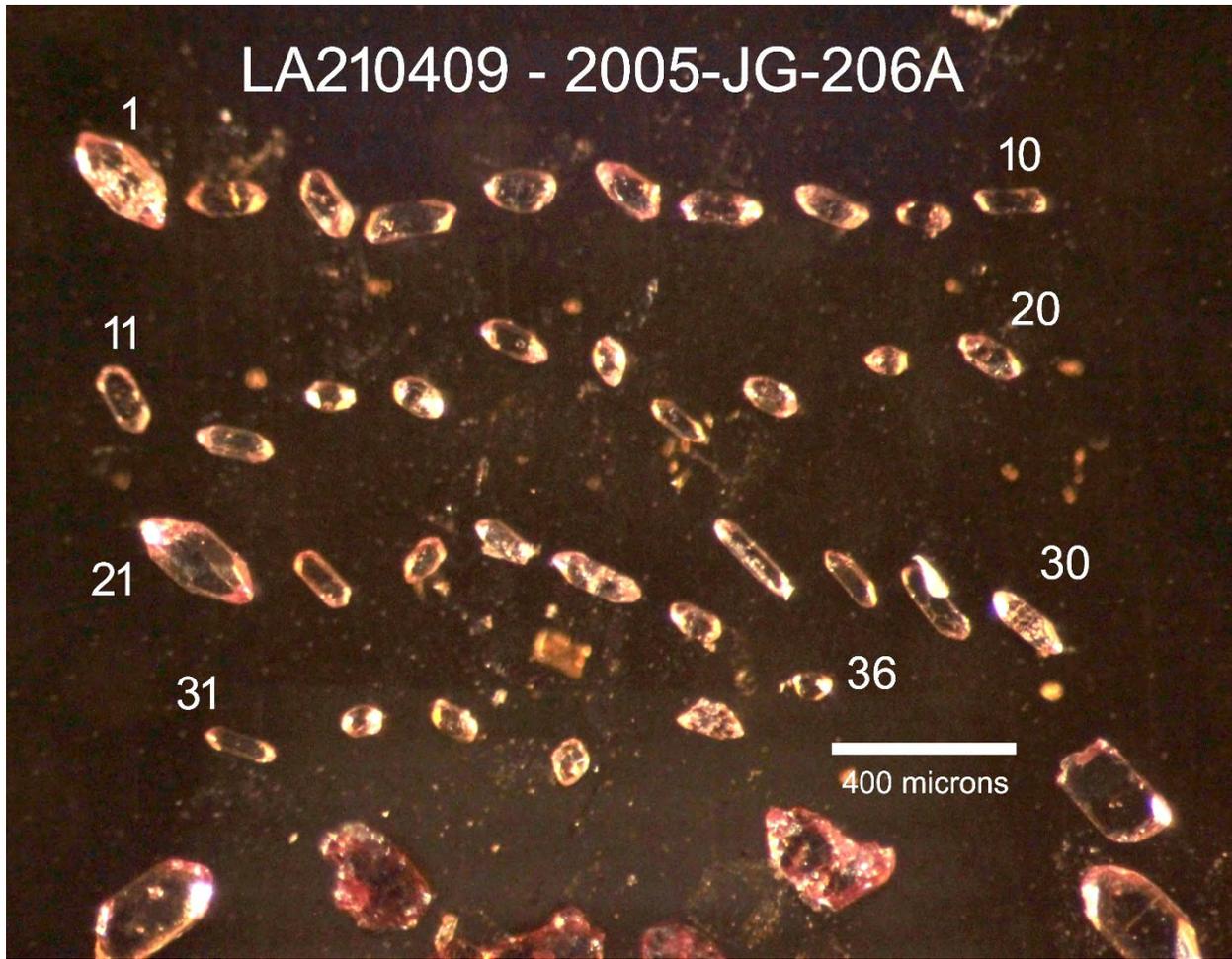


Figure 6.7.6 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A pour l'analyse U-Pb.

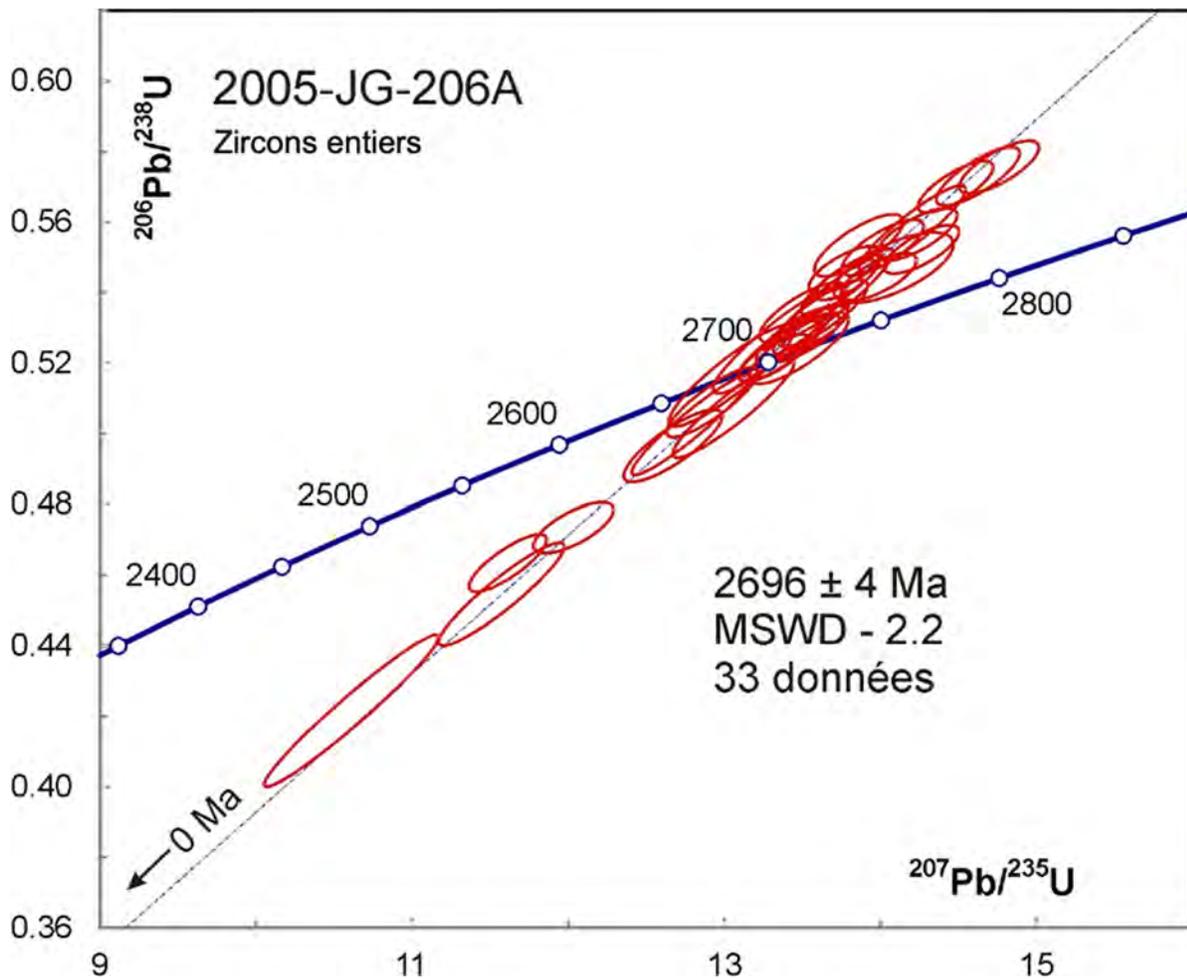


Figure 6.7.7 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur des grains entiers de zircon de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.

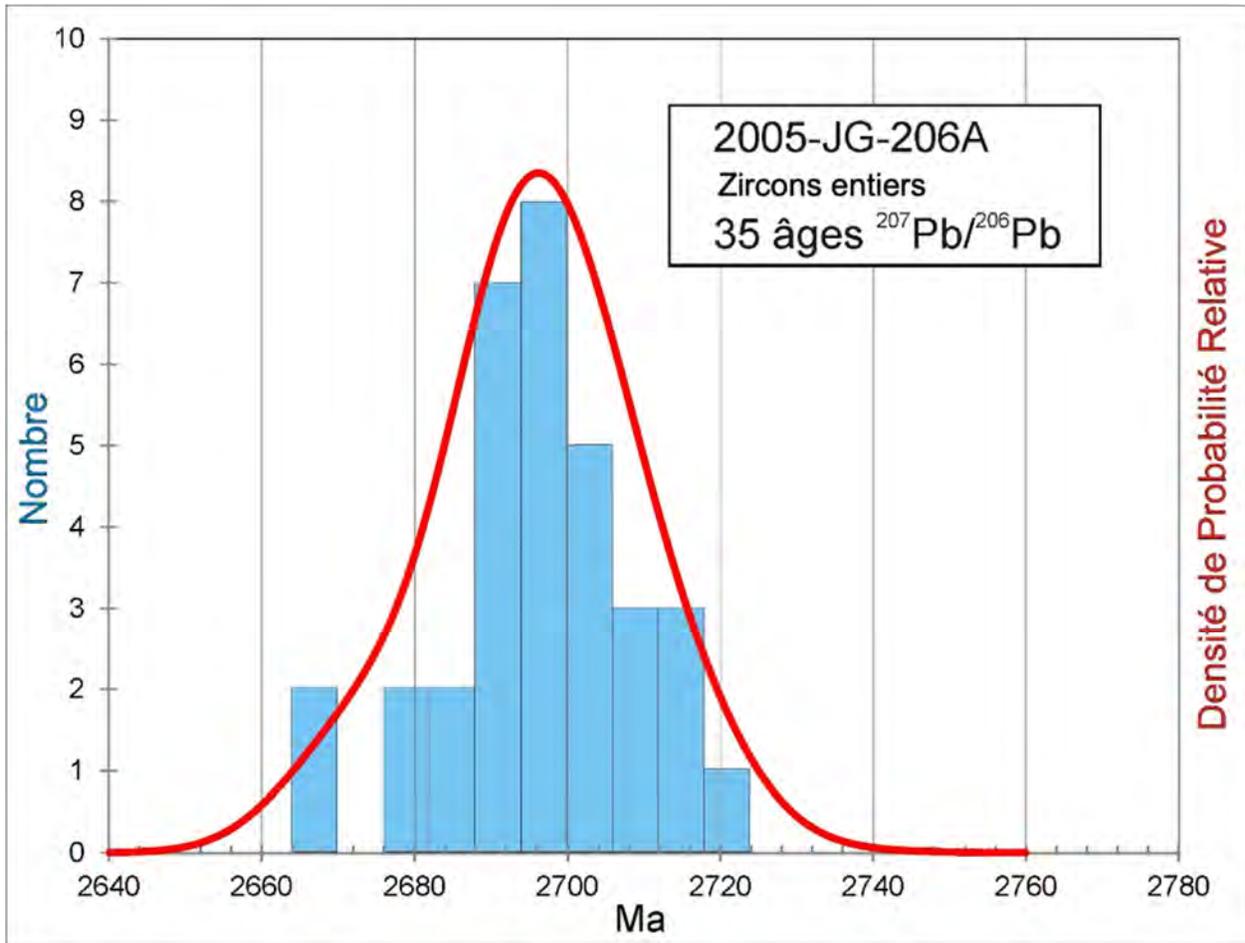


Figure 6.7.8 – Histogramme et diagramme de densité de probabilité relative des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des grains entiers de zircon de l'échantillon de granodiorite 2005-JG-206A.

## 6.8 – 2021-JG-4121A Tonalite à biotite et hornblende

Cet échantillon a donné une petite quantité de zircons sous la forme de prismes trapus et frais (figure 6.8.1). Les images des zircons en BSE (figure 6.8.2) montrent des zones floues oscillatoires et des petits noyaux possibles dans quelques grains (surtout le grain 21). Les analyses U-Pb (figure 6.8.3) montrent une population multimodale. La distribution des densités de probabilité des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  indique la présence de deux composantes (figure 6.8.4). Le plus jeune à  $2683 \pm 2$  Ma représente la meilleure estimation de l'âge de l'intrusion. La seconde composante âgée de  $2708 \pm 4$  Ma est probablement hérité d'un socle néoarchéen.

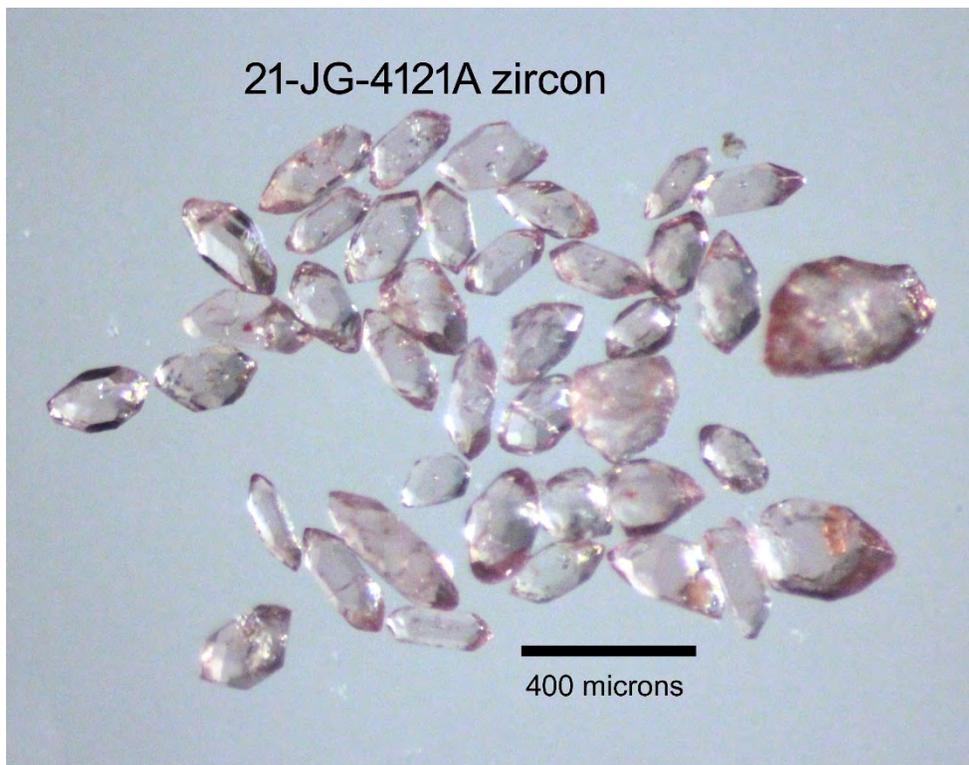


Figure 6.8.1 – Zircons sélectionnés à partir de l'échantillon 2021-JG-4121A.

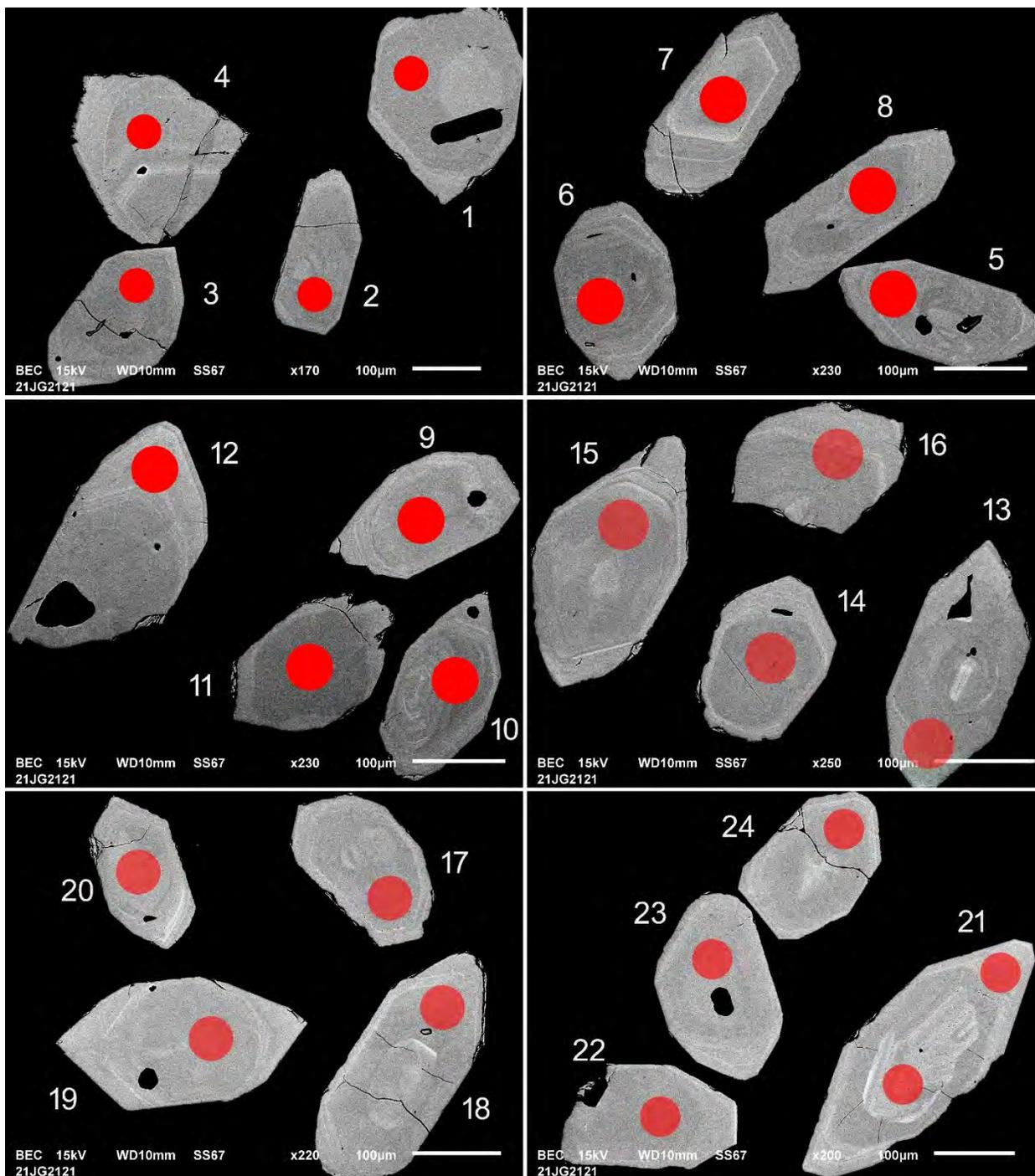


Figure 6.8.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-JG-4121A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

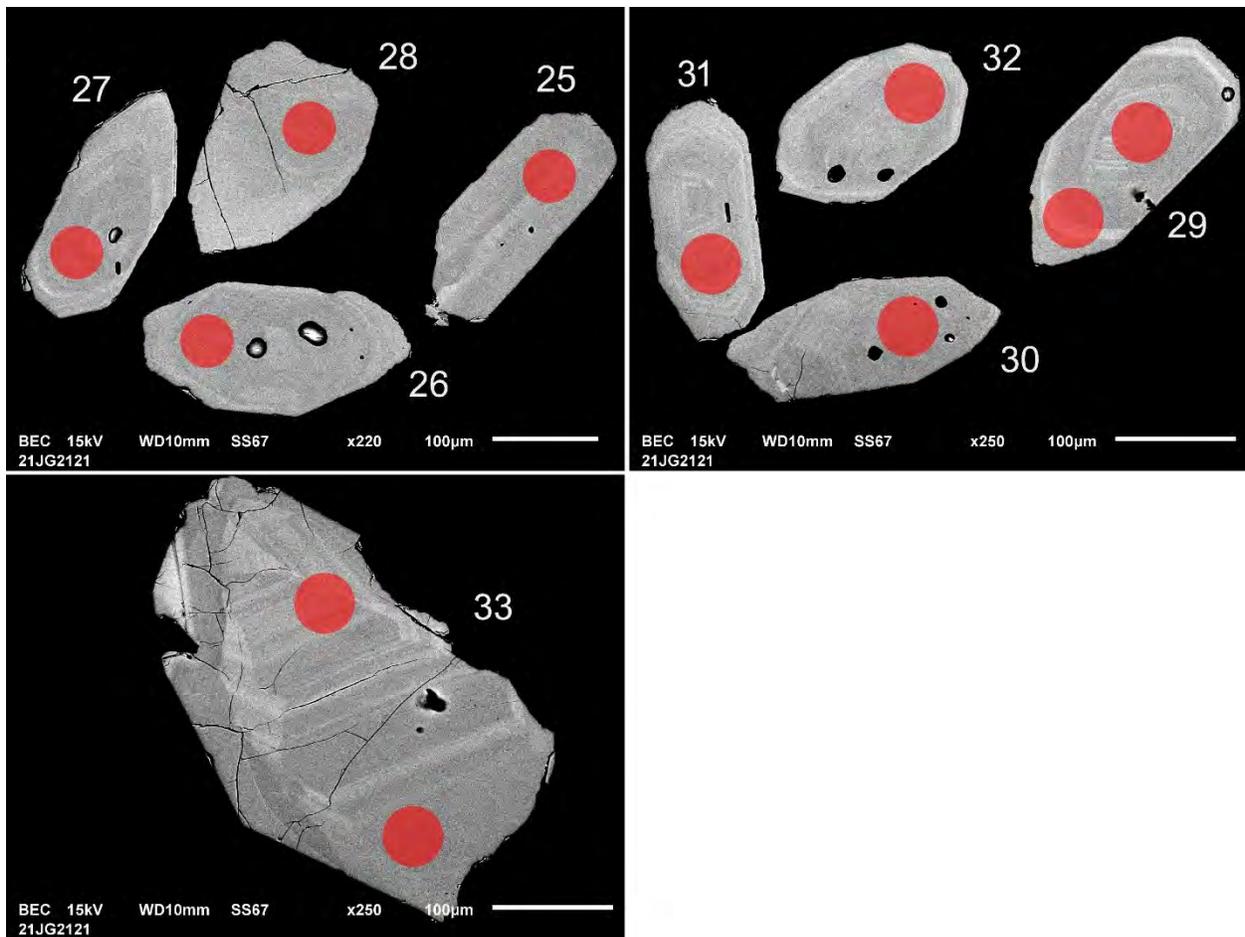


Figure 6.8.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon 2021-JG-4121A. Les cercles marquent les sites analysés par LA-ICP-MS.

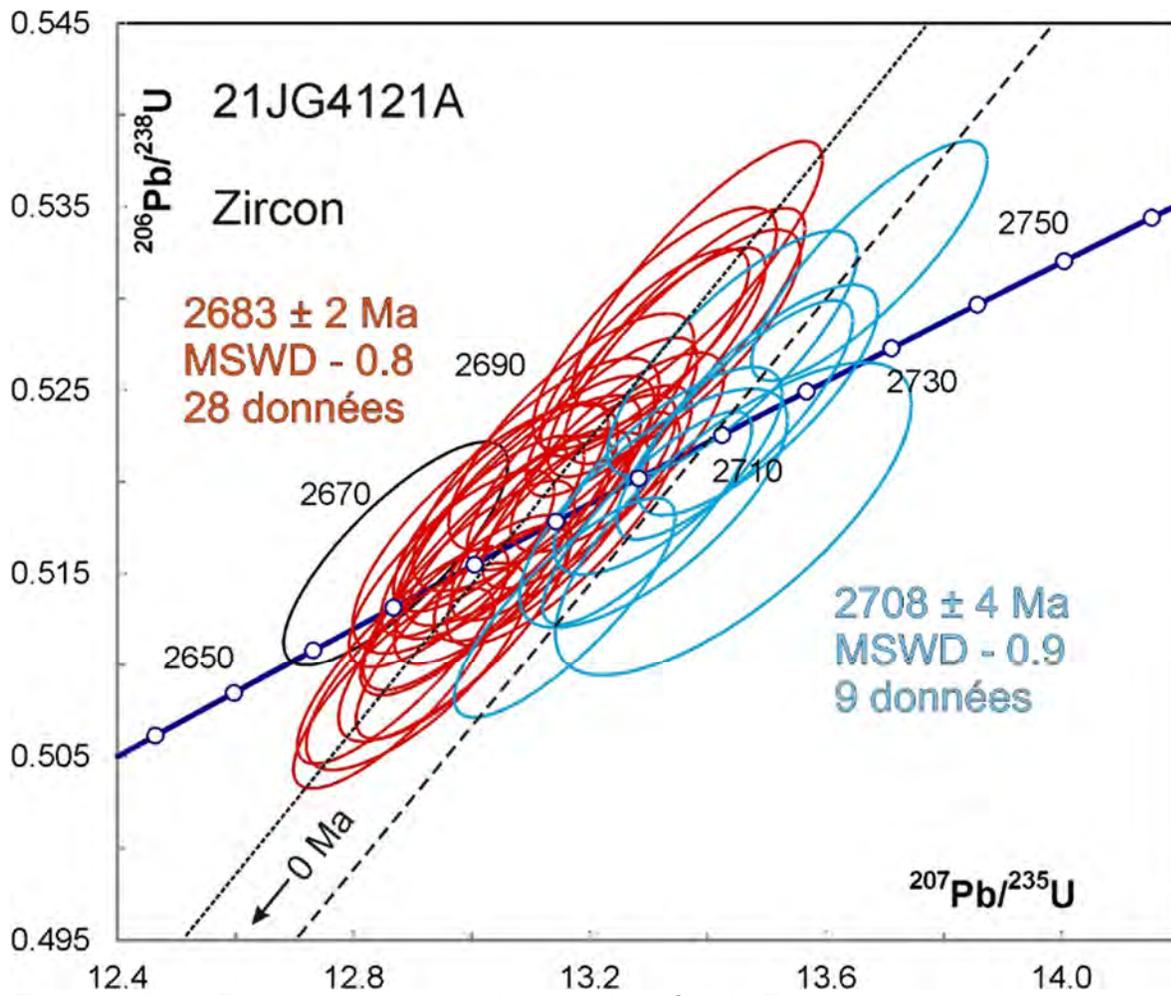


Figure 6.8.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des zircons de l'échantillon 2021-JG-4121A. Les données de l'ellipse en noir ne sont pas incluses dans les calculs des âges moyens.

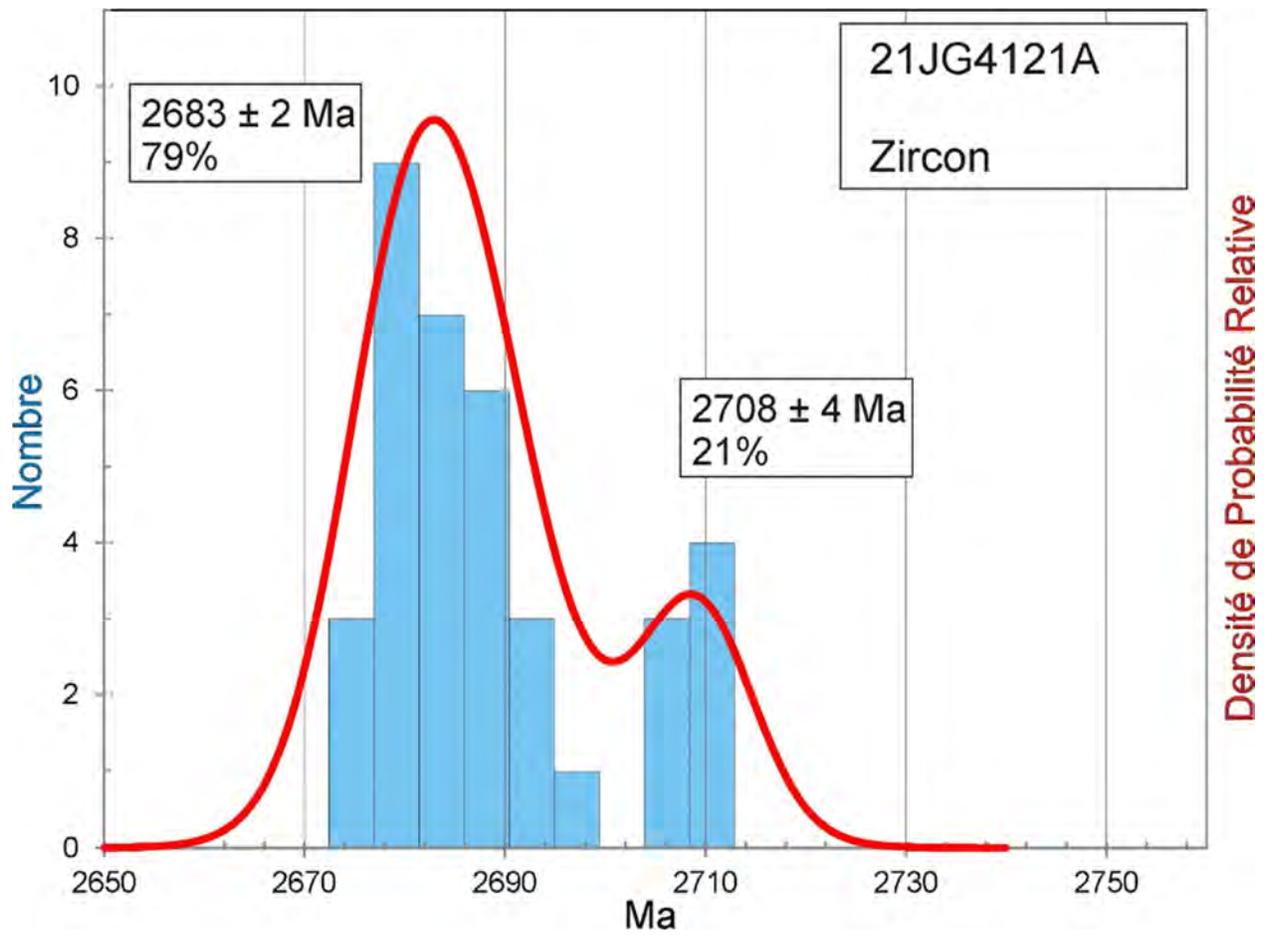


Figure 6.8.4 – Diagramme de densité de probabilité relative et histogramme des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons de l'échantillon 2021-JG-4121A. Les estimations des âges et les proportions des deux composantes sont indiquées.

## 6.9 – 2012-ML-1044A Syénite quartzifère sodique à pyroxène, magnétite et biotite

Cet échantillon a donné des zircons frais euhédres sous la forme de grains trapus et de prismes courts à facettes multiples (figure 6.9.1). Les cinq grains les plus grands ont été montés dans l'époxy et polis. Les images en BSE montrent des zones oscillatoires en bordure des grains (figure 6.9.2). Les analyses U-Pb donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2698 \pm 4$  Ma (MSWD = 1,6). Les grains plus petits ont été fixés sur du ruban adhésif pour analyse des surfaces naturelles (figure 6.9.4). Les analyses de 22 grains donnent un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2698 \pm 3$  Ma (MSWD = 1,0) qui représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de cette syénite.

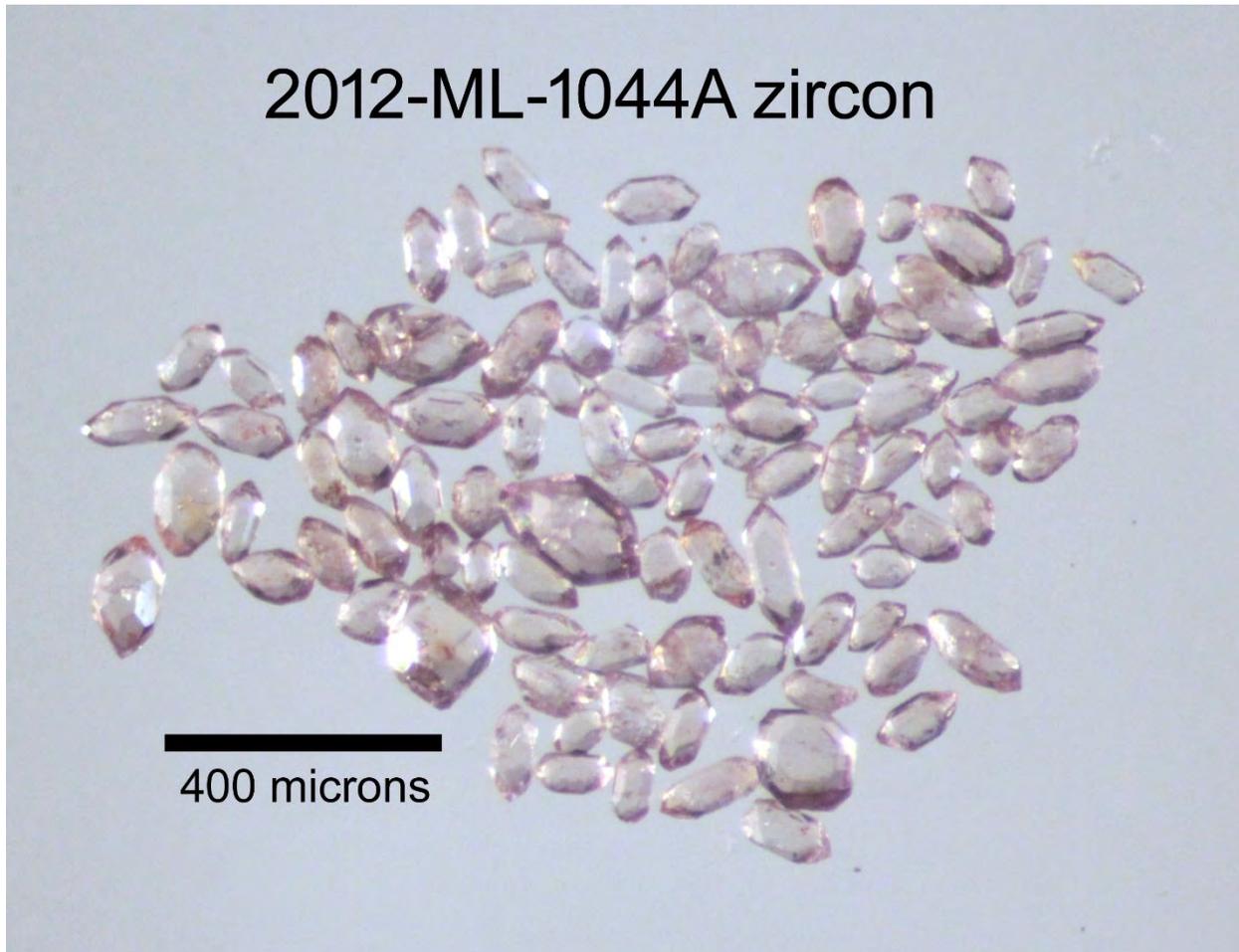


Figure 6.9.1 – Zircons sélectionnés à partir de la syénite 2012-ML-1044A.

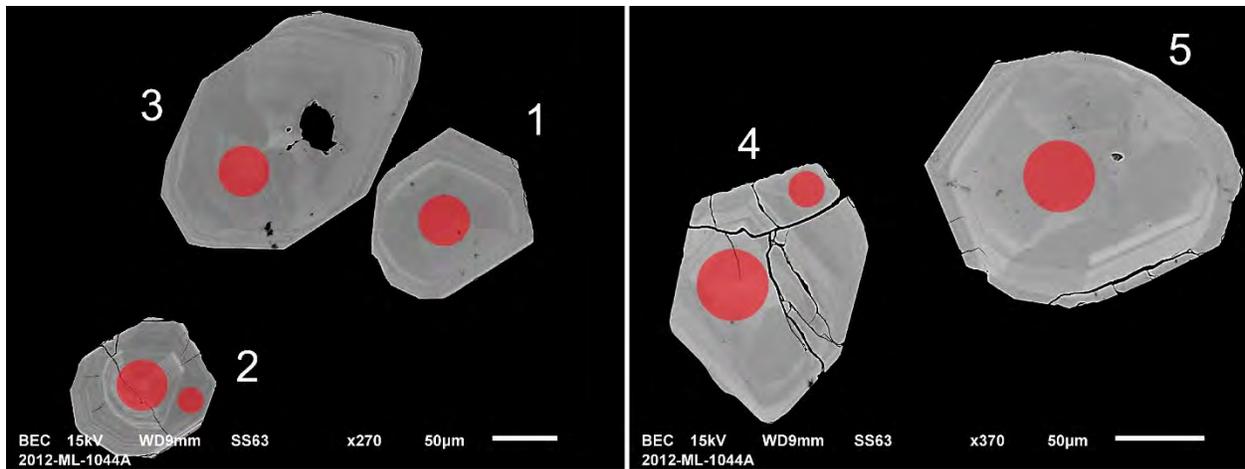


Figure 6.9.2 – Images en BSE des zircons polis de la syénite 2012-ML-1044A. Les cercles rouges marquent les sites des analyses par LA-ICP-MS.

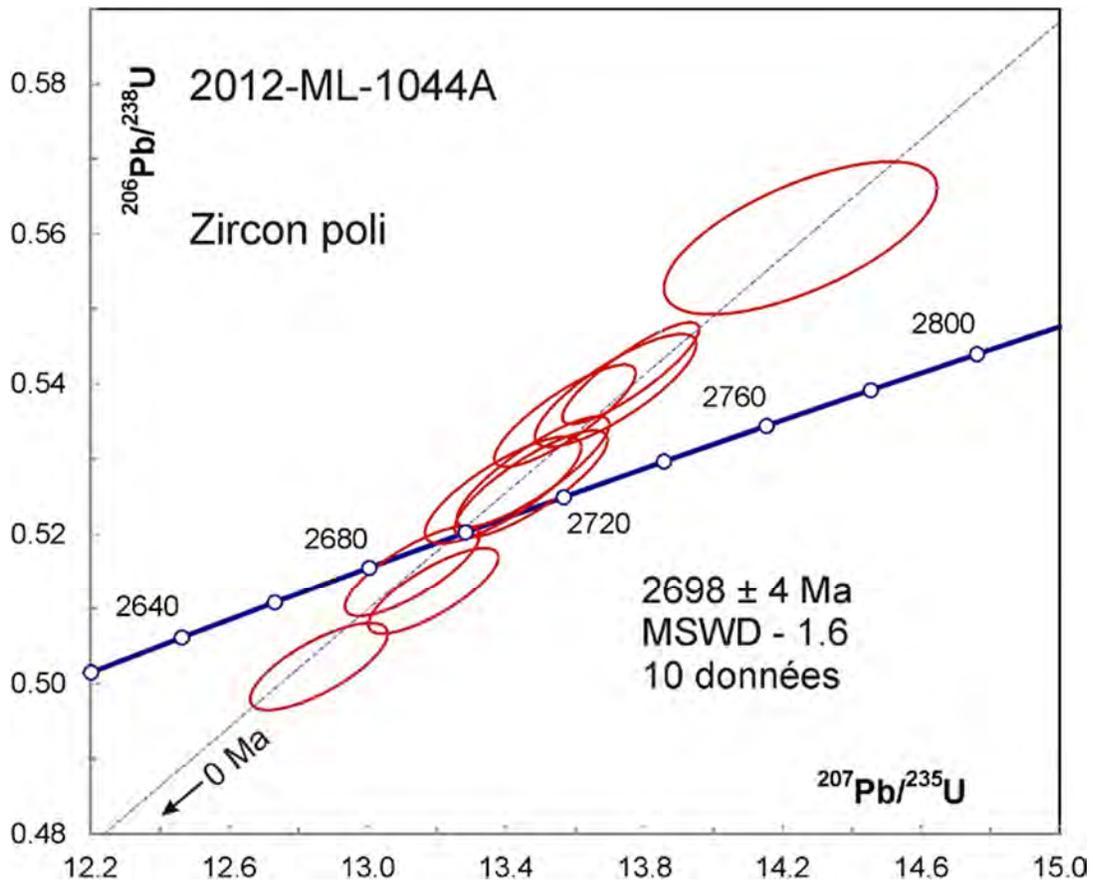


Figure 6.9.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur les zircons polis de la syénite 2012-ML-1044A.

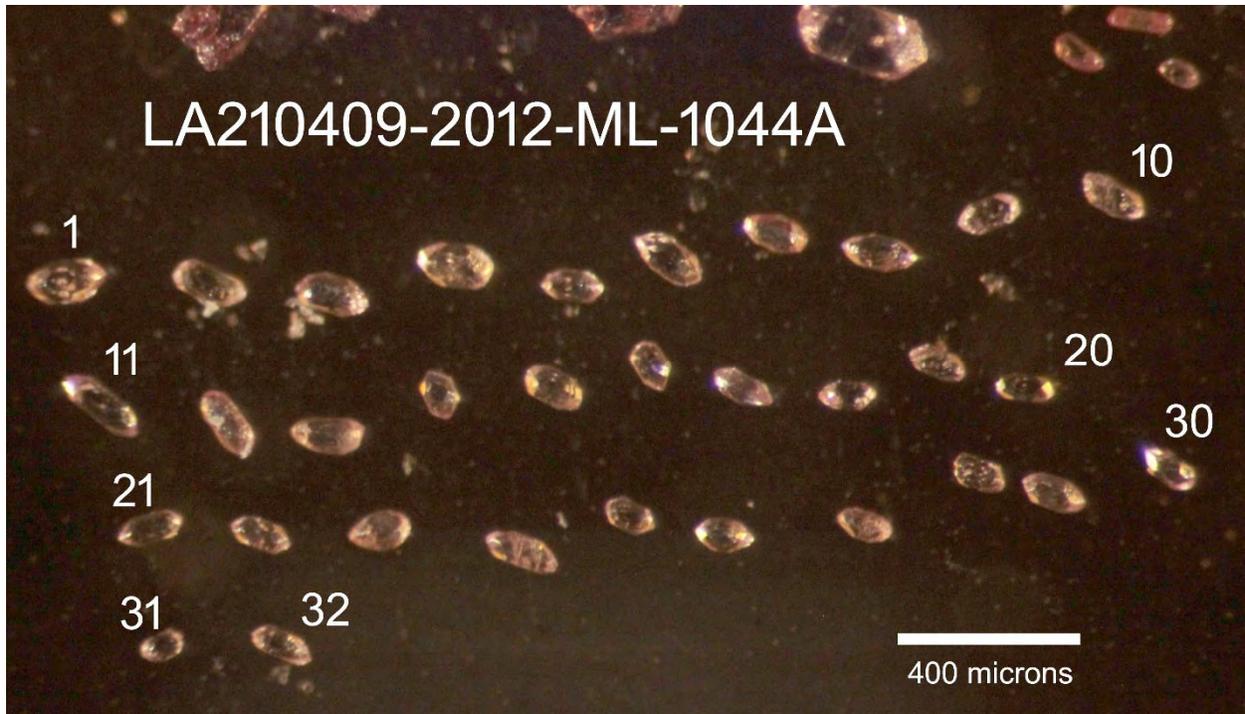


Figure 6.9.4 – Zircons sélectionnés à partir de la syénite 2012-ML-1044A pour analyse U-Pb sur grains entiers.

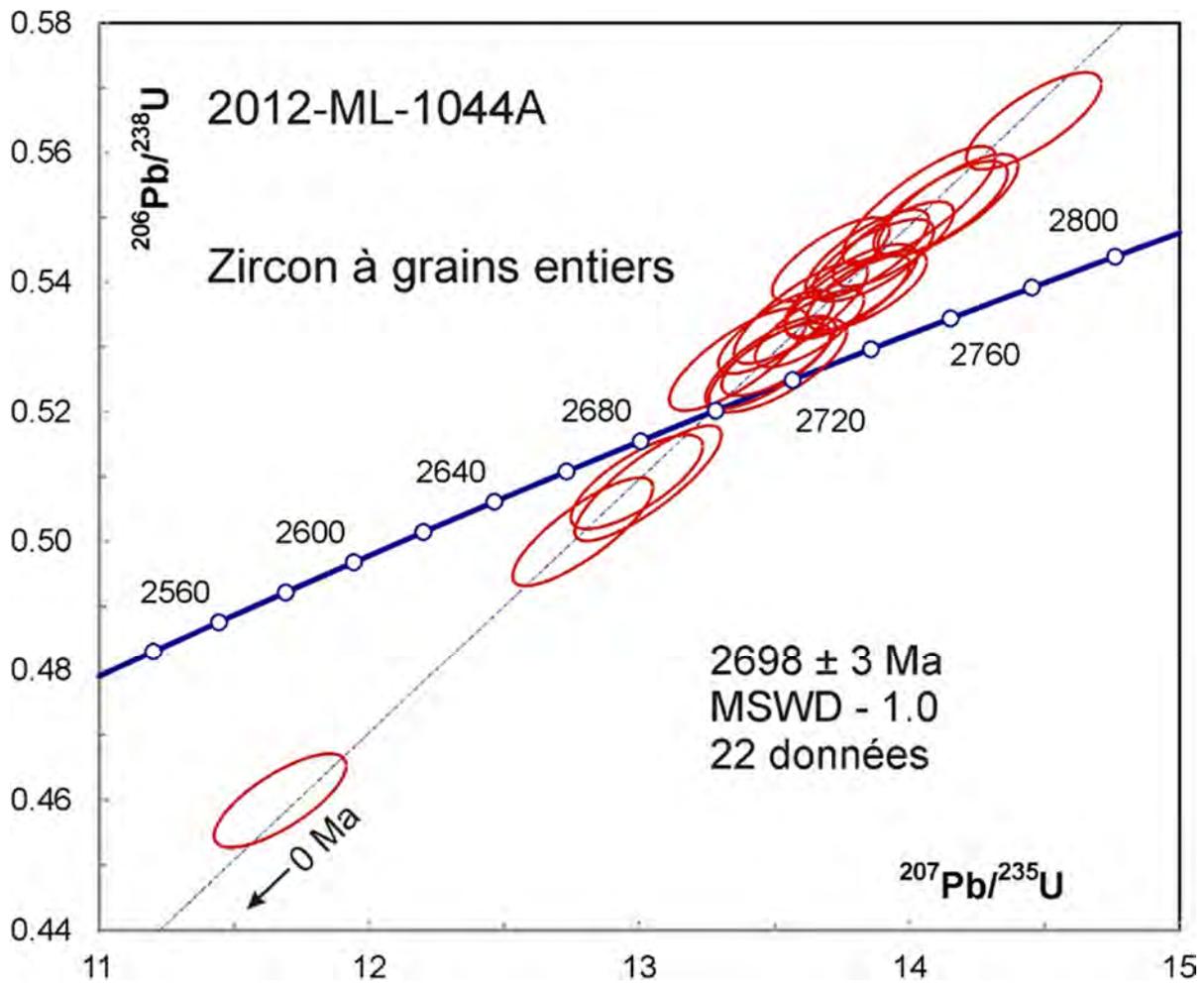


Figure 6.9.5 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur des grains entiers de zircon de la syénite 2012-ML-1044A.

## 6.10 – 2012-ML-1063A Syénite à feldspath alcalin avec biotite, pyroxène et magnétite

Cet échantillon a donné des zircons formant des fragments plus ou moins altérés (figure 6.10.1). Les images en BSE indiquent que les zircons frais présentent des domaines uniformes sans évidence de noyau (figure 6.10.2). Les analyses U-Pb s'accordent avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2694 \pm 2$  Ma (MSWD = 1,3, figure 6.10.3) qui constitue la meilleure estimation pour la cristallisation de la syénite.

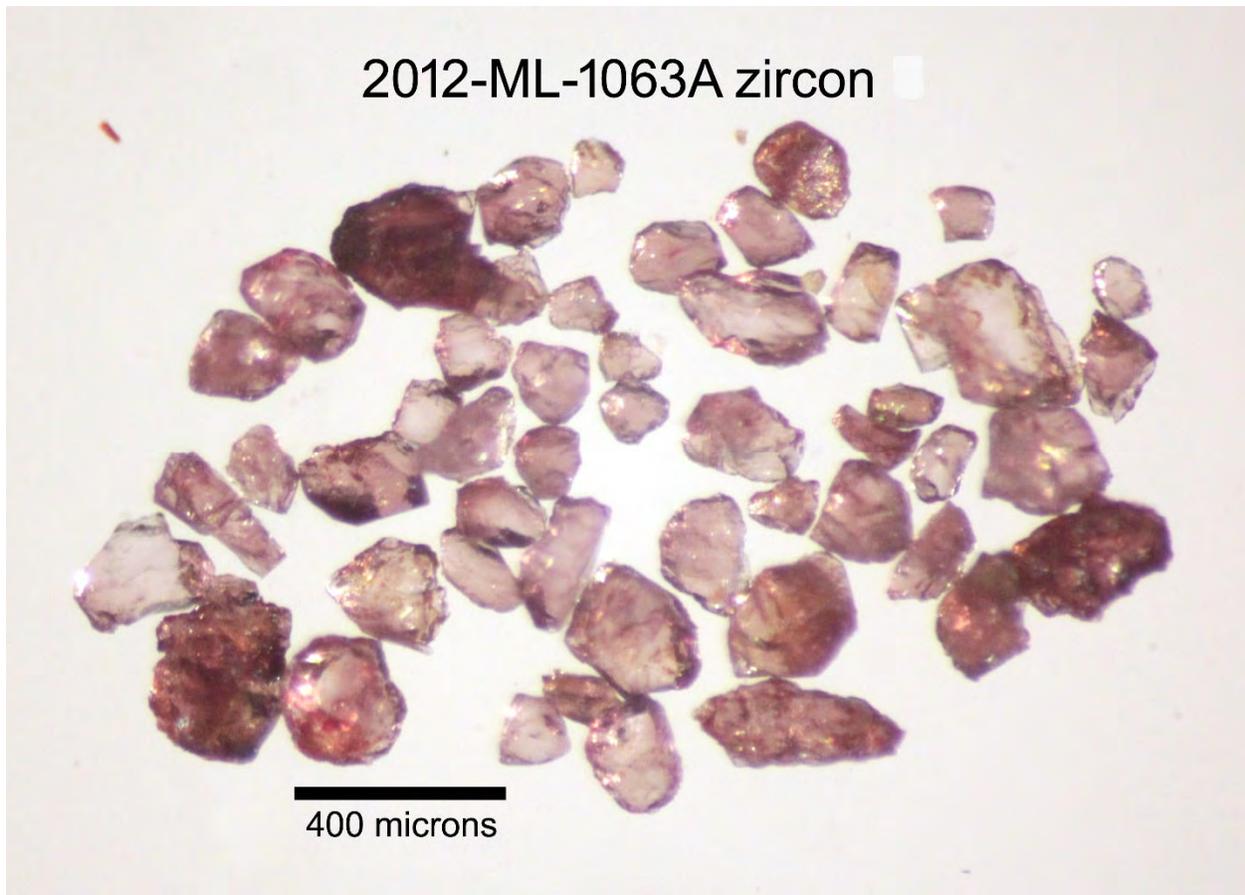


Figure 6.10.1 – Zircons sélectionnés à partir de la syénite 2012-ML-1063A.

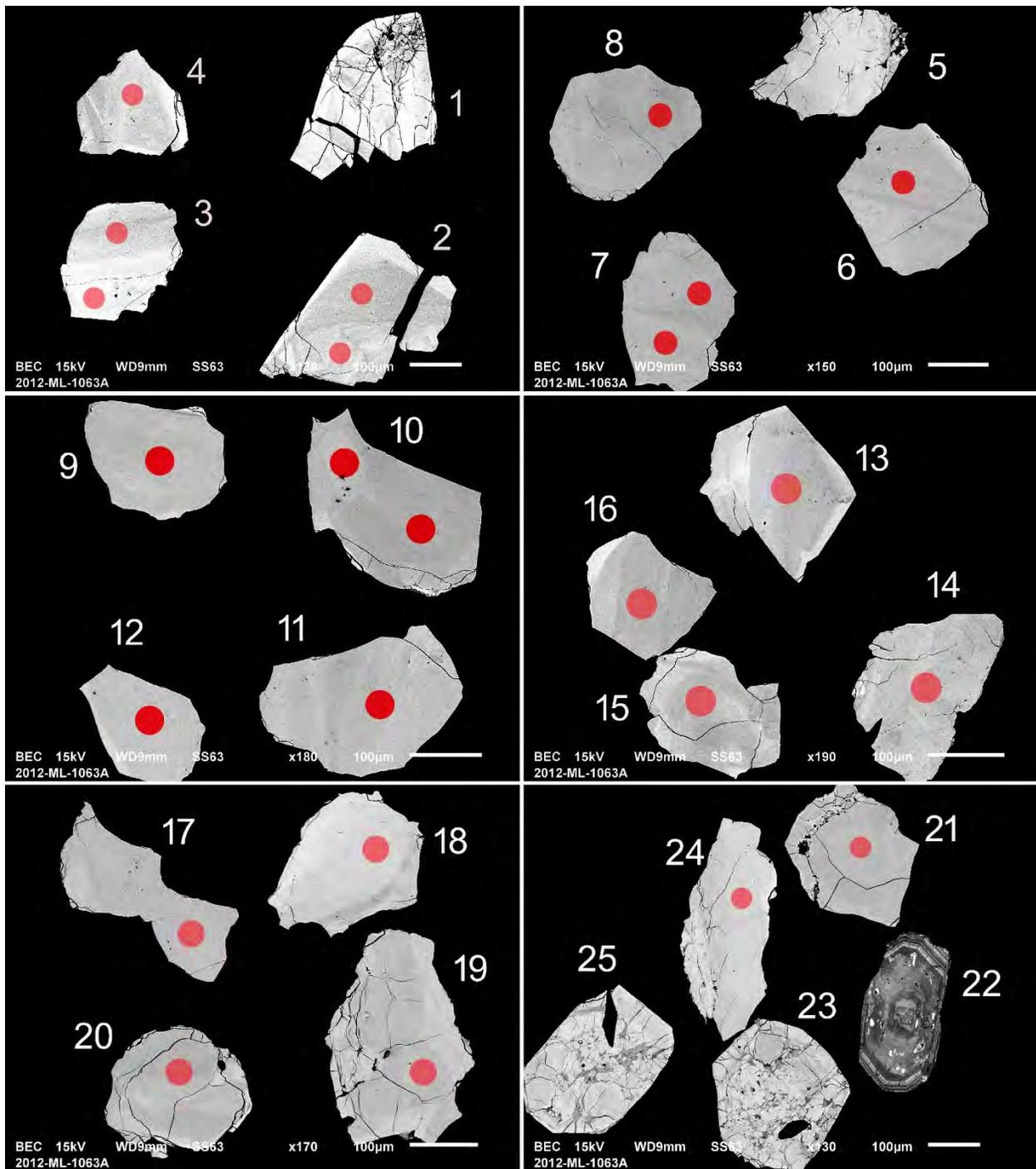


Figure 6.10.2 – Images en BSE des zircons polis de la syénite 2012-ML-1063A. Les cercles rouges marquent des sites des analyses par LA-ICP-MS.

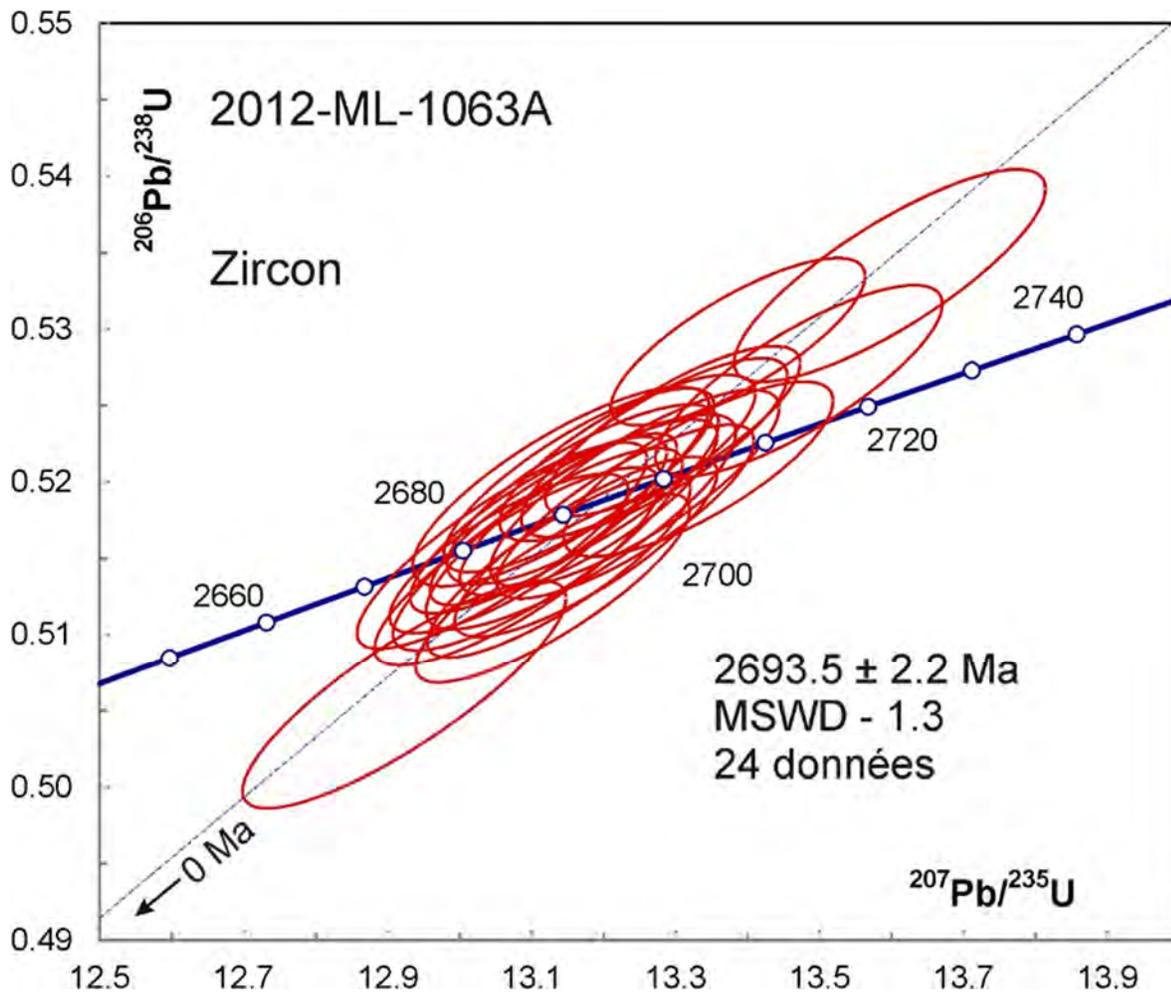


Figure 6.10.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur des zircons polis de la syénite 2012-ML-1063A.

### 6.11 – 2012-ML-1079A Monzodiorite quartzifère à hornblende, biotite et magnétite

Cet échantillon a donné des zircons euhédres généralement sous la forme de grains frais et trapus à facettes multiples (figure 6.11.1). Les images en BSE montrent une structure uniforme avec des zonations plutôt épaisses (figure 6.11.2). Les analyses U-Pb s'accordent avec un âge  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  moyen de  $2698 \pm 2$  Ma (MSWD = 1,1, figure 6.11.3) qui représente la meilleure estimation pour cristallisation de cette syénite. Les rapports Th/U sont plus élevés ( $> 1,0$ ) que les valeurs typiques des granitoïdes et plus typiques des gabbros. C'est aussi le cas pour la morphologie des zircons.

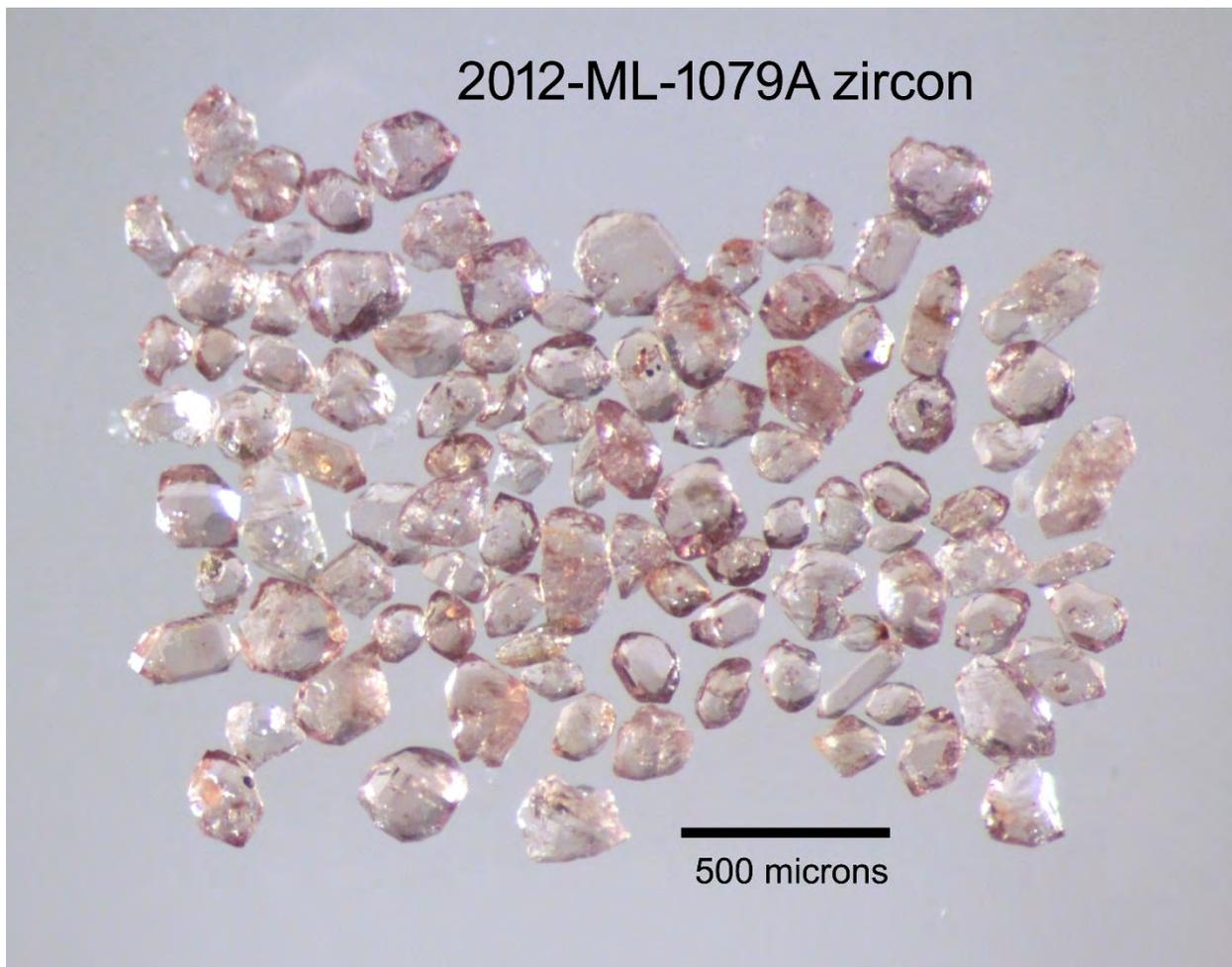


Figure 6.11.1 – Zircons sélectionnés à partir de la monzodiorite 2012-ML-1079A.

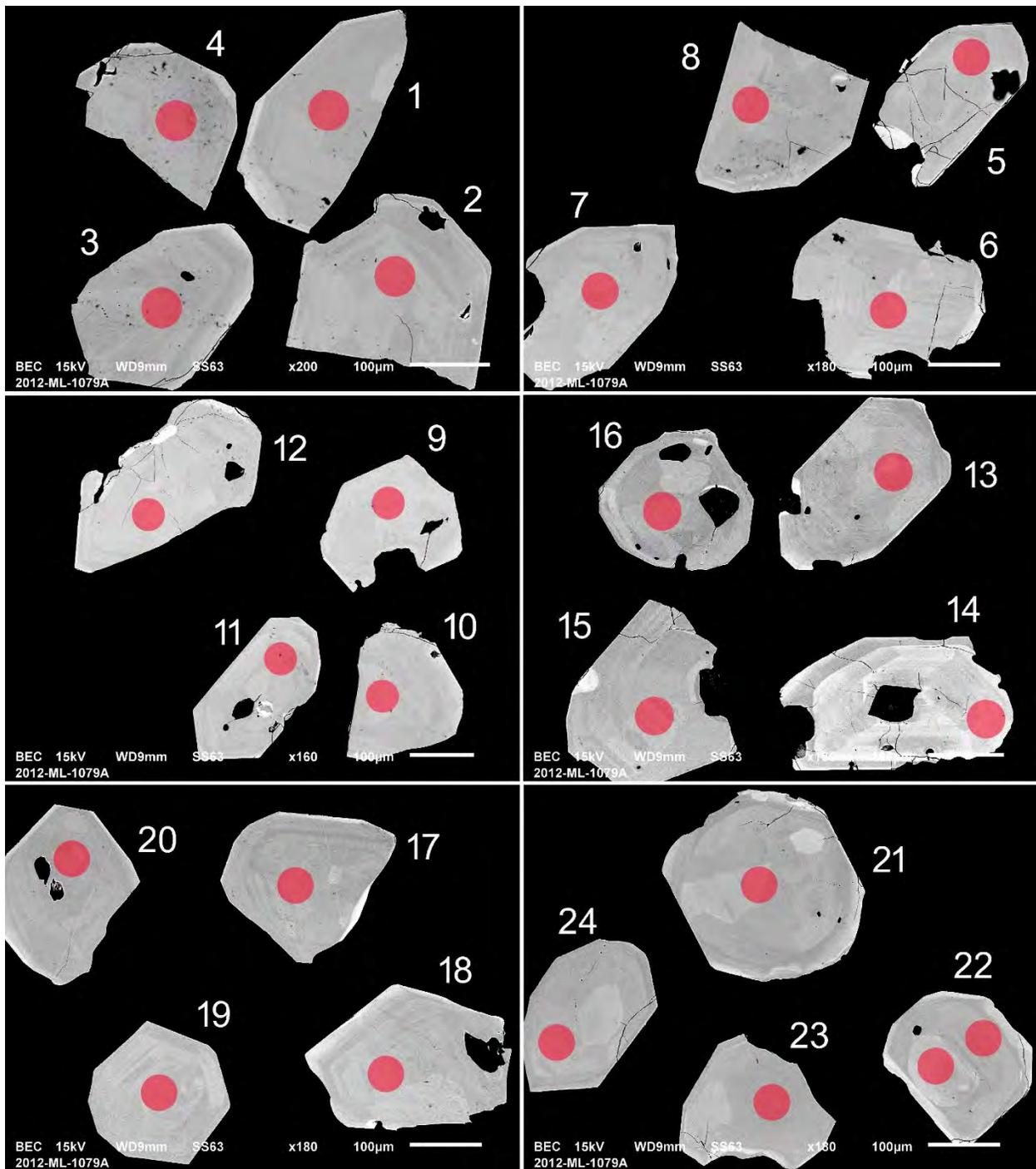


Figure 6.11.2 – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite 2012-ML-1079A. Les cercles marquent les sites des analyses par LA-ICP-MS.

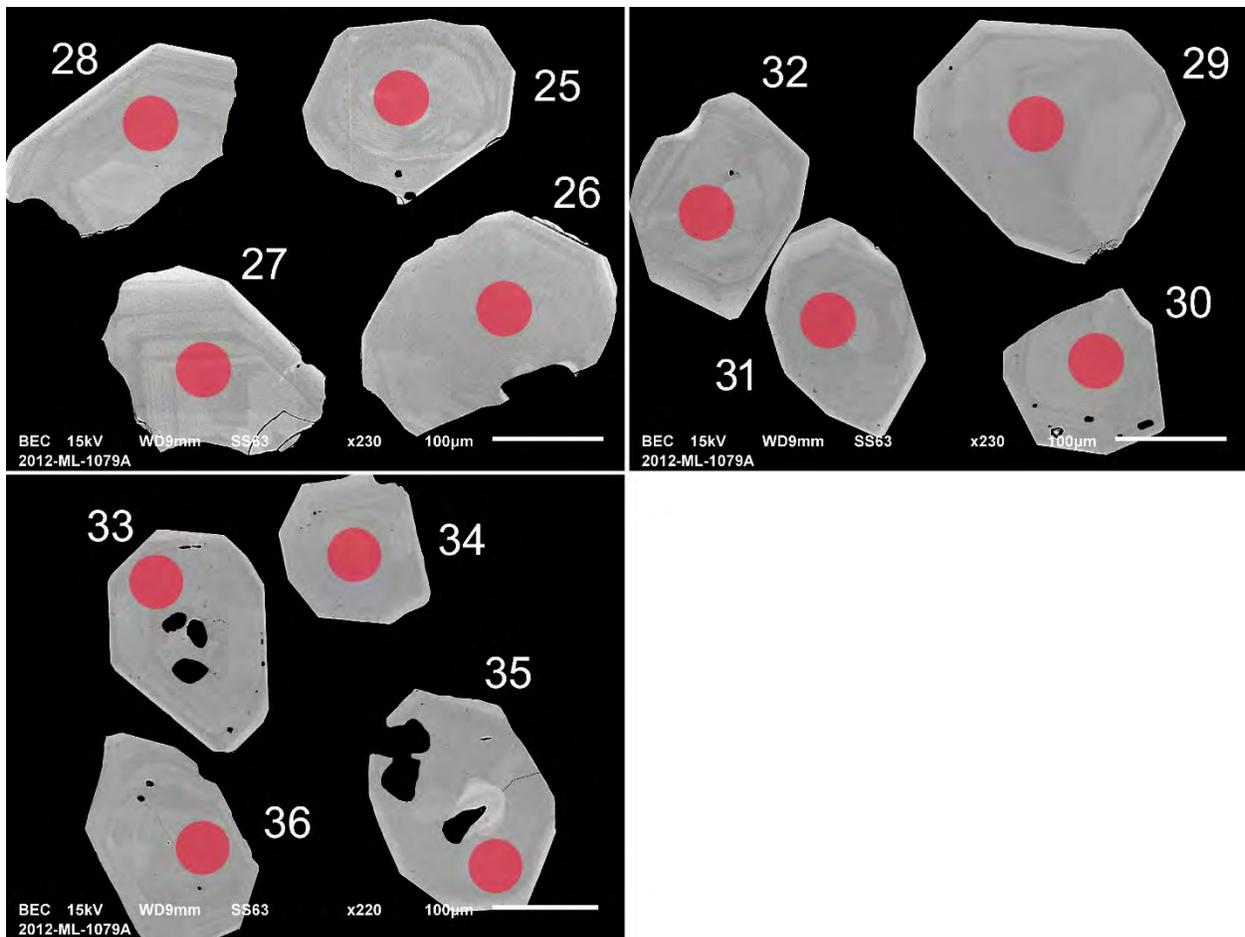


Figure 6.11.2 (suite) – Images en BSE des zircons polis de l'échantillon de monzodiorite 2012-ML-1079A. Les cercles marquent les sites des analyses par LA-ICP-MS.

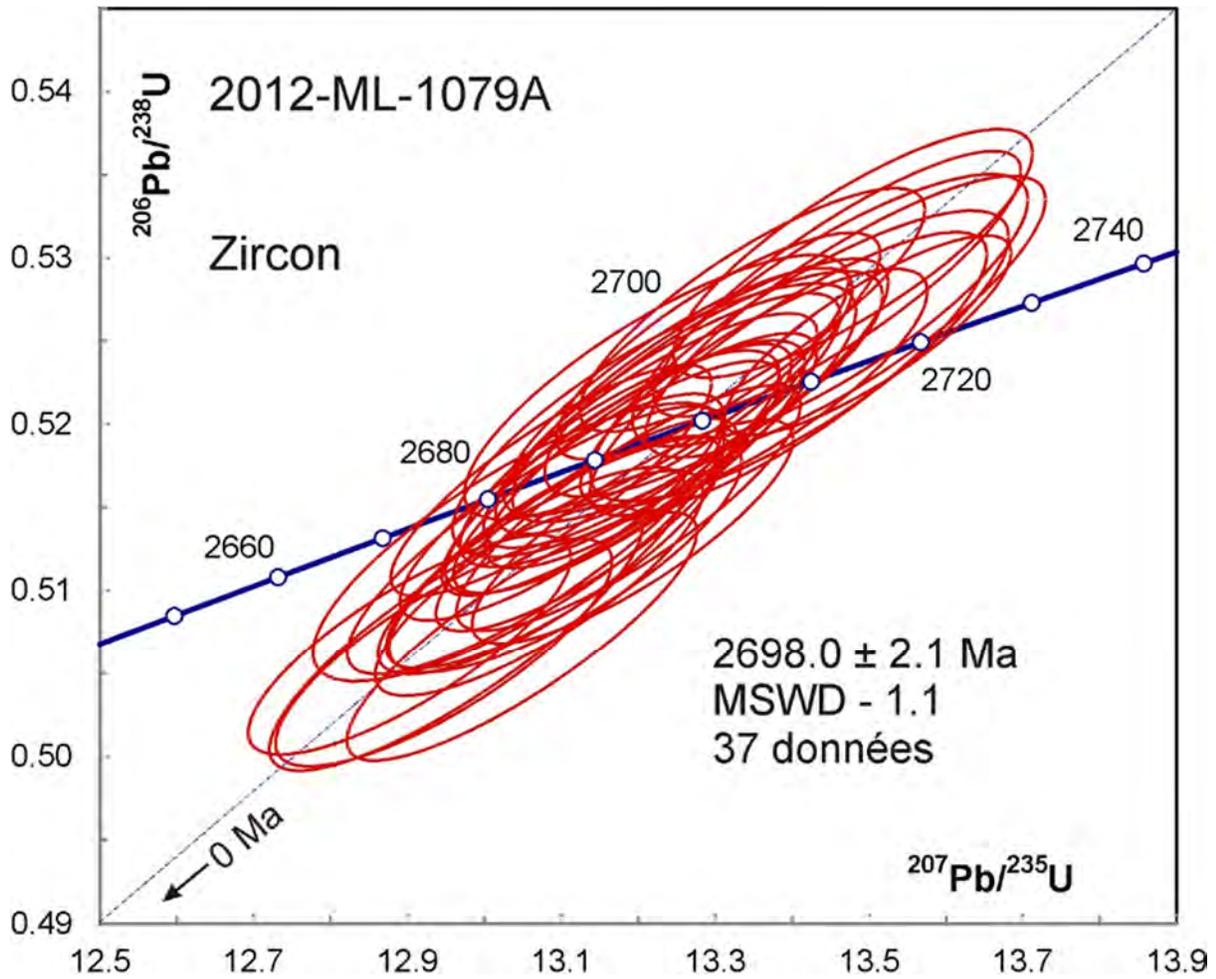


Figure 6.11.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur les zircons de l'échantillon de monzodiorite 2012-ML-1079A.

## 6.12 – 2014-FL-2021A, Conglomérat polygénique

Cet échantillon a donné des zircons frais qui forment pour la plupart des grains trapus euhédres (figure 6.12.1). Les images en BSE montrent des structures diverses avec des zones uniformes et oscillatoires (figure 6.12.2). Les analyses U-Pb donnent des données quasi concordantes avec des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  variables (figure 6.12.3). D'après l'analyse numérique de Sambridge et Compston (1994), la distribution comprend deux modes principaux à  $2707 \pm 3$  Ma et  $2737 \pm 3$  Ma en proportions quasi égales, avec des composantes mineures avec des âges autour de 2800 Ma (figure 6.12.4). La composante la plus jeune ( $2707 \pm 3$  Ma) représente la meilleure estimation de l'âge maximal de déposition du conglomérat. Statistiquement, l'âge maximal ne peut correspondre à l'âge du grain individuel le plus jeune ( $2694 \pm 7$  Ma) puisque les analyses font partie d'une distribution dont on cherche la composante la plus jeune. L'analyse à  $2694 \pm 7$  Ma représente probablement la partie inférieure de la distribution.

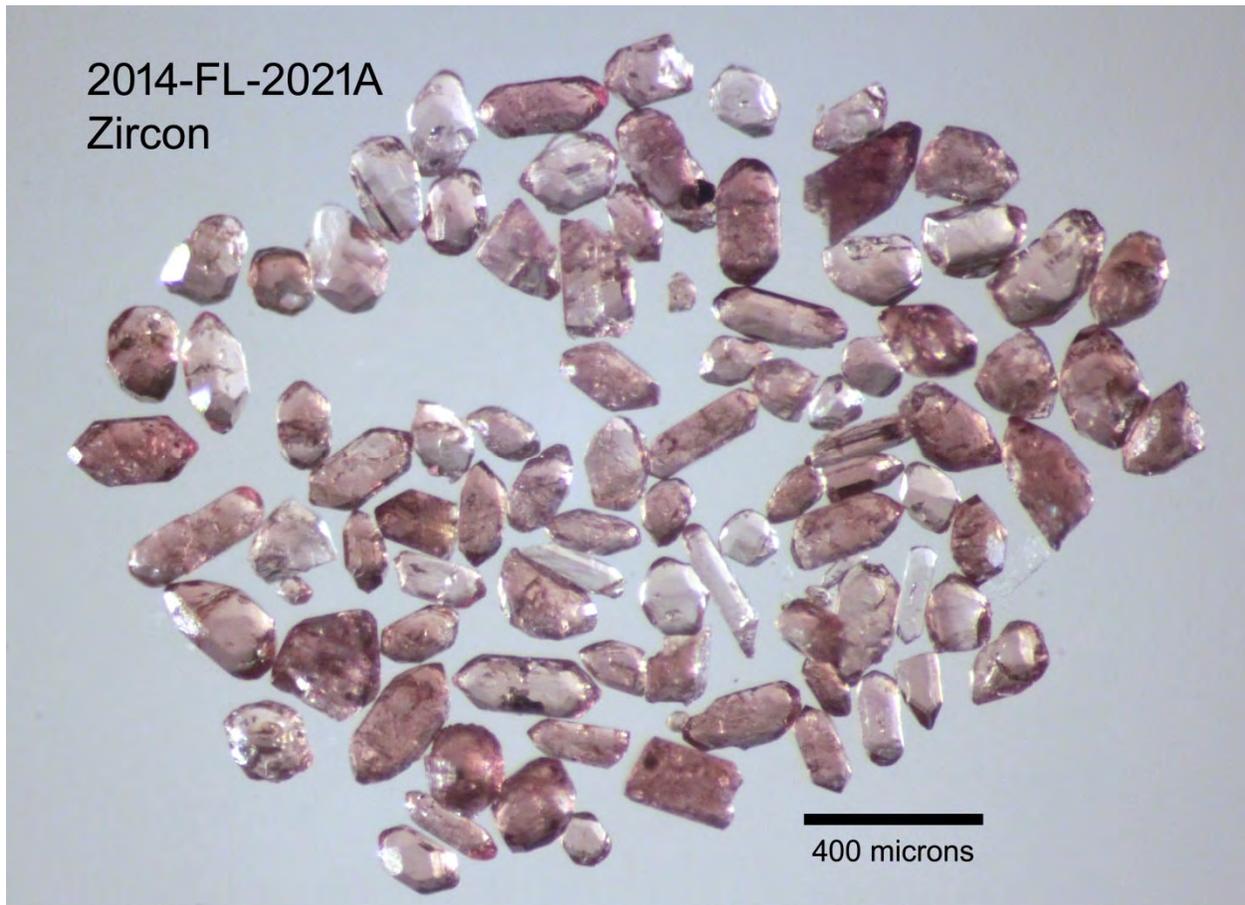


Figure 6.12.1 – Zircons sélectionnés à partir du conglomérat 2014-FL-2021A.

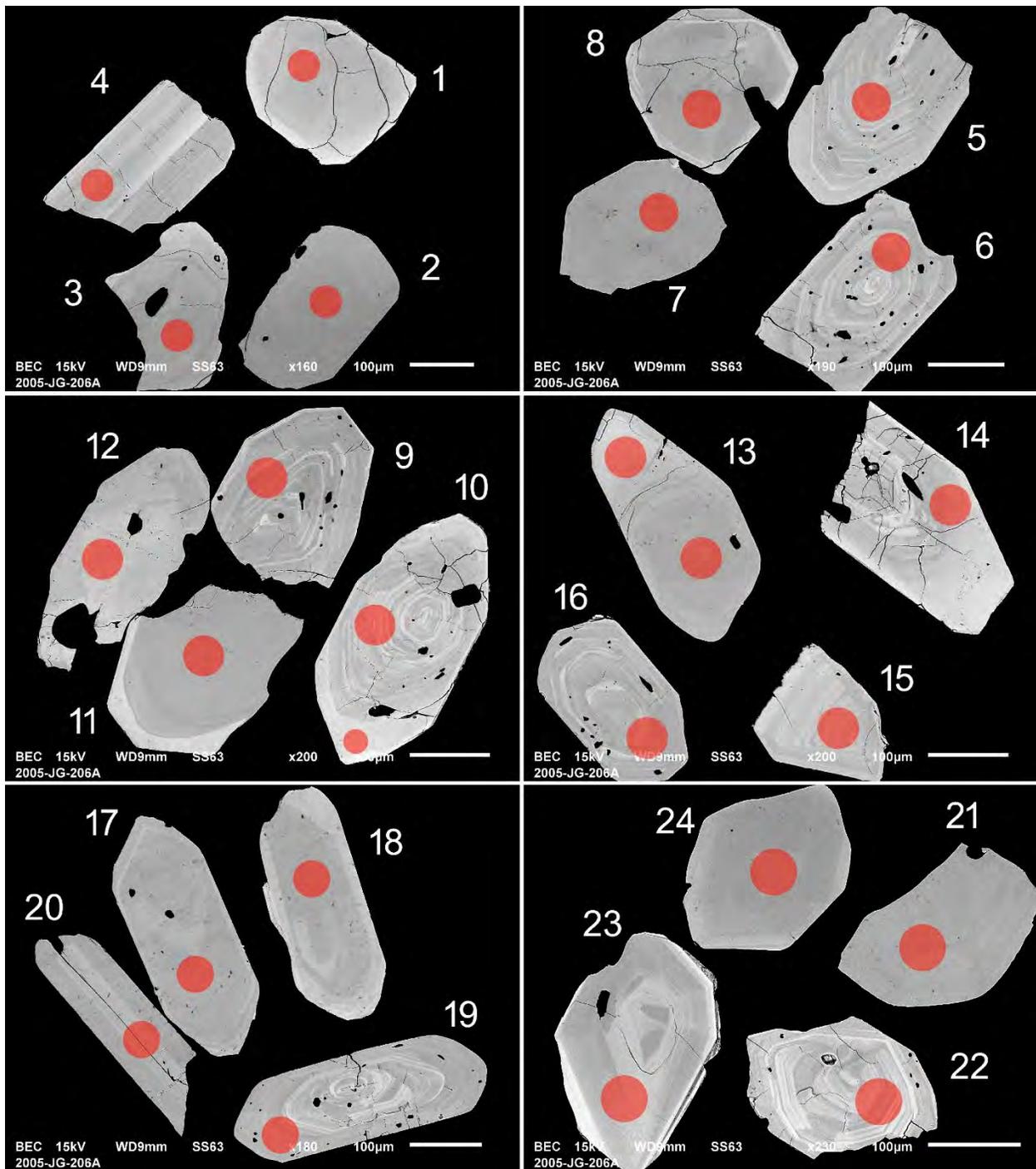
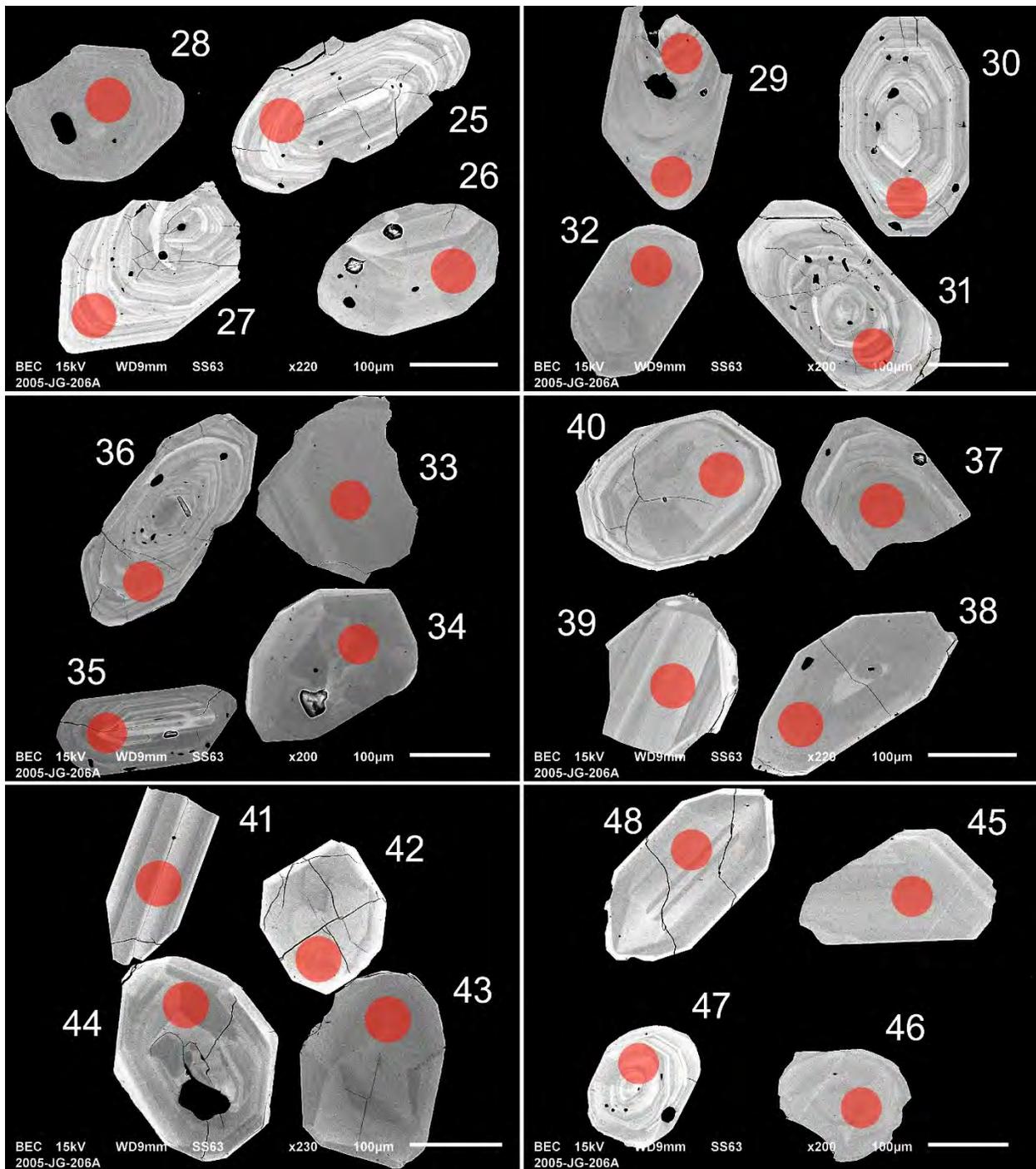


Figure 6.12.2 – Images en BSE de zircons polis de l'échantillon de conglomérat 2014-FL-2021A. Les cercles marquent les sites des analyses par LA-ICP-MS.



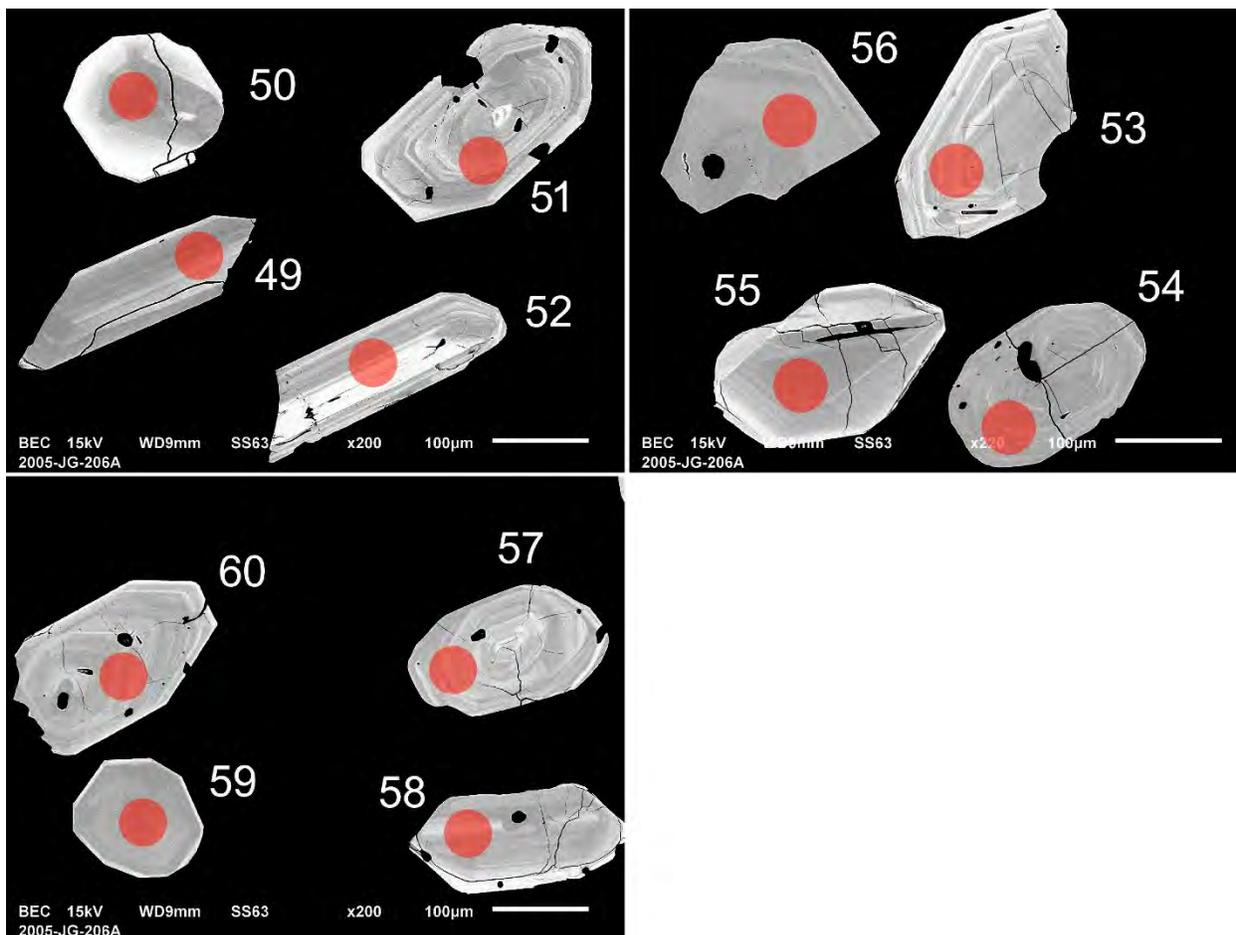


Figure 6.12.2 (suite) – Images en BSE de zircons polis de l'échantillon de conglomérat 2014-FL-2021A. Les cercles marquent les sites des analyses par LA-ICP-MS.

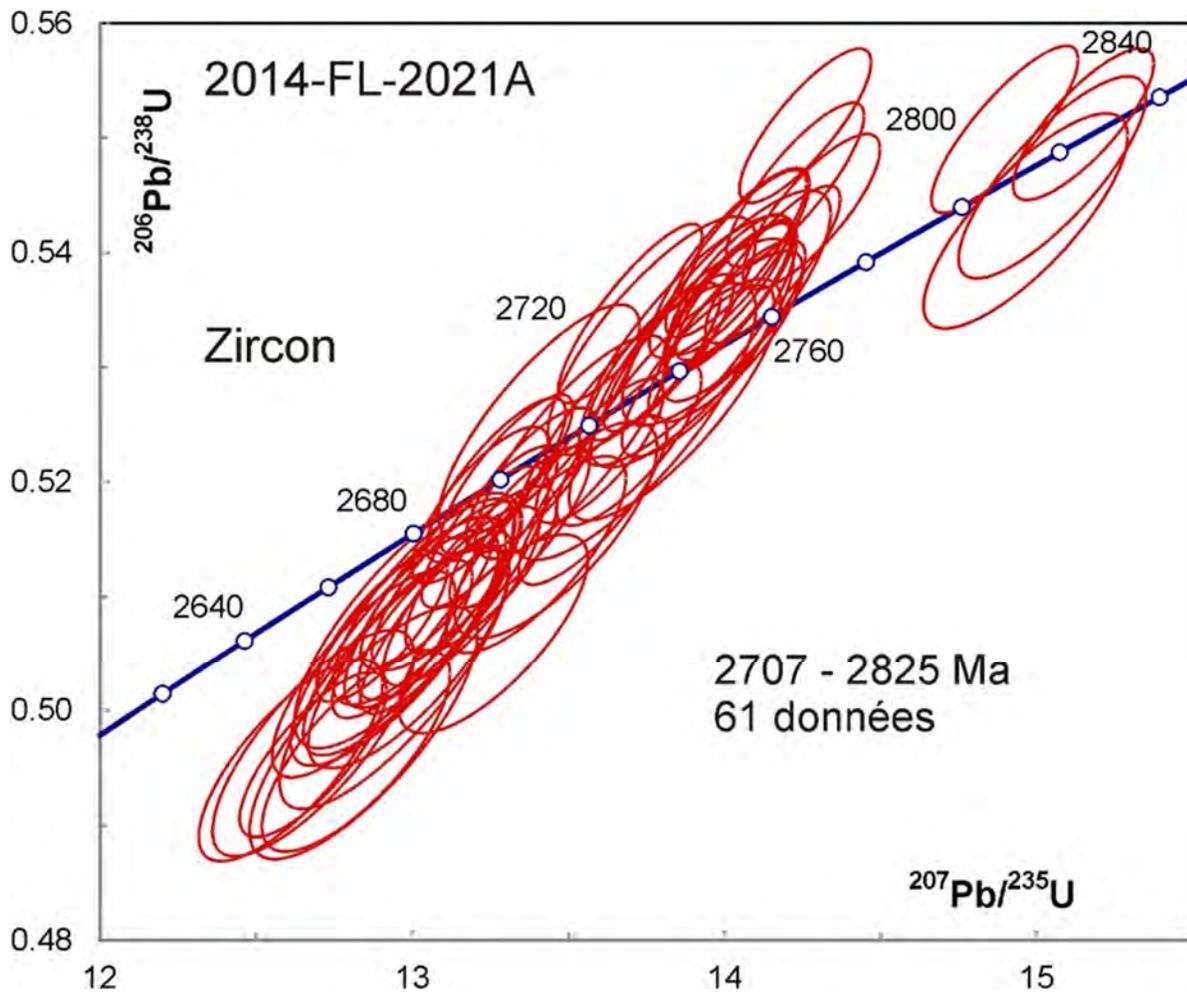


Figure 6.12.3 – Diagramme concordia des données U-Pb obtenues par la méthode LA-ICP-MS sur les zircons détritiques de l'échantillon de conglomérat 2014-FL-2021A.

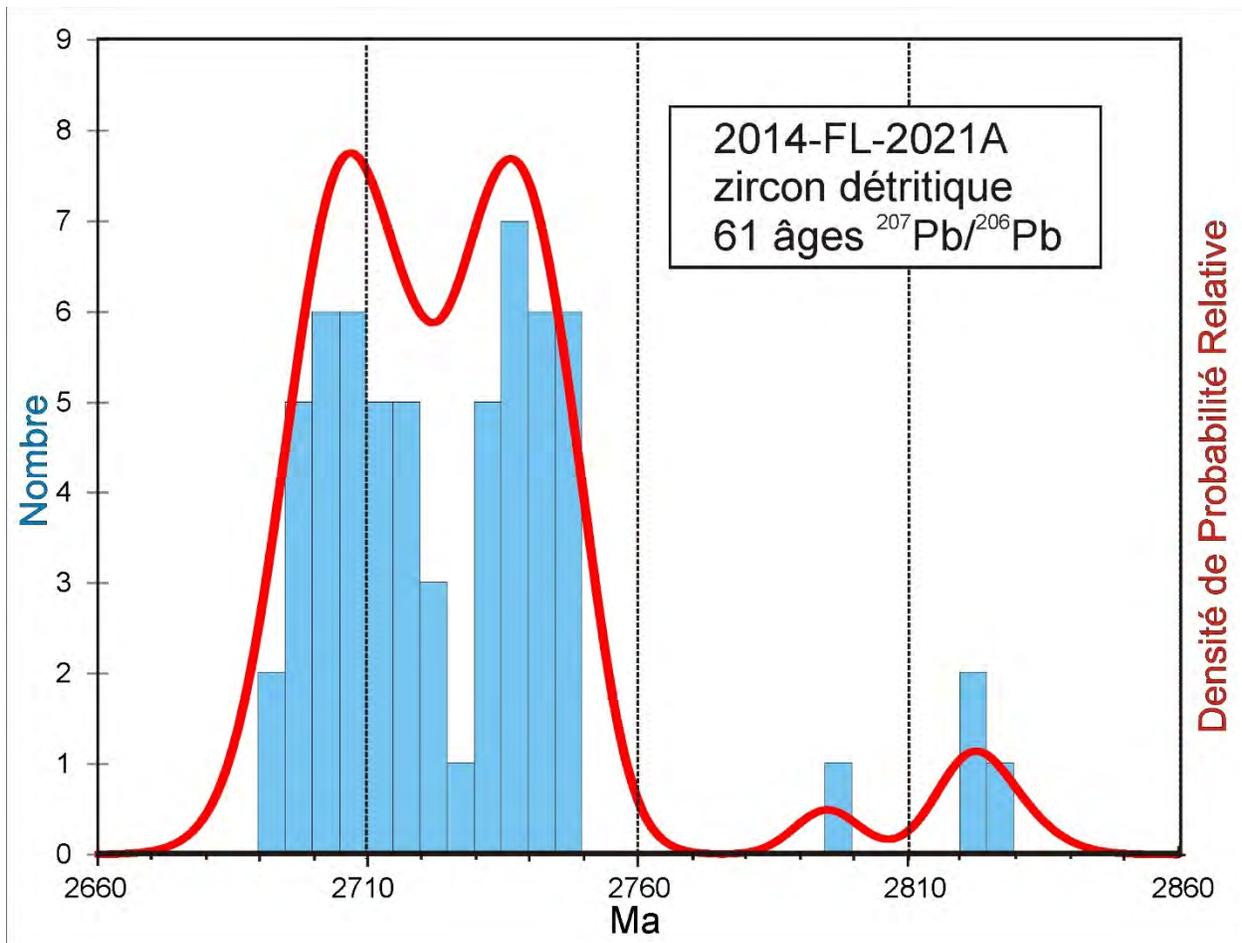


Figure 6.12.4 – Histogramme et diagramme de densité de probabilité relative des âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  des zircons de l'échantillon de conglomérat 2014-FL-2021A.

## 7.– Grenville - Minéraux critiques et stratégiques

### 7.1 – 2021-LD-1006A Carbonatite

Cet échantillon a donné une petite quantité de baddeleyite sous la forme de cristaux tabulaires recouverts en partie d'une altération blanche qui représente probablement du zircon secondaire (figure 7.1.1). Les cristaux sont très minces, le polissage a donc été peu poussé. Les images en BSE ne montrent pas de zonation.

Les analyses utilisant un étalon de baddeleyite n'ont pas bien fonctionné en raison de sa faible concentration en U et son âge relativement jeune. En utilisant un zircon comme étalon, les analyses de baddeleyite sont quasi concordantes (figure 7.1.3). Deux analyses ont été rejetées à cause des rapports  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  variables et les fortes concentrations de Sr. Les âges  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de 5 des 8 analyses restantes s'accordent dans la marge d'erreur avec une moyenne de  $1112 \pm 15$  Ma. Cet âge représente la meilleure estimation de l'âge de cristallisation de la carbonatite.

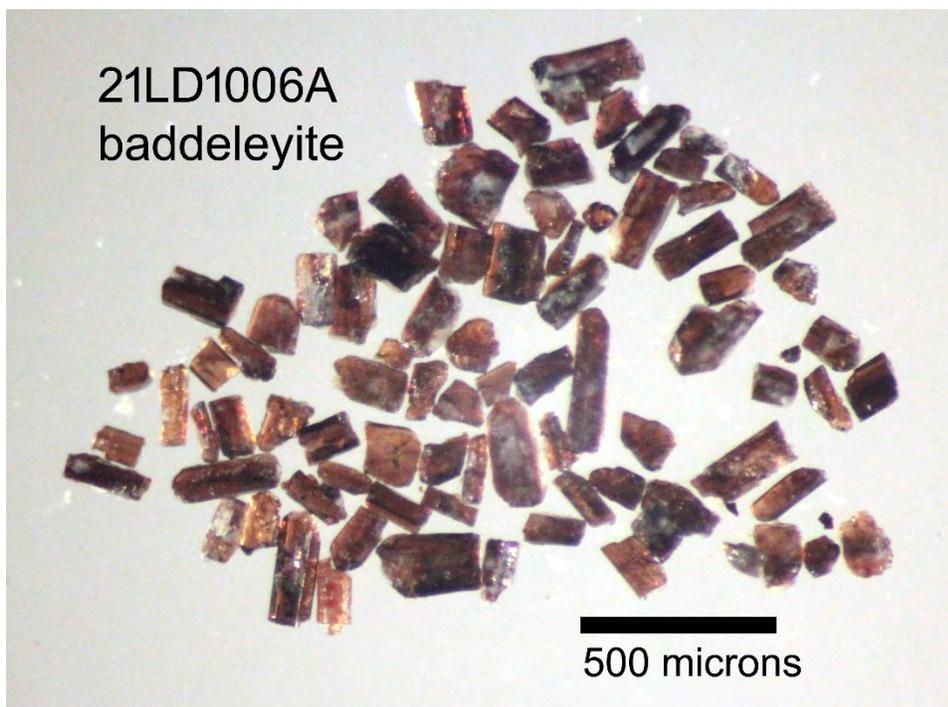


Figure 7.1.1 – Baddeleyites sélectionnées à partir de l'échantillon 2021-LD-1006A.

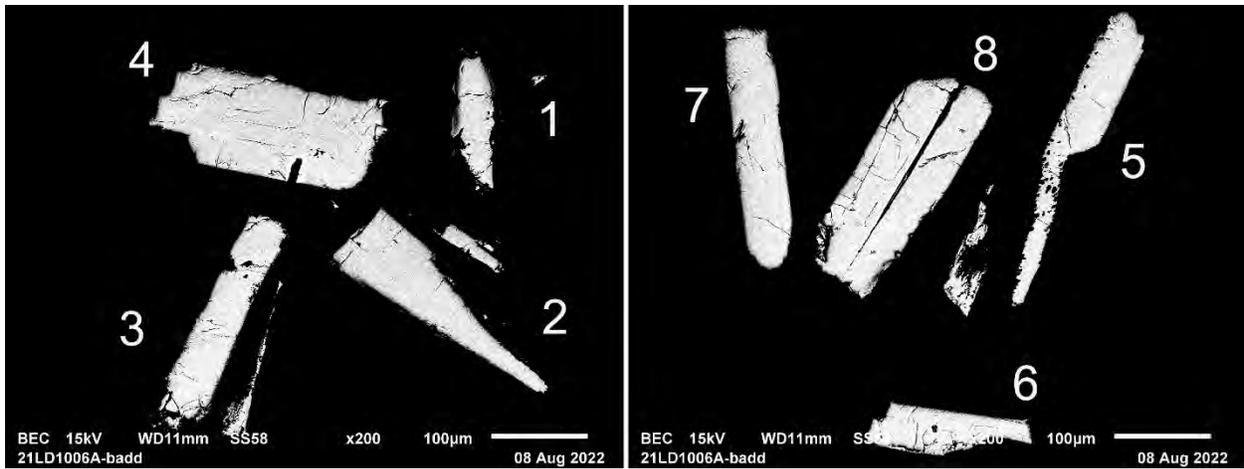


Figure 7.1.2 – Images en BSE des baddeleyites de l'échantillon 2021-LD-1006A.

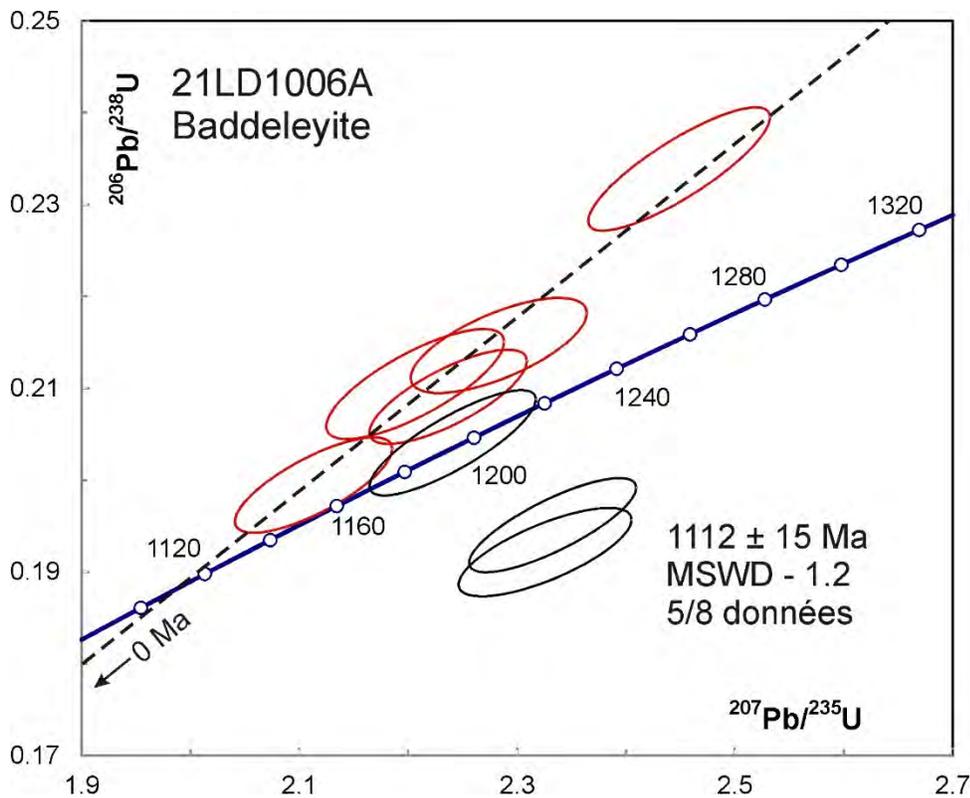


Figure 7.1.3 – Diagramme concordia des données U-Pb des baddeleyites de l'échantillon 2021-LD-1006A. Les données des ellipses en noir ne sont pas incluses dans le calcul de l'âge moyen.

## 7.2 – 2021-LD-1010A Carbonatite

Cet échantillon n'a fourni aucun minéral datable.

### RÉFÉRENCES

Davis, D.W., 2002. U-Pb geochronology of Archean metasediments in the Pontiac and Abitibi subprovinces, Quebec, constraints on timing, provenance and regional tectonics. *Precambrian Research*; volume 115, pages 97-117.

Davis, D.W., Edwards, G.R., 1986. Crustal evolution of Archean rocks in the Kakagi Lake area, Wabigoon Subprovince, Ontario, as interpreted from high precision U Pb geochronology. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 23, pages 182-192.

Jaffey, A.H., Flynn, K.F., Glendenin, L.E., Bentley, W.C., Essling, A.M., 1971. Precision measurement of half-lives and specific activities of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$ . *Physical Review*; volume 4, pages 1889-1906.

Kamo, S.L., Gower, C.F., 1995. U-Pb baddeleyite dating clarifies age of characteristic paleomagnetic remanence of Long Range dykes, southeastern Labrador. *Atlantic Geology*; volume 30, pages 259-262.

Kooijman, E., Mezger, K., Berndt, J., 2010. Constraints on the U–Pb systematics of metamorphic rutile from in situ LA-ICP-MS analysis. *Earth and Planetary Science Letters*; volume 293, pages 321–330.

Ludwig, K.R., 2008. User's manual for Isoplot 3.70 a geochronological toolkit for Excel. Berkeley Geochronological Center Special Publication 4, 76 pages.

Oberthur, T., Davis, D.W., Blenkinsop, T.G., Hohmdorf, A., 2002. Precise U–Pb mineral ages, Rb–Sr and Sm–Nd systematics for the Great Dyke, Zimbabwe - constraints on late Archean events in the Zimbabwe craton and Limpopo belt. *Precambrian Research*; volume 113, pages 293–305.

Sambridge, M.S., Compston, W., 1994. Mixture modeling of multi-component data sets with application to ion-probe zircon ages. *Earth and Planetary Science Letters*; volume 128, pages 373-390.

Soderlund, U., Johansson, L., 2002. A simple way to extract baddeleyite (ZrO<sub>2</sub>), *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*; volume 3. doi:10.1029/2001GC000212, 2002.

Tomlinson, K.Y., Davis, D.W., Stone, D., Hart, T.R., 2003. U-Pb age and Nd isotopic evidence for crustal recycling and Archean terrane development in the south-central

Wabigoon subprovince, Canada. Contributions to Mineralogy and Petrology;  
volume 144, pages 684-702.