

Université de Montpellier

Master Sciences de la Terre et des Planètes, Environnement
Parcours Géodynamique et Géomatériaux - Stage de recherche Master 2

Étude structurale, pétro-géochimique et datation des roches magmatiques de l'île de La Désirade Implications dans l'évolution géodynamique Caraïbienne

Zélie Sarret



Pointe du Nord – Île de La Désirade

Sous la direction de Mélody Philippon, Delphine Bosch et Bénédicte Cenki
Association Titè

Soutenance le 27 juin 2025

Devant le jury composé de :

Bénédicte Cenki
Stéphane Dominguez
Frédéric Gueydan
Jean-Roch Palasse
Alfredo Taboada



REMERCIEMENTS

Je remercie mes maîtres de stage Mélody Philippon, Delphine Bosch, Bénédicte Cenki et Jean-Frédéric Lebrun, pour leur suivi régulier ainsi que pour cette opportunité de stage.

Merci à Frédéric Gueydan, responsable du Master Géodynamique et Géomatériaux de l'Université de Montpellier.

Un grand merci à l'équipe de l'association Titè, l'équipe de gestion des réserves naturelles et agents de l'ONF, votre accueil a été formidable : Sophie Le Loch', Léa Sebeti, Julien Tessonneau, Sarah Sellier, Rebecca Marseille, Jean Claude Lalanne, Grégory Maston, Miguel Contaret, Malo Croguennec et Mathis Bahuaud.

Merci à Aurélien Japaud (DEAL Guadeloupe) pour l'obtention des autorisations de prélèvement dans la réserve géologique de La Désirade.

Merci au laboratoire de géologie de l'Université des Antilles de m'avoir permis d'utiliser leurs locaux.

Je remercie également Jonathan Outin, Yves Sinquin, Olivier Bruguier, Frédéric Fernandez, Christophe Névado et Doriane Delmas pour m'avoir aidé à préparer et à analyser les échantillons, et à disposer des résultats dans les délais impensables.

Merci à Chrystèle Verati et Luc Legendre pour les discussions que nous avons eu. Merci à Noémie Bosc pour sa bonne humeur quotidienne.

Et enfin, un immense merci à l'extraordinaire promotion GEODyM 2023-2025, Céline, Julie, Thomas, Elisa, Mariem et Mathilde pour ces deux années passées à vos côtés, vous êtes en or.

RÉSUMÉ

L'île de La Désirade, dans l'archipel Guadeloupéen, constitue l'unique témoin d'un volcanisme d'arc tardi Jurassique (subduction de la Cordillère Andine) dans l'Arc des Petites Antilles.

Des travaux interdisciplinaires (géologie structurale, pétrologie, géochronologie et géochimie) ont précisé le contexte géodynamique de la mise en place du socle magmatique de l'île. Ce dernier est constitué d'unités basaltiques (datées entre 155 et 145 Ma) à différenciées, et est recoupé par des complexes de dykes. Les investigations de terrain ont démontré la verticalisation des contacts entre les unités de socle. Ceux-ci s'accordent avec un système conjugué cisailant orienté N 050° E et N 120° E. Quinze échantillons prélevés dans le complexes volcaniques du Grand Abaque et le complexe acide intrusif de la côte Nord, ont fourni le matériel nécessaire à la suite de l'étude. L'analyse pétrologique des lames minces identifie trois lithologies : des granitoïdes, des monzodiorites et des rhyolites. Elle indique aussi un hydrothermalisme généralisé, permis par la circulation de fluide, en faciès sub schiste vert statique. Quatre âges absolus en U-Pb sur zircons ont été déterminés sur les échantillons de granitoïdes et rhyolite. Ils sont compris entre 142,4 et 144,1 Ma, confirmant le magmatisme au Jurassique supérieur – Crétacé inférieur. Les données géochimiques en éléments traces soulignent une signature de subduction avec des anomalies négatives en Nb-Ta et Ti. Le faible enrichissement en éléments incompatibles témoigne d'une participation peu marquée de la composante de subduction. Les analyses isotopiques indiquent une forte composante mantellique, qui, dans un contexte de subduction, caractérise le plus souvent un domaine d'arrière-arc.

Ces arguments appuient l'hypothèse que les roches magmatiques de La Désirade se sont mises en place dans un contexte d'arrière arc entre 155 et 144 Ma environ. L'île a migré jusqu'à sa position actuelle poussée à l'avant de la plaque Caraïbes, ses roches de socle restent très préservées. Une tectonique de déformation fragile Néogène affecte ces unités en verticalisant leur contact, toujours active à l'actuel, elle résulte de la subduction et de la collision de la plaque Caraïbes avec le plateau des Bahamas.

SOMMAIRE

I . Introduction	1
II . Méthodes	5
2. 1. Observations de terrain	
2. 2. Pétrologie microscopique	
2. 3. Géochronologie absolue - Méthode U-Pb sur zircons	
2. 4. Géochimie	
2. 4. 1. Éléments majeurs	
2. 4. 2. Éléments en traces	
2. 4. 2. Isotopes Pb-Sr-Nd-Hf	
III . Résultats	7
3. 1. Observations de terrain - Caractérisation des unités constituant le socle	
3. 1. 1. Complexe Mafique Nord-Est (CMNE)	
3. 1. 2. Complexe Volcanique du Grand Abaque (CVGA)	
3. 1. 3. Complexe Acide Intrusif (CAI)	
3. 1. 4. Contacts entre les unités de socle	
3. 1. 4. 1. La faille du Grand Abaque	
3. 1. 4. 2. Contacts et zones faillées observés sur la côte Nord de La Désirade	
3. 1. 5. Hydrothermalisme et état de déformation des unités de socle	
3. 2. Analyse pétrologique des unités de socle de La Désirade	
3. 3. Géochronologie - Méthode U-Pb sur zircons	
3. 4. Géochimie	
3. 4. 1. Éléments majeurs	
3. 4. 2. Éléments en traces	
3. 4. 3. Analyses isotopiques Pb-Sr-Nd-Hf	
IV . Interprétation	24
4. 1. À l'échelle de La Désirade	
V . Discussion	28
5. 1. L'île de La Désirade dans la géodynamique des Caraïbes	
VI . Conclusion et Perspectives	30

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Reconstitution tectonique des Caraïbes du Jurassique supérieur à l'actuel	2
Figure 2 : Carte géologique de l'île de La Désirade - Localisation dans l'archipel Guadeloupéen ...	4
Figure 3 : Complexe Mafique du Nord-Est	8
Figure 4 : Cartographie haute résolution du CVGA - Identification des lithologies	9
Figure 5 : Coupe géologique de l'Est de La Désirade	10
Figure 6 : Complexe Acide Intrusif	10
Figure 7 : Faille du Grand Abaque	11
Figure 8 : Panorama du Nord de la Plage du Grand Abaque	11
Figure 9 : Hydrothermalisme localisé dans le CMNE	12
Figure 10 : Dykes rhyolitiques cisailés	13
Figure 11 : Carte des cisaillements affectant les unités de socle de La Désirade relevés sur le terrain	14
Figure 12 : Caractérisation des lithologies échantillonnées au microscope - LPNA	15
Figure 13 : Minéraux marqueurs d'hydrothermalisme	15
Figure 14 : Diagrammes Concordia U-Pb sur zircons	17
Figure 15 : Diagramme TAS des unités de socle de l'île de La Désirade	19
Figure 16 : Graphiques teneur en élément immobile (Nb) fonction de teneur en éléments mobiles	20
Figure 17 : Spectres REE normalisés aux chondrites - Spectres élargis des éléments en traces normalisés au manteau primitif	20
Figure 18 : Diagrammes des isotopes du plomb	22
Figure 19 : Diagramme du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ fonction de la LOI (Loss Of Ignition)	23
Figure 20 : Diagramme du rapport du $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$ fonction du $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$	23
Figure 21 : Diagramme du rapport du $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ fonction du $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$	24
Figure 22 : Diagramme TAS - Compilation des données disponibles des unités de socle de La Désirade	25
Figure 23 : Spectres des terres rares (REE) normalisés aux chondrites (CHUR) des échantillons de La Désirade	26
Figure 24 : Diagramme La/Nf versus La/Nb pour les échantillons de La Désirade	27

I. INTRODUCTION

Une zone de subduction est une des étapes du cycle de Wilson, le modèle qui décrit le mouvement des plaques tectoniques à la surface de la Terre à l'échelle des temps géologiques.

Ces limites convergentes soulignent un contraste de densité entre deux plaques tectoniques, généralement la plus dense est subduite. La déshydratation de cette plaque plongeante entraîne la fusion partielle du manteau sus-jacent (plaque supérieure). Le volcanisme d'arc est le résultat de l'ascension de ces magmas (Stern, R. J. and Gerya, T., 2018).

Dans sa position actuelle, les frontières Nord et Sud de la plaque Caraïbes sont transformantes, contraintes à l'Ouest par la subduction de la plaque Nazca et Coco (océan Pacifique) et à l'Est par la subduction de la croûte océanique Atlantique (Fig. 1 d).

L'arc des Petites Antilles se situe entre la mer des Caraïbes (à l'Ouest) et l'océan Atlantique (à l'Est). Il est sujet aux risques telluriques, séismes de fortes magnitudes et tsunamis, mais aussi volcaniques. Cet arc dans sa géodynamique actuelle résulte de la subduction de la plaque océanique Atlantique sous la plaque Caraïbes, qui est de nature océanique anormalement épaissie (trapp volcanique). Aujourd'hui, la plaque Atlantique a une vitesse d'environ 2 cm/an en direction du Sud-Est.

L'histoire géodynamique des Caraïbes implique de retracer les évolutions des mouvements relatifs des plaques Farallon, Amériques du Nord et du Sud ainsi que le rôle du Caribbean Large Igneous Province (CLIP) porté par la plaque Farallon. Ce dernier résulte du volcanisme de point chaud des Galapagos à partir de 124 Ma avec un épisode majeur à 90 Ma (Hastie and Kerr, 2010), aboutissant à un épaississement de la croûte océanique jusqu'à 30 km (Kerr et al., 2003).

Sur ces bases, Pindell et al., 2006 propose le modèle géodynamique suivant pour comprendre la formation de la plaque Caraïbes :

- À la fin du Jurassique, la plaque Farallon plonge à l'est sous les continents Amériques du Nord et du Sud en direction ESE (Fig. 1 a). Cette dynamique entraîne un volcanisme d'arc.
- Durant le Crétacé, le CLIP se positionne en front de subduction. Le mouvement convergent relatif entre les plaques Caraïbes et Amérique du Nord va permettre la mise en place du Grand Arc des Caraïbes (GAC - Great Arc of the Caribbean) (Fig. 1 b).
- À l'Éocène, la cinématique de la plaque Amérique de Sud agit dans la géodynamique Caribéenne. Le CLIP constitue alors la plaque Caraïbes avec des frontières Nord et Sud transformantes. L'arc volcanique des Petites Antilles est initié à cette période.
- Aujourd'hui, l'activité de l'arc des Petites Antilles résulte de la subduction de la plaque océanique Atlantique sous celle des Caraïbes (Fig. 1 d).

La plaque Caraïbes a donc migré à l'Est si on considère les continents Amériques du Nord et du Sud en référentiel, sur la période Jurassique à actuelle (Fig.1).

De cette manière 3 épisodes volcaniques se succèdent, caractérisés par des séries tholéitiques et calco-alcalines :

- Un premier d'âge Jurassique résultant de la subduction de la plaque Farallon sous les continents Amériques, l'île de La Désirade en est un témoin (Fig. 1 a).
- Un deuxième au Crétacé avec la formation du Grand Arc des Caraïbes (Fig. 1 b).
- Un troisième d'âge Éocène - Actuel, l'arc des Petites Antilles (Fig. 1 d).

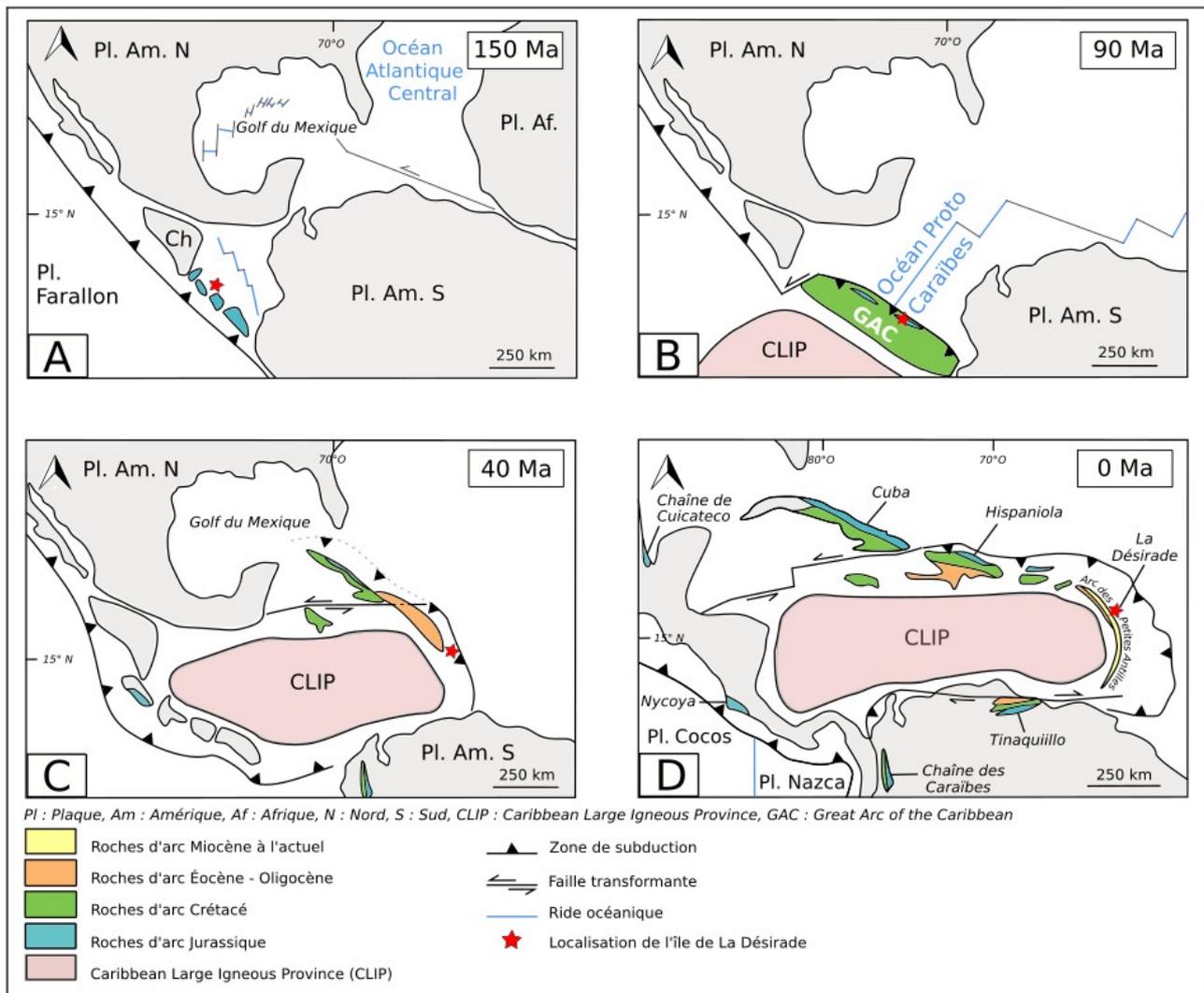


Fig. 1 Reconstitution tectonique des Caraïbes du Jurassique supérieur à l'actuel.

- Localisation des différents ensembles volcaniques -

D'après [Brazsus et al. 2021](#), [Denyer et al. 2006](#), [Lapierre et al. 2022](#), [Montheil et al., 2025](#),
[Pindell et al. 2006](#) et [Seyler et al. 1998](#).

L'île de la Désirade se situe dans l'arc des Petites Antilles, à l'extrémité Est de l'archipel Guadeloupéen ([Fig. 2](#)). Elle est orientée ENE – OSO s'étend sur 11,5 km de long pour 2 km de large environ ([Fig. 2](#)).

Cette île constitue un élément clef dans la compréhension de l'histoire géodynamique Caribéenne car c'est l'unique endroit qui expose des roches Mésozoïques dans les Petites Antilles ([Fig. 1 d](#)).

Différentes unités magmatiques forment le socle de l'île d'âge Jurassique tardif ([Fig. 2](#)) :

- Un Complexe Mafique affleure au NE de l'île, il sera nommé CMNE dans la suite de ce rapport.
 - Un Complexe Volcanique du Grand Abaque (CVGA), localisé lui aussi au NE au contact avec le CMNE.
 - Un Complexe Acide Intrusif (CAI) affleure sur la côte Nord de l'île.
- L'ensemble de ces unités sont recoupées par des dykes ([Fig. 2](#)).

La publication de [Bouysse et al., 1983](#), présente les différentes unités qui constituent le socle magmatique de La Désirade. Plusieurs arguments soutiennent que le socle igné de l'île s'est mis en place dans un contexte d'arc insulaire, réfutant ainsi l'hypothèse d'un complexe ophiolitique. L'absence de roches ultramafiques et du complexe filonien manquent pour constituer une série ophiolitique. Plus d'une dizaine de dragages réalisés au Nord de La Désirade identifient la même série que celle qui affleure sur l'île. Enfin, des similarités géochimiques avec des laves magmatiques d'arc insulaire (Porto Rico) confortent l'hypothèse de volcanisme d'arc.

Le CMNE a été le sujet de nombreux travaux, 3 sous unités dans un alignement Sud-Nord ont été identifiées en géochimie d'éléments en traces des laves ([Neil et al., 2010](#)). La première (U1) étant constituée de basaltes tholéitiques avec une signature faible de subduction, la deuxième (U2) présente des roches calco-alkalines et tholéitiques avec une signature d'arc plus marquée (flux important de fluides de plaque liés à des sédiments terrigènes et pélagiques subduits) puis une troisième (U3) avec des caractéristiques similaires à U1. Les âges biostratigraphiques des radiolarites intercalées dans ces basaltes en coussin s'étendent du Kimméridgien tardif au Tithonien précoce, soit de 155 à 145 Ma ([Cordey et Cornee, 2021](#)).

Une analyse structurale focalisée sur le socle de l'île notamment à l'Est mais aussi lors d'une campagne en mer le long de la côte Nord a permis d'identifier deux épisodes compressifs contemporains d'un métamorphisme faciès schistes vert. Ces épisodes tectoniques de raccourcissement sont datés dans le complexe volcaniques NE en Ar/Ar sur adulaire à environ 106 Ma ([Corsini et al., 2013](#)). Cet âge correspondrait à celui de la collision entre le CLIP et la zone de subduction Andine-Cordillérienne. L'arrivée du CLIP (croûte océanique sur-épaissie) bloque la dynamique de subduction et entraînerait une inversion de sa polarité à cette période du Crétacé inférieur ([Corsini et al., 2013](#)).

Des âges absolus obtenus sur des zircons avec la méthode U-Pb, pour le granite (roche plutonique du CAI) qui affleure sur la côte Nord aux Pointes Fromager et Kicali, à $143 \pm 0,33$ Ma ([Mattinson et al., 1980](#)) ont été confirmés en 2008. Une datation de l'unité dioritique adjacente à 37,6 Ma (Éocène supérieur) est proposée, provenant d'un échantillon de la Pointe Fromager. Cet âge est issu d'analyses K-Ar sur hornblende non rétro-morphosée (Carte géologique – La Désirade, [D. Westercamp, 1980](#)).

Ce socle, recouvert par un plateau calcaire Miocène - Pliocène formé entre 6 et 1,5 Ma, constitue aujourd'hui la "Montagne" de l'île, avec son point culminant à 275 m ([Fig. 2](#)) ([Lardeaux et al., 2013](#)). Quatre terrasses marines soulevées d'âges inférieurs à 1 Ma renseignent une vitesse de soulèvement de l'île qui diminue ([Fig. 2](#)). L'altitude de ces formations calcaires caractérise la surrection de l'île depuis 6 Ma ([Léticée et al., 2019](#)).

Ce patrimoine géologique riche de l'île a justifié la création d'une réserve naturelle à caractère géologique en 2011. Localisée sur la côte Est de La Désirade, couvrant 62 hectares ([Fig. 2](#)), ses contours comprennent des affleurements témoins de la naissance de la plaque Caraïbes.

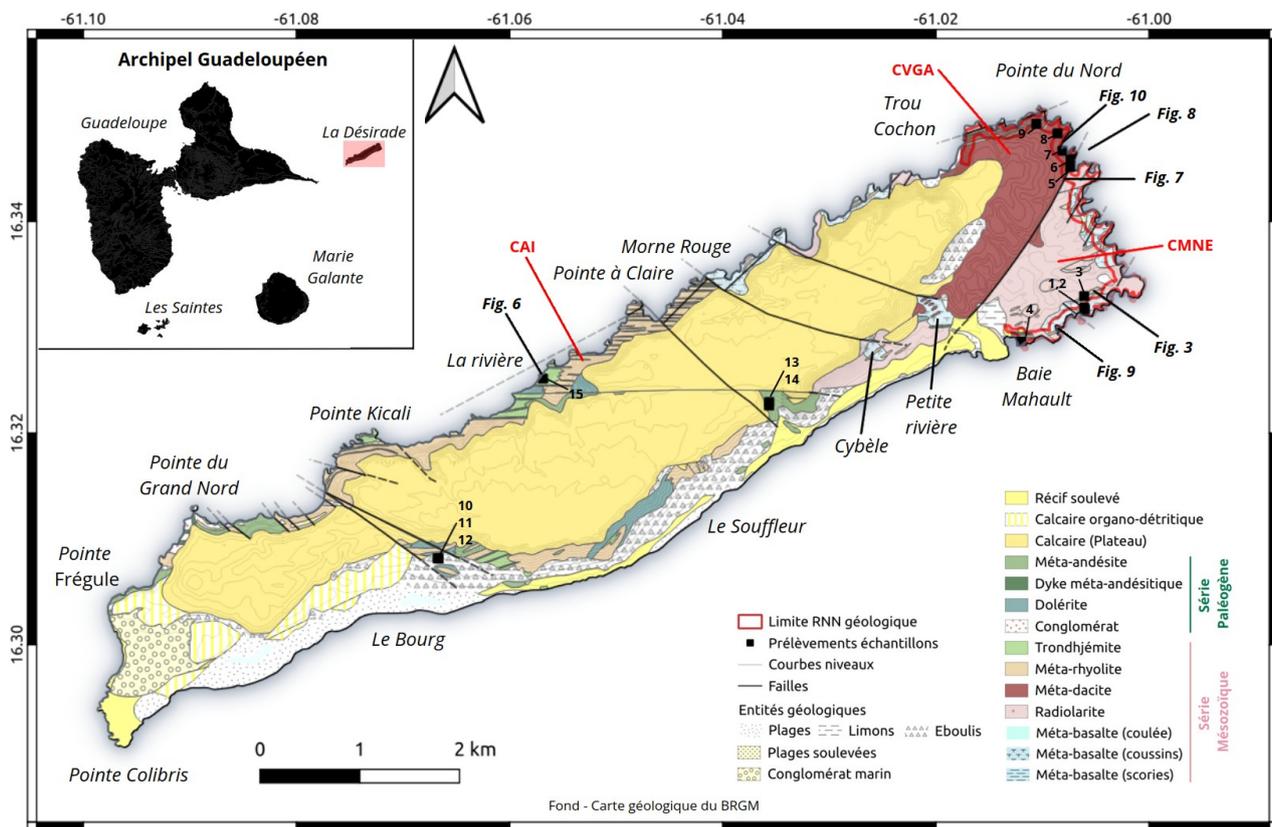


Fig. 2 Carte géologique de l'île de La Désirade - Localisation dans l'archipel Guadeloupéen.

Ce rapport se focalise sur l'étude du socle magmatique de l'île de La Désirade. De nombreux travaux ont été effectués sur le CMNE (géologie structurale, chimie des laves) mais les autres unités ont suscité moins d'intérêt. Cette pauvreté bibliographique induit une faible connaissance de la nature des contacts entre les différentes unités et des âges absolus (Mattinson et al., 2008) pour les unités mais aussi des dykes les recourent.

Les interrogations suivantes sont alors posées :

Dans quel contexte les unités magmatiques du socle de La Désirade se sont formées ?

Cette mise en place est-elle synchrone et/ou co-génétique ?

Les affleurements de Cybèle et de La Rivière témoignent-ils de l'existence d'un volcanisme Éocène à la Désirade (Bouysse et al, 1983) ?

Comment les déformations et le métamorphisme ont affecté le socle ?

Ce stage de master 2 s'inscrit dans l'actualisation et la complétion des connaissances géologiques de la réserve de La Désirade. L'encadrement est assuré par l'association Titè et l'UMR 5243 Géosciences Montpellier. Ce stage s'est déroulé en deux parties, une première phase de terrain d'une durée de trois mois sur l'île de La Désirade, puis une seconde phase de trois mois à l'Université de Montpellier.

Ce stage est pluri-disciplinaire avec des approches multiples : du terrain avec de la géologie structurale, de la pétrologie (étude en lame minces des différentes roches observées), de la géochronologie (datation U-Pb sur zircons) et de la géochimie sur roches totales (majeurs et traces) et des isotopes complémentaires (Pb, Sr, Nd et Hf).

Ce rapport approfondira les questionnements suivants :

Dans quel contexte géodynamique s'inscrit l'île de La Désirade à l'échelle de la plaque Caribéenne ?

Dans quelle mesure l'inversion de la polarité de la subduction (supposée Crétacé inférieur) est enregistrée par les roches du socle de La Désirade ?

II . MÉTHODES

Quatre méthodes ont été employées pour la réalisation de cette étude.

2. 1. Observations de terrain

Des observations géologiques de terrain ont été réalisées sur l'île de La Désirade. Il s'agit en particulier d'approches structurale, cartographique et de pétrologie macroscopique.

Durant cette première phase, 15 échantillons ont été collectés ([Annexe 1](#)) dans la réserve naturelle nationale de La Désirade et en dehors. La bonne connaissance du terrain a été nécessaire pour déterminer les formations à prélever. Ces 15 échantillons sont représentatifs du CVGA et du CAI et des dykes qui recourent le socle magmatique de l'île ([Fig. 2](#)).

Plusieurs analyses ont été effectuées sur ces quinze échantillons, elles sont répertoriées en [Annexe 2](#).

2. 2. Pétrologie microscopique

Quinze lames minces de 30 µm d'épaisseur ont été fabriquées pour ces travaux et une lame supplémentaire a été transmise par L. Legendre. Ces seize lames minces ont été observées au microscope optique polarisant et au microscope numérique KEYENCE (série EA-300) afin de caractériser la texture, les assemblages minéralogiques ainsi que leurs proportions relatives permettant de définir la lithologie de chacun des échantillons.

2. 3. Géochronologie absolue - Méthode U-Pb sur zircons

La datation U-Pb sur minéraux accessoires (non essentiels présents en petite quantité) par ablation laser a été réalisée sur 4 échantillons ([Annexe 2](#)). Pour cela deux méthodes analytiques ont été mises en œuvre.

- La datation in situ sur lame mince, avec en amont un repérage au Microscope Électronique à Balayage (MEB) de minéraux accessoires riche en U et Pb radiogéniques, majoritairement des zircons. Cette méthode de datation permet un contrôle textural des minéraux sélectionnés.

- La datation sur des plots de résine époxy à partir d'une séparation de grains des échantillons macroscopiques. Ces grains ont subi une séparation minérale (méthode des liqueurs denses et séparation magnétique) permettant leur concentration. Pour l'ensemble de ces échantillons les zircons ont été prélevés lorsque la présence était avérée et que la taille des grains était satisfaisante (>80 µm).

2. 4. Géochimie

Onze échantillons ([Annexe 2](#)) ont été broyés dans un mortier en agate afin de permettre des analyses géochimiques des éléments majeurs, en éléments traces et des isotopes (Pb-Sr-Nd-Hf) sur

les poudres de roches totales (RT). Ces analyses géochimiques ont été réalisées au sein des plateformes ISOTOP-MTP (GM) et AETE-ISO (OSU-OREME, UM).

2. 4. 1. Éléments majeurs

Les éléments majeurs (> 1 %) ont été analysés par un ICP-OES (Industrially Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy) de référence ICAP7000® ThermoFisher. La préparation d'échantillons consiste en une fusion alcaline. Pour cela, un poids de 100 mg de poudre de RT est mélangée à un fondant, le tétraborate de Lithium ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Le mélange obtenu est introduit dans un four à 1000°C puis une fois le mélange fondu, celui-ci est dilué dans 10 ml d' HNO_3 10 % est prêt pour l'analyse.

Deux échantillons de référence ont été retenus : BE-N (basalte) et G2 (granite) (CRPG, USGS G2, 2022, Weiss et al., 2006) et analysés conjointement aux échantillons de l'étude selon un protocole identique. Ces deux matériaux de référence sont choisis en fonction des matrices des échantillons de l'étude, dans notre cas des roches magmatiques (basaltes et granites).

La quantification des éléments majeurs dans les échantillons est réalisée grâce à des droites de calibrations obtenues à partir de solutions étalons à différentes concentrations.

La perte au feu (LOI : Loss On Ignition) est une donnée supplémentaire qui renseigne sur l'état d'altération des échantillons. Cette perte au feu est réalisée par chauffage de 1 g d'échantillon à 100°C puis à 1000°C. Elle correspond à la différence de poids entre la masse initiale d'échantillon et celle après chauffage à 1000°C.

2. 4. 2. Éléments en traces

Les éléments traces (< ~ 0,1 %) ont été analysés par un ICP-MS (Industrially Coupled Plasma - Mass Spectrometer) de type Agilent 7700x. Chaque échantillon est préparé de la manière suivante : 50 mg de RT est attaqué à deux reprises par un mélange d'acides forts constitués d'HF (48%), HNO_3 (13N) et HClO_4 durant 48 heures sur une plaque chauffante à 140°C. Cette étape est suivie de 3 évaporations successives réalisées en ajoutant des quantités décroissantes d' HClO_4 . Le but étant d'éliminer toutes traces de fluor responsables de la formation de fluorures insolubles. Le dépôt sec de chaque échantillon est ensuite dilué d'un facteur 4000 avec de l' HNO_3 dilué à 2 %. Trois échantillons de références BE-N, G2 et UBN (CRPG) ont suivi les mêmes étapes de préparation, à l'exception des facteurs de dilutions, qui sont respectivement de 8000, 4000 et 2000.

La quantification des concentrations s'effectue grâce à des solutions de calibrations préparées le de l'analyse.

c. Isotopes Pb-Sr-Nd-Hf

La séparation géochimique des éléments en vue de l'analyse des isotopes du Pb-Sr-Nd-Hf de 11 échantillons, permet de renseigner les sources et les contributions respectives des composants (slab, sédiments, coin mantellique, manteau), ainsi que de comparer les échantillons entre eux et avec d'autres sites de la région Caribéenne et/ou mondiaux.

Les mesures isotopiques ont été réalisées par un MC-ICP-MS à multi-collection (Multi Collector - Industrially Coupled Plasma - Mass Spectrometer) de type Neptune⁺ - ThermoFisher. Avant de réaliser la dissolution acide de l'échantillon, 200 mg de poudre de roche a été lessivé en

HCl 6 N durant 1 heure à 90°C puis rincée 3 fois à l'H₂O afin d'éliminer toute trace d'altération. Le rinçage est suivi par une étape d'oxydation à l'HNO₃ 13 N, pendant 12h à 140°C, afin de fragiliser le réseau cristallin. Une quantité de 2 ml d'HNO₃ 13 N et de 2 ml d'HF 48 % est ensuite ajoutée à l'échantillon. L'attaque acide est réalisée dans des bombes Teflon placées dans des containers acier et mises au four pendant 72h à 195°C. Ce type d'attaque acide sous pression favorise une dissolution totale des minéraux accessoires, y compris les plus réfractaires. Une prise d'aliquote est réalisée pour pouvoir effectuer sur le même échantillon, les séparations chimiques du Pb, Sr et Nd se déroulent par étapes successives et, celle de l'Hf est effectuée séparément. Les chimies de séparation et purification du Pb, Sr, Nd et Hf ont suivi respectivement les protocoles modifiés de [Richar et al., 1976](#), [Manhes et al., 1978](#), [Pin, 1994](#) et [Connelly et al., 2006](#). Suite à ces différentes étapes de séparations chimiques, les échantillons ont été repris et dilués dans 1 ml HNO₃ 2 % afin d'être analysés sur le spectromètre de masse Neptune⁺.

Pour chaque système isotopique, des matériaux certifiés BE-N (basalte) et G2 (granite) ont suivi les mêmes étapes de préparation permettant de valider le bon déroulement de l'ensemble des procédures.

De plus, pour chaque système isotopique, des solutions standard NBS-981, NBS-987, JMC-321 et Ames Nd, JMS-475 et Ames Hf ont été analysées respectivement pour le Pb, Sr, Nd et Hf. Ces standards permettent la correction des possibles dérives instrumentales.

III . RÉSULTATS

3. 1. Observations de terrain - Caractérisation des unités constituant le socle

3. 1. 1. Complexe Mafique Nord-Est (CMNE)

Ce complexe affleure en plusieurs localités de l'île ([Fig. 2](#)) : dans les vallons de Petite Rivière et de Cybèle, de Baie Mahault à la plage du Grand Abaque en passant par l'ancienne station météo et enfin sur la partie Nord de la réserve sur la côte Nord.

Il est principalement constitué de basaltes en coussins plutôt bien préservés. Des bancs de radiolarites intercalées ([Cordey et Cornee, 2021](#)) renseignent un plan stratigraphique S0. Leurs projections stéréographiques ([Fig. 3 a](#)) indiquent un pendage faible, cet ensemble est légèrement plissé avec des plis de grande amplitude ([Fig. 5](#)). Des gabbros affleurent ([Fig. 5](#)) au Nord-Est de Baie Mahault, leur altération forme des « boules » dans le paysage. Le contour de ces gabbros est délicat à tracer du fait de la présence de végétation et du faible relief de la zone.

Ces différentes lithologies sont recoupées par des dykes monzodioritiques et rhyolitiques ([cf. II. 2., Fig. 3 b et c](#)) et ont une orientation préférentielle N 043° E 88°SE ([Fig. 3 d](#)).

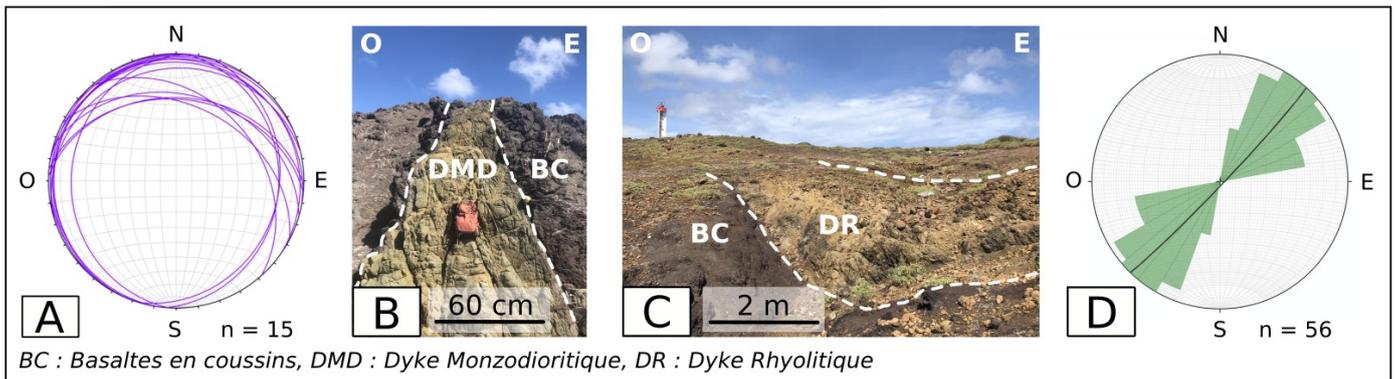


Fig. 3 Complexe Mafique du Nord-Est

- a) Projection stéréographique des litages de radiolaires
- b) Contact verticalisé d'un dyke monzodioritique (DSD 25.01) dans les basaltes en coussins
- SO du phare -
- c) Contact verticalisé d'un dyke rhyolitique (DSD 25.03) dans les basaltes en coussins
- SE du phare -
- d) Diagramme en rose de l'orientation des dykes recoupant le CMNE et projection stéréographique du plan de ces dykes N 043° E 87° SE.

3. 1. 2. Complexe Volcanique du Grand Abaque (CVGA)

Cette unité est localisée à l'Est de l'île (Fig. 5), elle affleure sur la côte : de la plage du Grand Abaque jusqu'à la Pointe du Nord et à Trou Cochon, pour atteindre le plateau calcaire à une altitude de 100m.

Différentes lithologies ont été identifiées en longeant le trait de côte (Fig. 4 et 5) :

- Des rhyolites qui indiquent la stratigraphie (Fig. 4 a).
- De la pépérite (Fig. 4 b) : cette formation, d'aspect bréchique, résulte de l'interaction entre un magma et des sédiments meubles et gorgés d'eau (sous-marin). Les injections de magma, dans ce type de sédiment, forment des clastes monogénétiques (Skilling et al., 2001).
- Des sills et des dykes de nature granitique et rhyolitique (cf. II. 2., Fig. 4 c) recoupent les formations géologiques précédemment décrites. Les sills N 057° E 56° SE renseignent l'orientation de S0 (Fig. 4 d), tandis que les dykes ont une orientation moyenne N 064° E 78° SE (Fig. 4 c et d).

En remontant dans les terres, une coulée rhyolitique affleure et recouvre les lithologies précédemment décrites qui n'affleurent que sur la côte (Fig. 5 et 8).

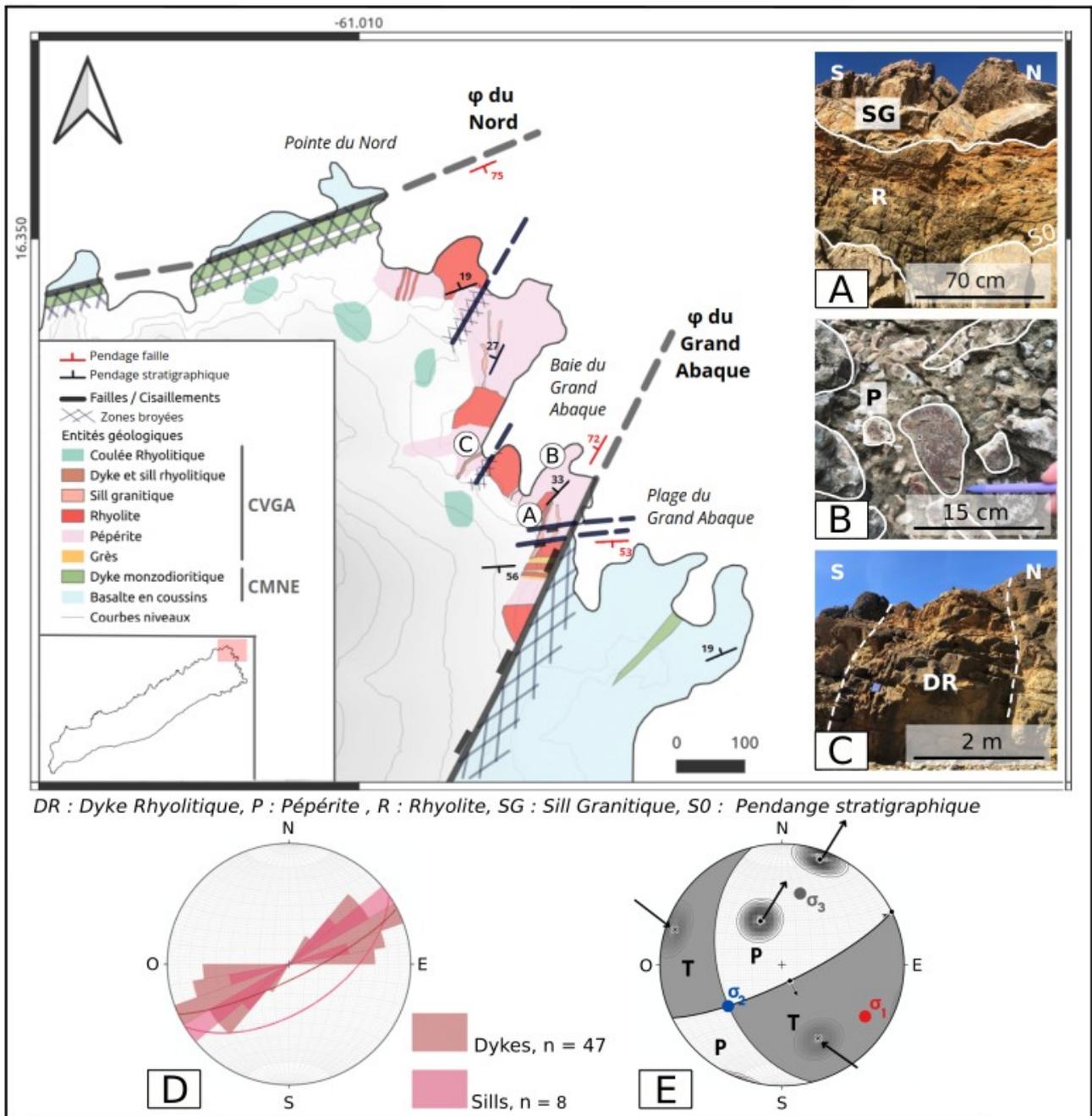


Fig. 4 Cartographie haute résolution du CVGA, identification des lithologies

a) Sill granitique dans la stratigraphie

b) Pépérite

c) Dyke rhyolitique

d) Diagramme en rose de l'orientation des dykes et sills recoupant le CVGA et projections stéréographiques des plans moyens de ces structures :

dyke N 064° E 78° SE - sill N 057° E 56° SE

e) Projection stéréographique avec inversion du tenseur, placement des contraintes principales en considérant les dykes comme des fractures en extension.

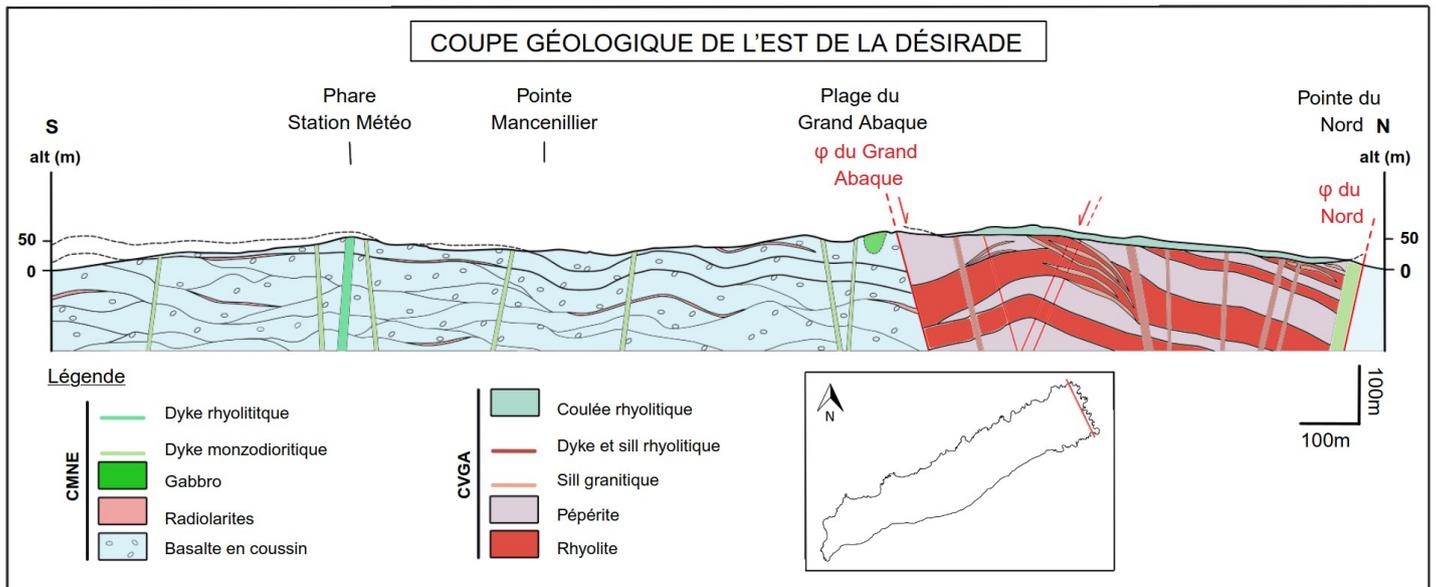


Figure 5 (Agrandissement en [Annexe 3](#))
 Le CMNE est représenté stratifié selon les trois sous-unités
 identifiées en géochimie d'éléments en traces ([Neil et al., 2010](#)).

3. 1. 3. Complexe Acide Intrusif (CAI)

Ce dernier complexe s'étend de la Pointe Frégule à Morne Rouge, sur la côte Nord de l'île. Il peut être qualifié de monotone avec des roches acides claires : rhyolite, diorite, granodiorite et granite ([Fig. 6 a](#)). Des dykes sombres mafiques le recoupent ([Fig. 6 a](#)), ils ont une orientation franche E-O et ont un pendage moyen de 47° S ([Fig. 6 b](#)), moins prononcé que ceux relevés dans le CMNE et le CVGA.

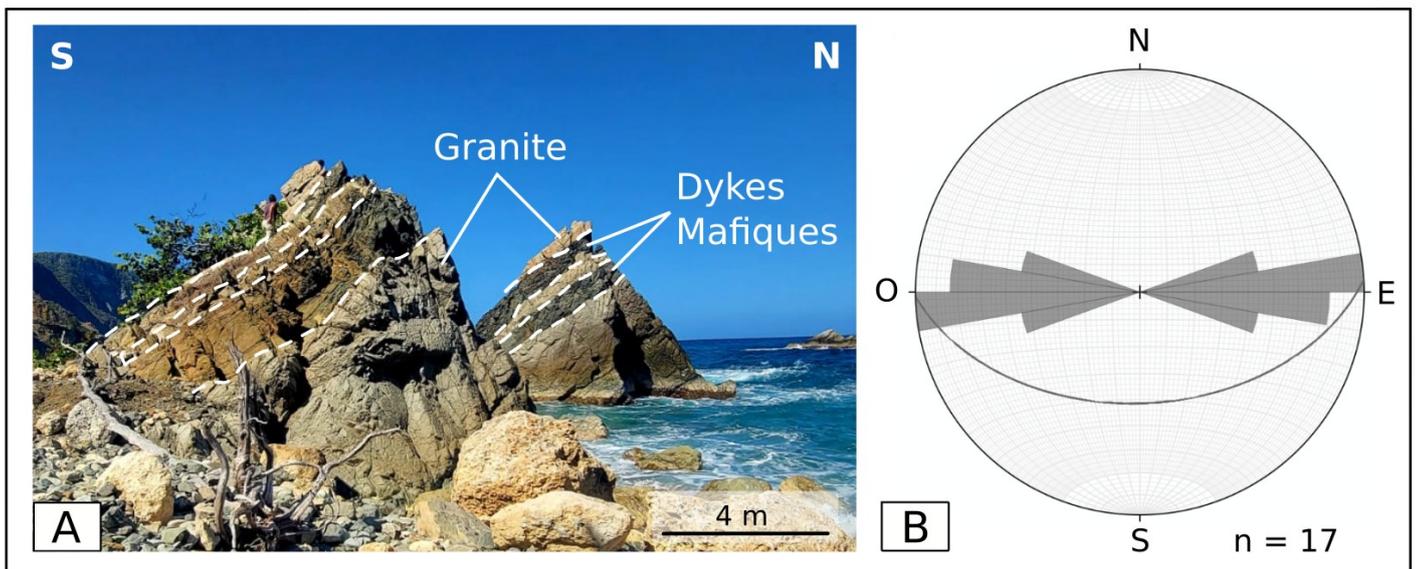


Fig. 6 Complexe Acide Intrusif

- Lithologies caractéristiques du complexe acide intrusif : granite et dykes mafiques - La Rivière
- Diagramme en rose de l'orientation des dykes recoupant le complexe acide intrusif et projection du plan moyen de dykes : N 089° E 47° S.

3. 1. 4. Contacts entre les unités de socle

3. 1. 4. 1. La faille du Grand Abaque

Cette faille qui met en contact le CMNE avec le CVGA est une structure majeure de l'île. Les mesures de son orientation (Fig. 7 a) soulignent sa verticalisation avec un pendage moyen de 081° NNO . Une strie a été mesurée sur un des plans de la faille (Fig. 7 a, b et c), malheureusement aucun marqueur cinématique n'y apparaît. De par sa verticalité, la faille du Grand Abaque est normale avec une composante cisailante.

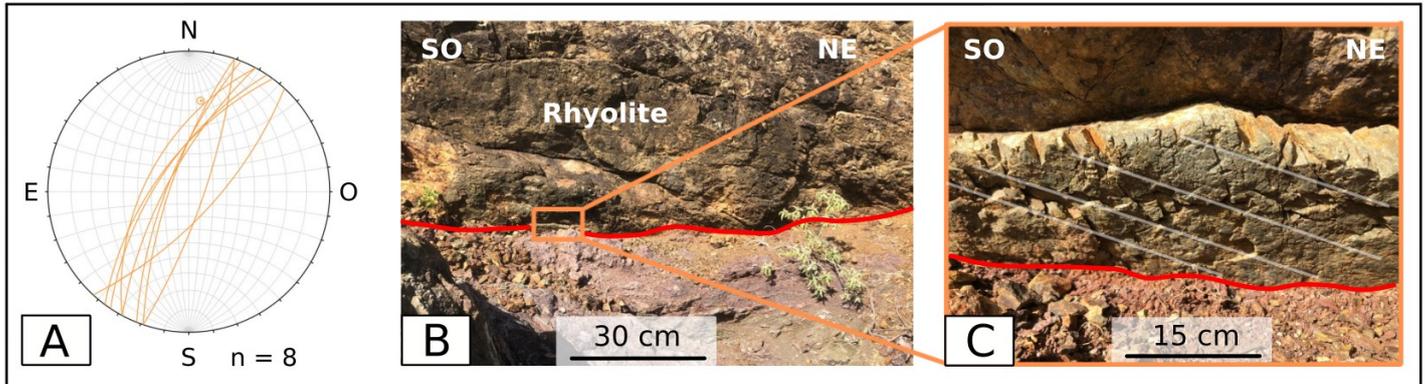


Fig. 7 a) Projection stéréographique de la faille du Grand Abaque - Contact du CMNE et CVGA
b) Contact verticalisé de la faille à la plage du Grand Abaque
c) Zoom sur le miroir de faille - Stries.

Plusieurs failles annexes sont relevées à proximité de cette structure majeure (Fig 4 et 8). Elles ont une orientation moyenne $N 082^\circ E$ avec un pendage de $53^\circ S$. Leur jeu normal est souligné par les crochons formés par les sills granitiques (Fig. 8).

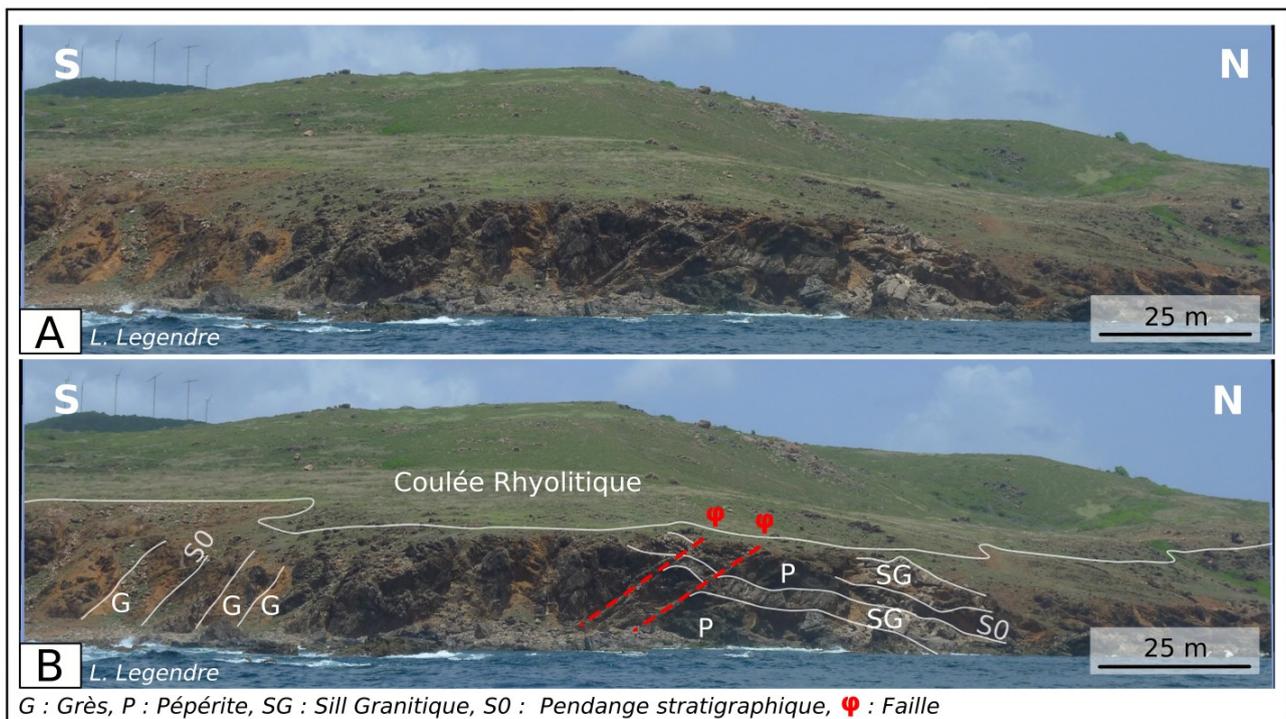


Fig. 8 Panorama du Nord de la Plage du Grand Abaque - Identification de failles normales annexes à la faille du Grand Abaque avec un crochon formé par un filon granitique.

3. 1. 4. 2. Contacts et zones faillées observés sur la côte Nord de La Désirade

Les observations structurales référencées ci-dessous sont cartographiées en [Annexe 4](#).

La Pointe à Claire ([Annexe 4 a](#)) présente une zone de cisaillement intense, le passage d'une faille verticalisée à pendage sud la justifie. Cette faille à une orientation apparente de N 080° E 65° S .

À Morne Rouge ([Annexe 4 b](#)) se place un contact entre le CAI et le CMNE, plus à l'Est. L'Ouest de Morne Rouge est un secteur fortement tectonisé.

À l'ouest d'Îlets Grands Bancs ([Annexe 4 c](#)) le contact direct entre les deux unités est visible. La déformation y est faible avec une préservation des basaltes en coussins et le complexe acide peu tectonisé.

Îlets Grands Bancs est une zone fortement déformée avec le passage de failles verticalisées orientées NE-SO.

Au Grand Tabac ([Annexe 4 d](#)) des coulées basaltiques en coussins (CMNE) très bien conservées à faible pendage affleurent. Nous pouvons faire le rapprochement avec les basaltes en coussins qui se trouvent à la Pointe Mancenillier (Réserve).

À Pointe à Adrien ([Annexe 4 e](#)), nous trouvons un contact entre le CAI et les basaltes en coussins (CMNE) faillés avec un pendage apparent verticalisé.

Pour finir, c'est à la Pointe Mombin ([Annexe 4 f](#)) que nous observons un contact franc entre le CVGA et le CMNE. Il est matérialisé par des dykes altérés d'épaisseur pluri-métrique, presque sur le trait de côte.

3. 1. 5. Hydrothermalisme et état de déformation des unités de socle

Dans le CMNE plusieurs zones sont marquées par des minéralisations avec des basaltes en coussins préservés ou non repris par de la chlorite et de l'épidote. Ces zones restent localisées ([Fig. 9 et 10](#)) et montrent de la chloritisation/épidotisation expliquée par l'altération hydrothermale ([Fig. 9 a et b](#)). Ces circulations hydrothermales permettent la formation de ces minéraux faciès sub schiste vert par métasomatisme.

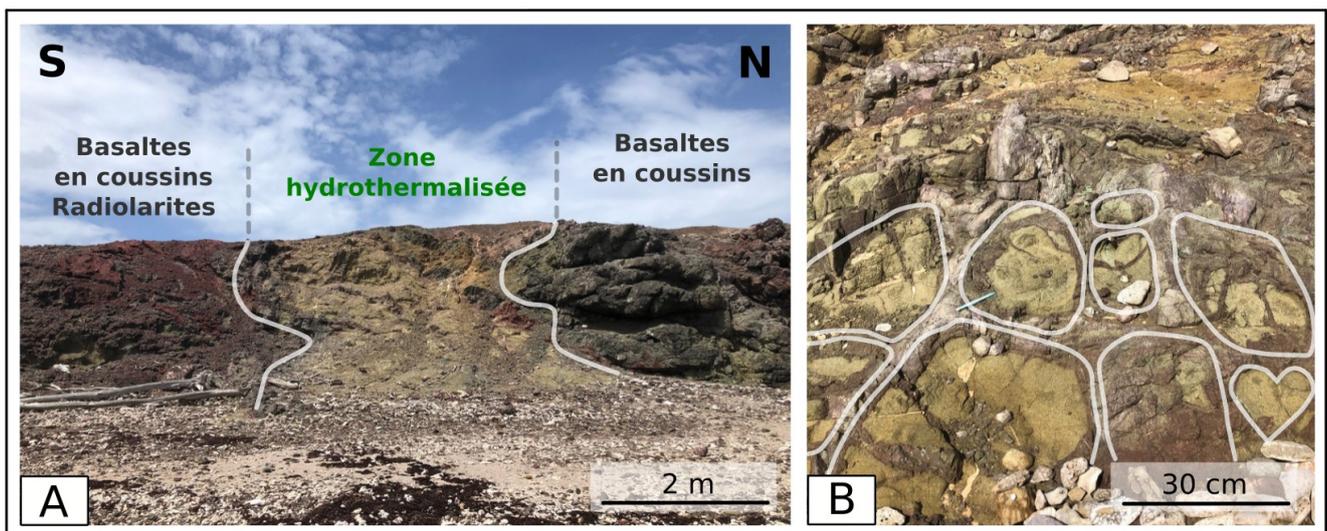


Fig. 9 Hydrothermalisme localisé dans le CMNE

- a) Zone hydrothermalisée dans les basaltes en coussins - Anse Devant y Bon
- b) Basaltes en coussins hydrothermalisés - Est Baie Mahault

Plus généralement dans l'ensemble des lithologies de socle à La Désirade, la présence de chlorite et d'épidote est évidente. Les analyses pétrologiques soulignent cette phase d'altération. Cependant l'hypothèse d'un épisode de déformation synchrone en condition sub schiste vert peut être rejetée. En effet aucune fabrique résultant de la déformation avec la cristallisation de minéraux typique sub schiste vert n'est relevée avec les observations de lames minces (Annexe 5).

À l'échelle de l'île, la déformation est hétérogène, avec des zones où la roche est broyée et d'autres où elle est préservée. Les relevés de terrain ont permis de localiser les zones tectonisées et donc le passage de failles. Ces zones sont plus ou moins large parallèlement aux failles car proportionnelles au déplacement sur le miroir de faille (Scholz, 2019).

Les unités de socle de l'île sont affectées par de la déformation fragile cisailante qui a pu être mesurée sur les dykes rhyolitiques (Fig. 10). Ces plans de cisaillements verticalisés indiquent deux orientations majeures : N 051° E 86° SE et N 137° E 85° SO (Fig. 11) et sont conjugués. L'inversion du tenseur de contrainte de cette déformation fragile postérieure à la mise en place indique un σ_1 N 085° E 65° E (Fig. 11).

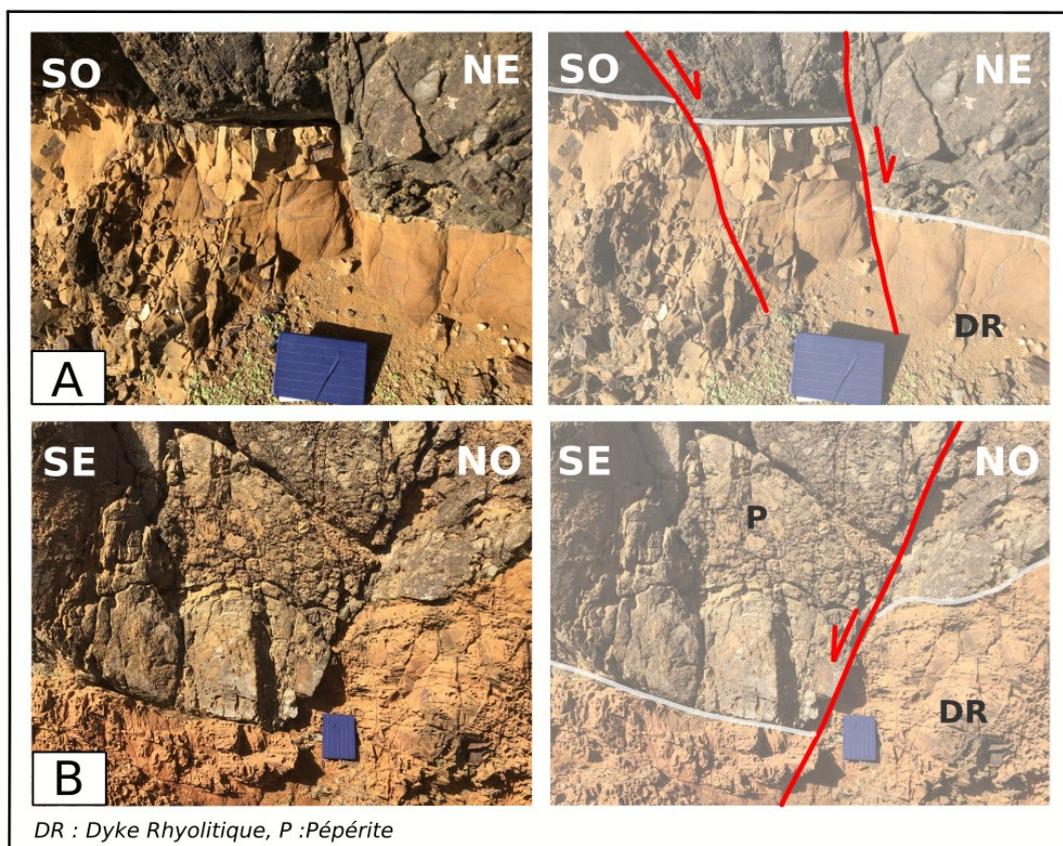


Fig. 10 Dykes rhyolitiques cisailés - Vues à plat
a) Cisaillement dextre - Plage du Grand Abaque
b) Cisaillement senestre - Baie du Grand Abaque.

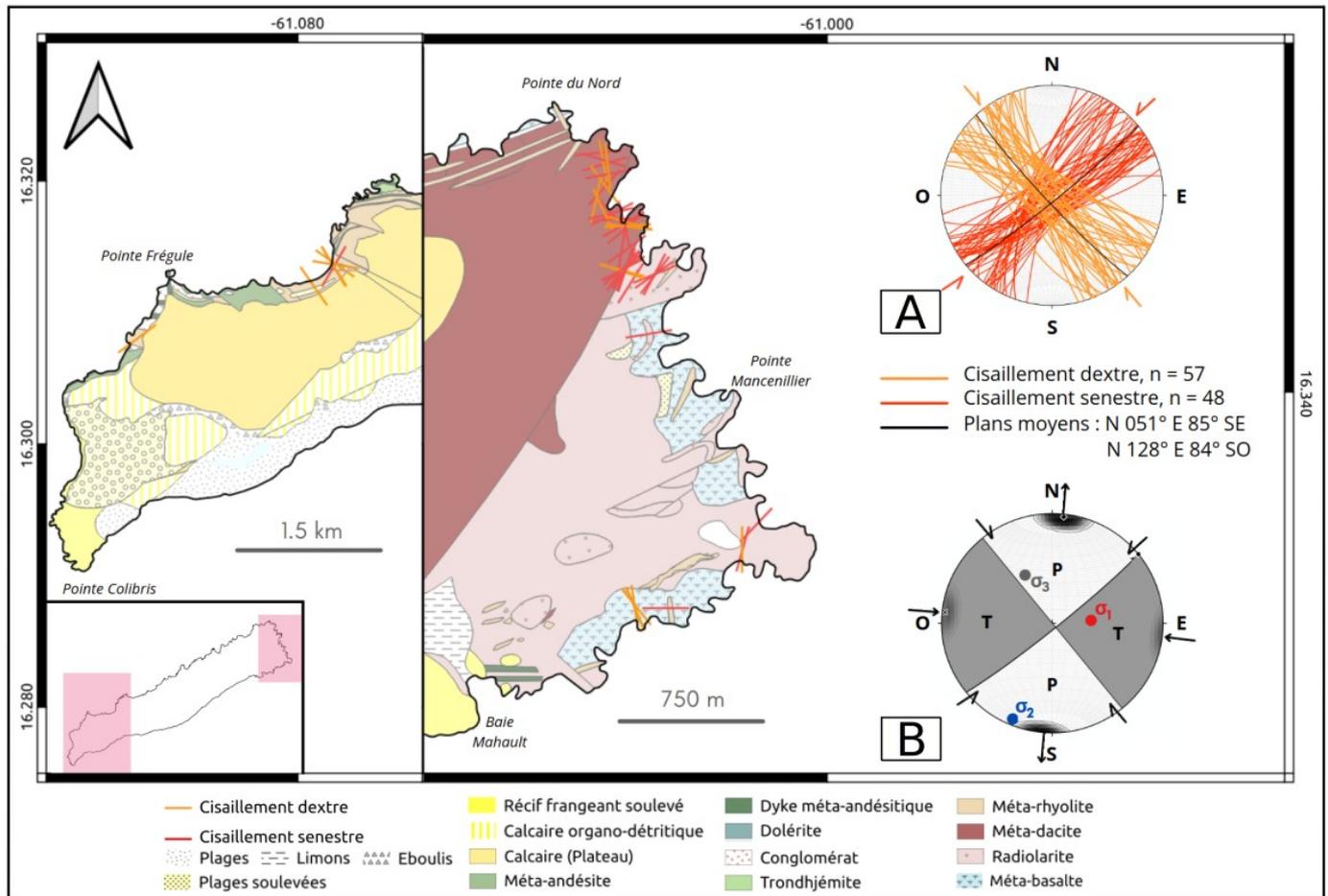


Fig. 11 Carte des cisaillements affectant les unités de socle de La Désirade relevés sur le terrain
a) Projection stéréographique des cisaillements senestre et dextre avec les plans moyens
b) Projection stéréographique avec inversion du tenseur, placement des contraintes principales.

3. 2. Analyse pétrologique des unités de socle de La Désirade

Les observations pétrologiques référencées ci-dessous sont cataloguées en [Annexe 5](#).

Cette partie s'appuie sur les observations pétrologiques de 15 lames minces, réalisées sur les 15 échantillons rapportés du terrain et de 2 lames minces fournies par L. Legendre (BEGENAT A et B) fabriquées en 2013.

La série magmatique de La Désirade est caractérisée par des roches plutoniques (entièrement cristallisées avec des cristaux de plus ou moins petite taille), qui seront présentées dans un premier temps et d'une roche volcanique décrite dans un second temps.

Les lames DSD 25.06, 25.11, 25.12, 25.15 et 25.01, 25.04, 25.09, 25.13, ont des textures microgrenues, porphyroïde ou grenue (roches plutoniques). Les roches ayant une texture microgrenue à porphyroïde pourraient être qualifiées de roches hypovolcaniques (roches magmatiques qui remontent à proximité de la surface sans l'atteindre, leur texture serait un indicateur), notamment pour les dykes recoupant les unités de socle. Les minéraux principaux constitutifs de ces roches sont les feldspaths plagioclases, le quartz, l'épidote, la chlorite et des oxydes. La première série correspond à des roches granitiques ([Fig. 12](#)), tandis que la seconde davantage riche en plagioclases correspond à des monzodiorites ([Fig. 12](#)), d'après la classification

de Streckeisen. Ces quatre dernières roches forment des dykes qui recoupent ou sont au contact du CMNE.

Les lames DSD 25.03, 25.05, 25.07, 25.08, 25.10, 25.14 et enfin DSD 25.02 ont des textures porphyroïde à rhyolitique (roches volcaniques), avec une mésostase majoritairement constituée de baguette de plagioclases. La première série correspond à des rhyolites (Fig. 12) et la dernière roche à une andésite à orthopyroxène.

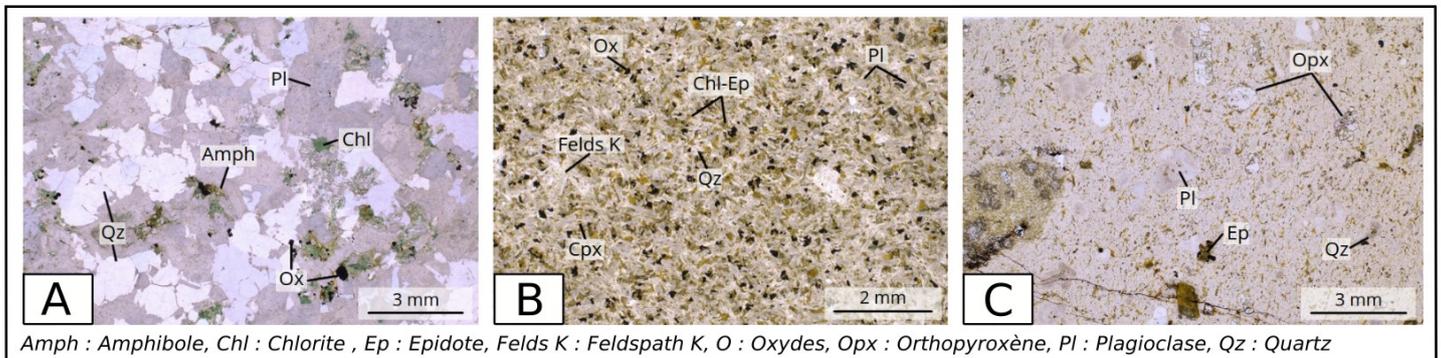


Fig. 12 Caractérisation des lithologies échantillonnées au microscope - LPNA
a) Granite - DSD 25.15 b) Monzodiorite - DSD 25.01 c) Rhyolite - DSD 25.03.

L'épidote et de chlorite sont présentes dans l'ensemble des lames. L'épidote automorphe (en baguette) non orientée de la lame DSD 25. 05 provient d'un sill (Fig. 13 a). Ce minéral apparaît lors d'un épisode postérieur au refroidissement du sill, suite à la circulation de fluide dans les vides, en joints de grains. La lame DSD 25.07 présente une proportion de chlorite importante (20%), elle correspond à une chloritisation pervasive permise par des fluides (Fig. 13 b). Les observations de la lame DSD 25.06 la séricitisation des feldspaths plagioclases (Fig. 13 c), altération hydrothermale produite à ~ 100-300°C pour des pressions inférieures à 100 kbar (Verati et Jourdan, 2014).

L'étude de ces lames prouve des circulations de fluides et de l'hydrothermalisme en faciès sub schiste vert statique dans des roches magmatiques. L'apparition de ces minéraux et leur texture montrent qu'ils ne sont pas synchrone d'une déformation car aucune fabrique n'est associée avec une recristallisation de ces minéraux caractéristiques dans ce faciès de bas degré.

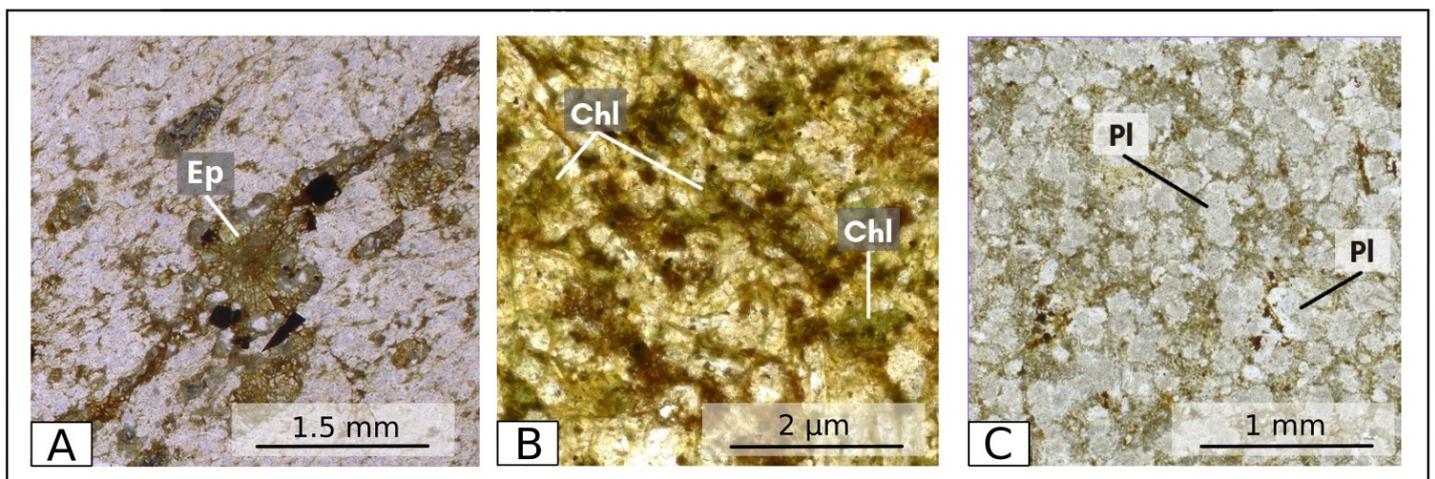


Fig. 13 Minéraux marqueurs d'hydrothermalisme - LPNA
a) Épidote automorphe - DSD 25.05
b) Chloritisation pervasive - DSD 25.07
c) Séricitisation des plagioclases - DSD 25.06.

Les lames BEGENAT A et B proviennent d'un unique échantillon prélevé dans le CMNE et ont une texture grenue. Leurs assemblages minéralogiques caractérisent un gabbro avec une proportion élevée d'olivine serpentinisée (processus d'hydratation).

L'unique roche volcanique échantillonnée, DSD 25.02, a été prélevée dans un niveau intercalé entre des basaltes en coussins (CMNE). Cette andésite est riche en orthopyroxènes qui sont généralement regroupées dans une mésostase essentiellement constituée de microlithes de plagioclases.

3. Géochronologie - Méthode U-Pb sur zircons

Pour cette partie, l'ensemble des lames ont été analysées au Microscope Electronique à Balayage (MEB) afin de détecter la présence de minéraux accessoires et, le cas échéant, de les localiser précisément au sein des lames. Dans le même temps, les échantillons ont subi une séparation minérale par liqueurs denses. Seuls quatre de ces échantillons ont été retenus pour la datation car présentant des minéraux accessoires. Dans les 4 échantillons, la plupart des grains sont translucides incolores et présentent des formes automorphes cohérentes avec une cristallisation magmatique.

Les analyses par ablation laser et ICP-MS (LA-ICP-MS) sur zircons ont permis de dater les échantillons DSD 25.03, 25.11, 25.12 et 25.15. Seules les analyses de l'échantillon DSD 25.11 ont été réalisées sur lame (in situ), pour les autres échantillons, les grains séparés ont été montés sur plot en résine époxy. Les quatre âges obtenus sont identiques aux marges d'erreurs et s'étalent entre $142,2 \pm 1.3$ Ma (DSD 25.12) et 144.1 ± 2.1 Ma (DSD 25.11) (Fig. 14).

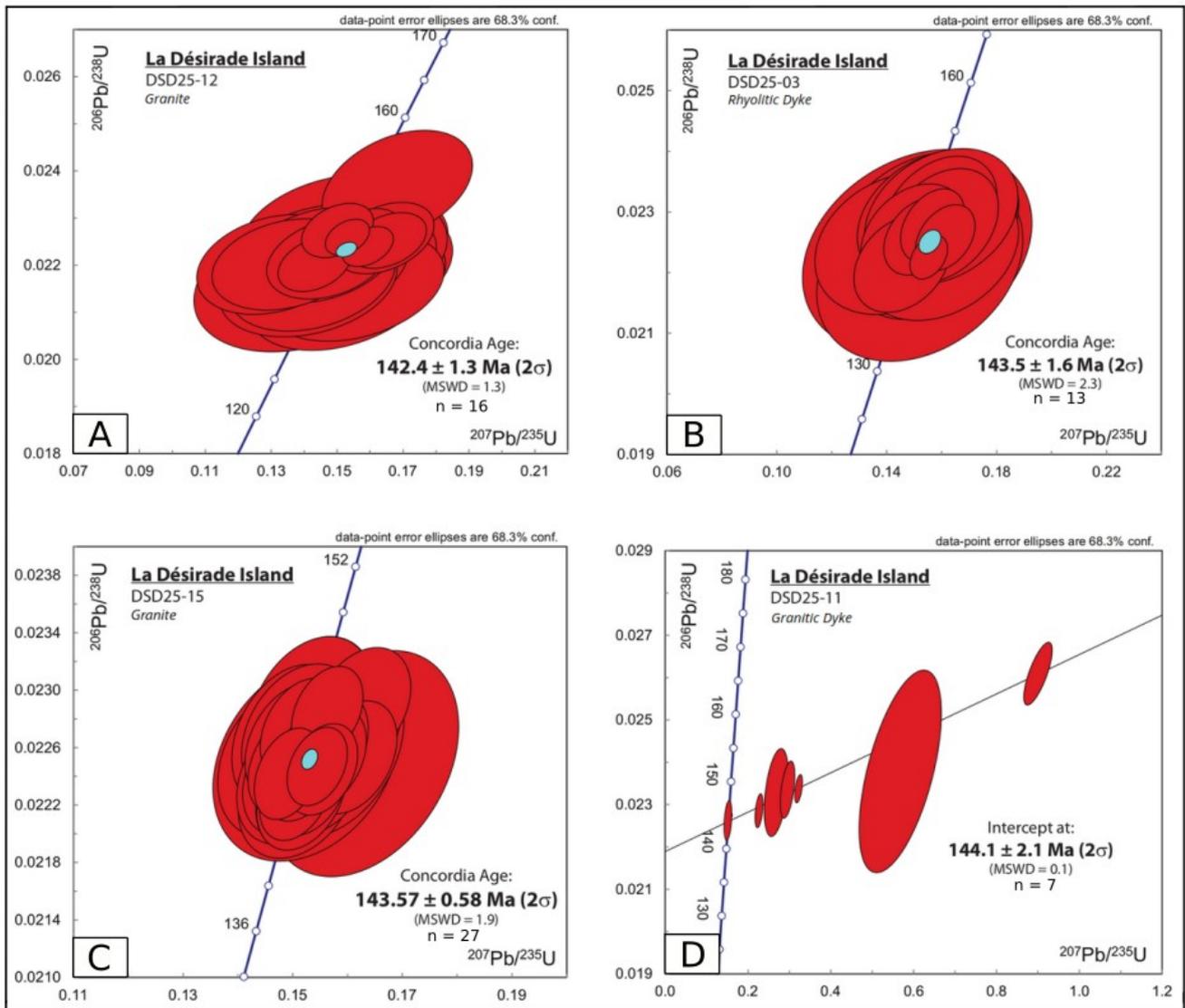


Fig. 14 Diagrammes Concordia U-Pb sur zircons :
 a) Échantillon DSD 25.12 - Granite
 b) Échantillon DSD 25.03 - Dyke Rhyolitique
 c) Échantillons DSD 25.15 - Granite
 d) Échantillon DSD 25.11 - Dyke Granitique.
 - MSWD : Mean Square of Weighted Deviation -

Ces analyses ont été réalisées en utilisant le zircon naturel 91500 comme standard primaire et GJ1 comme standard secondaire.

Les résultats présentés ci-dessous sont répertoriés dans le [tableau 1](#) et en [Annexe 6](#).

Les zircons du granite DSD 25.12 sont pour la plupart de taille inférieure à 100 μm , translucides et contiennent parfois de petites inclusions. Seize analyses montrent des grains concordants ([Fig. 15 a](#)) et définissent un âge concordia de $142,4 \pm 1,3 \text{ Ma}$ (MSDW = 1,3).

Le dyke granitique DSD 25.03 a fourni des zircons de petite taille, entre 30-50 μm . Reportés dans le diagramme Concordia ([Fig. 15 b](#)), les grains analysés sont concordants et indiquent un âge de $143,5 \pm 1,6 \text{ Ma}$ (MSWD = 2,3).

Pour le granite DSD 25.15, les zircons ont des tailles comprises entre 80 et 180 μm . Vingt-sept analyses ont été réalisées et produisent un âge concordant de $143,57 \pm 0,58$ Ma (MSWD = 1,9) (Fig. 14 c).

Au sein de l'échantillon de dyke granitique DSD 25. 11, sept zircons d'une taille comprise entre 20 et 40 μm ont été analysés et sont généralement associés aux quartz. Dans le diagramme Concordia (Fig. 14 d), les analyses, à l'exception d'une, sont discordantes. Cela témoigne de la présence de Pb commun (Pbc) lors de l'analyse, qui peut être due à la présence d'inclusions riche en Pbc (apatite ou feldspath par exemple), ou au débordement du spot laser en dehors du grain à cause de leur petite taille. Les sept analyses permettent cependant de calculer une Discordia qui recoupe la Concordia à $144,1 \pm 2,1$ Ma (MSWD = 0,1). La valeur du MSWD est de 0,1 ce qui témoigne du bon alignement des données.

Échantillon	DSD 25.12	DSD 25.03	DSD 25.15	DSD 25.11
Ablation	Plot	Plot	Plot	Lame mince
Âge zircons (Ma)	$142,4 \pm 1,3$ Ma	$143,5 \pm 1,6$ Ma	$143,57 \pm 0,58$ Ma	$144,1 \pm 2,1$ Ma
MSWD ; n	1,3 ; 16	2,3 ; 13	1,9 ; 27	0,1 ; 7

Tableau 1 : Récapitulatif des âges absolus obtenus pour les quatre échantillons analysés.

MSWD : Mean Square of Weighted Deviation, n : nombre d'ablations réalisées.

Ces échantillons magmatiques appartiennent au groupe des granitoïdes/rhyolite de l'île. Les résultats indiquent une même gamme d'âge, comprise entre Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur, en considérant leur marge d'erreurs. Aucun âge n'a été obtenu sur les échantillons les moins différenciés dû à l'absence de minéraux accessoires.

3. 4. Géochimie

3. 4. 1. Éléments majeurs

Les données en éléments majeurs référencées ci-dessous sont cataloguées en [Annexe 7](#).

Sur les 11 échantillons retenus, seules les variations des taux de silice sont significatives. Les teneurs en alcalins ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) évoluent entre 6.73 et 8.5 %. La représentation des échantillons dans le diagramme TAS (Fig. 15) permet de distinguer trois groupes :

- Un premier groupe représenté par les échantillons DSD 25.01, 25.04, 25.09 et 25.13, présentant un taux de SiO_2 allant de 53.5 à 55 %. Ces roches correspondent à des dykes monzodioritiques affectant le CMNE ou bien se situent à son contact.

- Un deuxième et troisième groupes formés par les échantillons DSD 25.03, 25.05, 25.06, 25.08, 25.12, 25.14, 25.15, caractérisé par un taux de SiO_2 compris entre 70.4 et 76.9 %. Ces roches sont de nature granitique (dykes et encaissants) et rhyolitiques.

Deux hypothèses peuvent être proposées quant à la relation entre ces deux groupes. Ils peuvent appartenir :

- À une même série magmatique avec un hiatus des termes moyens.
- À deux épisodes magmatiques distincts mis en place lors de deux événements à partir de sources similaires ou différentes.

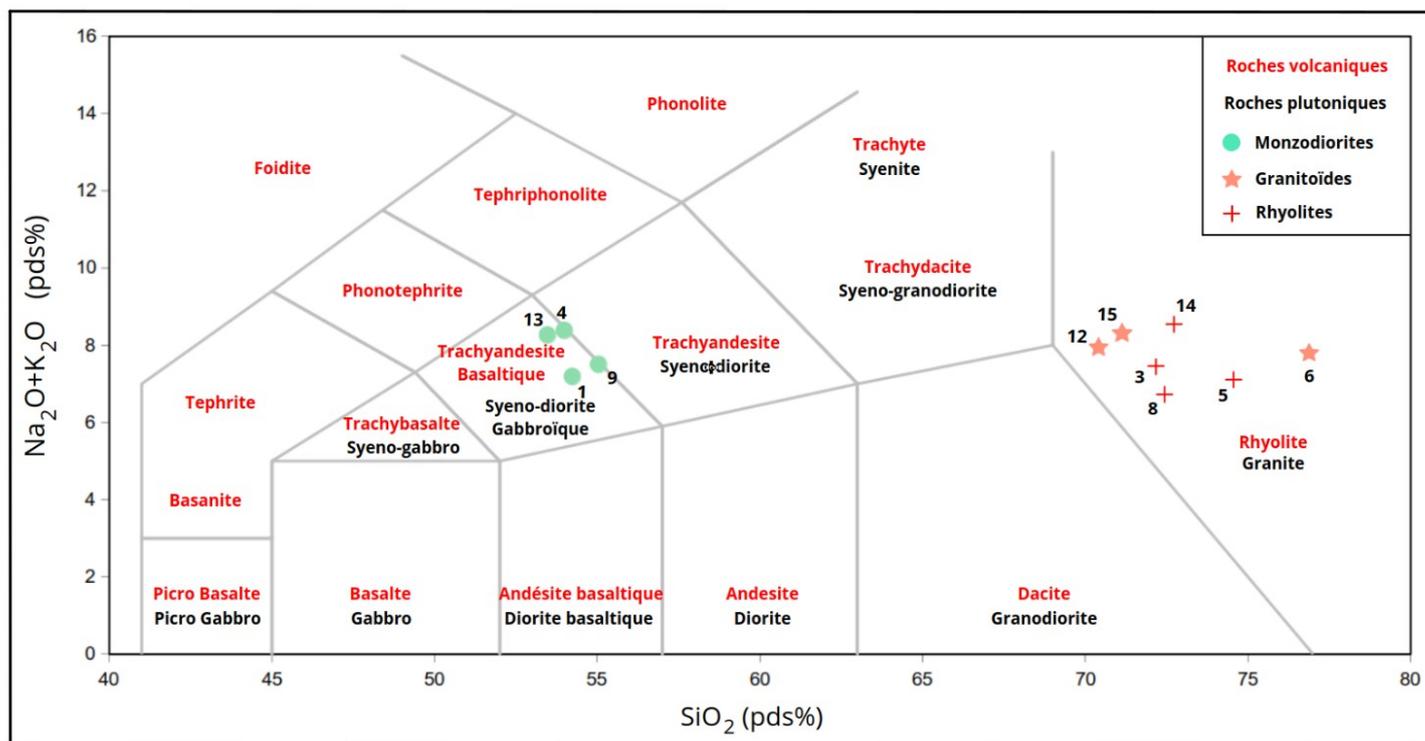


Fig. 15 Diagramme TAS des unités de socle de l'île de La Désirade.
- Modifié d'après [Le Bas et al., 1986](#) -

La valeur LOI (Loss of ignition) représente la contribution des volatiles dans la roche et peut être utilisée comme indicateur du degré d'altération de la roche.

Les valeurs LOI mesurées sur les 11 échantillons sont comprises entre 0,7 et 2,9 %. Elles n'excèdent pas 3 %, ce qui correspond à un degré d'altération faible à modéré.

Pour les roches granitiques et rhyolitiques, les valeurs LOI sont inférieures à 1,75 %, tandis qu'elles sont supérieures à 2 % pour les roches monzodioritiques. Les deux groupes établis précédemment sur la base du TAS peuvent être à nouveau distingués.

Les diagrammes d'Harker ([Annexe 8](#)) soulignent des teneurs en TiO_2 (a) plus élevée pour le groupe monzodioritique (0,85 à 1,07 %) par rapport au groupe des granites/rhyolites (0,19 à 0,54 %). La même observation peut être faite pour les teneurs en Al_2O_3 (b), $Fe_2O_3^+$ (c) et le CaO (f). Le MgO (d) présente des valeurs comprises dans les intervalles suivants, de 2 à 4,4 % pour les monzodiorites et 0,5 à 2,2 % pour les granites/rhyolites. Pour le Na_2O (e) les teneurs pour les monzodiorites et des granites/rhyolites sont proches à équivalentes avec des moyennes respectives de 7,6 et 7,5 %. Les teneurs en K_2O (g) des monzodiorites sont de 0,13 % pour 3 échantillons à l'exception du DSD 25.09 qui atteint 0,54 %. Les granites et rhyolites présentent un intervalle de variation plus large, évoluant de 0,08 à 0,33 %. Et enfin le P_2O_5 (h) est, en moyenne, de 0,11 % pour les monzodiorites et entre 0,04 et 0,14 % pour les granites/rhyolites.

3. 4. 2. Éléments en traces

Les données en éléments traces référencées ci-dessous sont cataloguées en [Annexe 9](#).

Les diagrammes X-Y présentant un élément mobile (Nb) versus éléments réputés immobiles (Th, Ba et Rb) ([Fig. 16](#)) permettent de tester comment les processus d'altération ont affecté le chimisme des roches étudiées et permettent de déterminer quels éléments chimiques peuvent être

utilisés pour caractériser la source des échantillons et les processus de HT qu'ils ont enregistrés. Si les deux éléments ayant des comportements différents sont corrélés alors l'effet de l'altération est négligeable.

Pour le Nb versus le Th (Fig. 16 a) les échantillons sont corrélés positivement. Généralement les monzodiorites ont des teneurs en Th plus faibles, inférieures à 0.4 ppm à l'exception du granite DSD 25.12 qui a une teneur de 0,9 pour 0,23 ppm. En revanche pour les diagrammes Figure 16 b et c, aucune corrélation ne peut être établie ce qui indique que le Ba et le Rb ont été affectés par des processus d'altération.

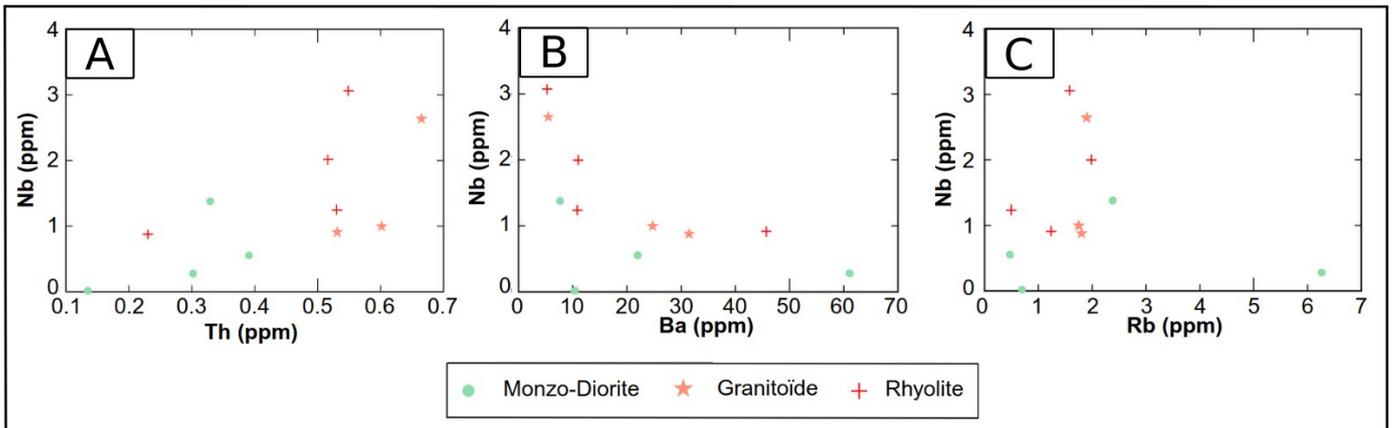


Fig. 16 Graphiques teneur en élément immobile (Nb) fonction de la teneur en éléments mobiles :
 a) Nb versus Th b) Nb versus Ba c) Nb versus Rb.

Les données en éléments traces ont été reportées dans les deux graphiques suivants (Fig. 17) :

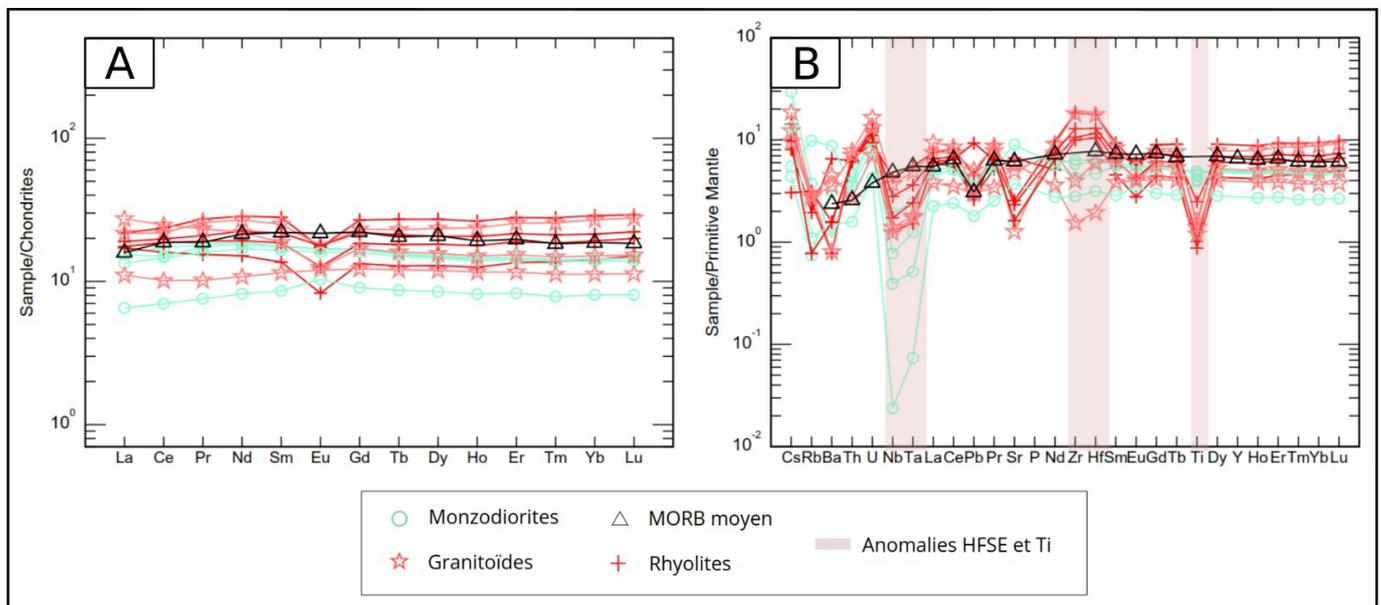


Fig. 17 a) Spectres des terres rares (REE) normalisés aux chondrites (CHUR)
 b) Spectres élargis des éléments en traces (des plus incompatibles au plus compatibles) normalisés au manteau primitif, pour les échantillons de La Désirade [ppm].
 a) Normalisation : Sun and McDonough, 1995 - b) Normalisation : Sun and McDonough, 1989.

Les données en éléments traces ont été reportées dans deux types de graphiques : i) la répartition des terres rares (REE) normalisée par rapport aux chondrites (Fig. 17 a) et ii) la répartition des éléments traces, classés en fonction du degré de comptabilité, normalisés par rapport au Manteau Primitif (PM) (Fig. 17 b). Le spectre de la moyenne des MORB (Mid Ocean Ridge Basalt) a été ajouté dans ces graphiques (d'après [Arevalo et McDonough, 2010](#)).

Reportés dans la [Figure 17 a](#), les spectres obtenus pour les échantillons de La Désirade sont globalement plats et présentent un facteur d'enrichissement compris entre 6 et 30 par rapport aux valeurs des chondrites. Comparés à la moyenne des MORB, ils présentent des profils relativement proches mais avec des concentrations souvent inférieures, notamment pour les échantillons monzodioritiques, ainsi que des anomalies (positives ou négatives) en Eu.

Les spectres des granitoïdes et des rhyolites ont des concentrations plus variées que les monzodiorites, et possèdent des anomalies négatives en Eu, à l'exception de l'échantillon DSD 25.12. La présence d'une anomalie en Eu indique un fractionnement différentiel de l'Eu à la source probablement lié à la cristallisation de plagioclase.

Reportés dans la [Figure 17 b](#), les spectres obtenus présentent des tendances semblables au spectre de la moyenne MORB, pour les éléments les plus incompatibles. On note la présence d'anomalies négatives en Pb, Sr et Eu liées au fractionnement des plagioclases.

Concernant le comportement des HFSE, pour lesquels la présence d'anomalies négatives est un indicateur de subduction, on note la présence d'anomalies négatives en Nb-Ta visibles sur l'ensemble des échantillons étudiés. Les autres HFSE, le Zr et l'Hf présentent des tendances différentes, anomalie positive ou négative, selon l'échantillon considéré.

Le Ti, élément qui se comporte comme les HFSE présente une anomalie négative marquée pour l'ensemble des échantillons étudiés.

3. 4. 3. Analyses isotopiques Pb-Sr-Nd-Hf

Les données isotopiques référencées ci-dessous sont cataloguées en [Annexe 10](#).

L'ensemble des données isotopiques ont été corrigées de l'effet de la désintégration radioactive au cours du temps avec un âge de référence de 144 Ma (cf. [Partie Géochronologie](#)).

Les valeurs obtenues pour les rapports isotopiques du plomb sont homogènes pour l'ensemble des échantillons étudiés. Dans le détail, les gammes de variations des rapports $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ et $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ sont de, respectivement, 17,95-18,22 ; 15,50-15,51 et 37,73-37,80. Elles sont reportées dans les diagrammes de la [Figure 18](#).

Reportés dans les diagrammes Pb/Pb ([Fig. 18 a et b](#)), les échantillons de La Désirade apparaissent regroupés avec une légère corrélation linéaire pour les faciès différenciés dans le diagramme $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$. Les échantillons se localisent dans les domaines définis pour les MORB et les arcs océaniques, à l'échelle mondiale. Ils se positionnent toutefois dans la partie la moins évoluée du domaine des arcs océaniques.

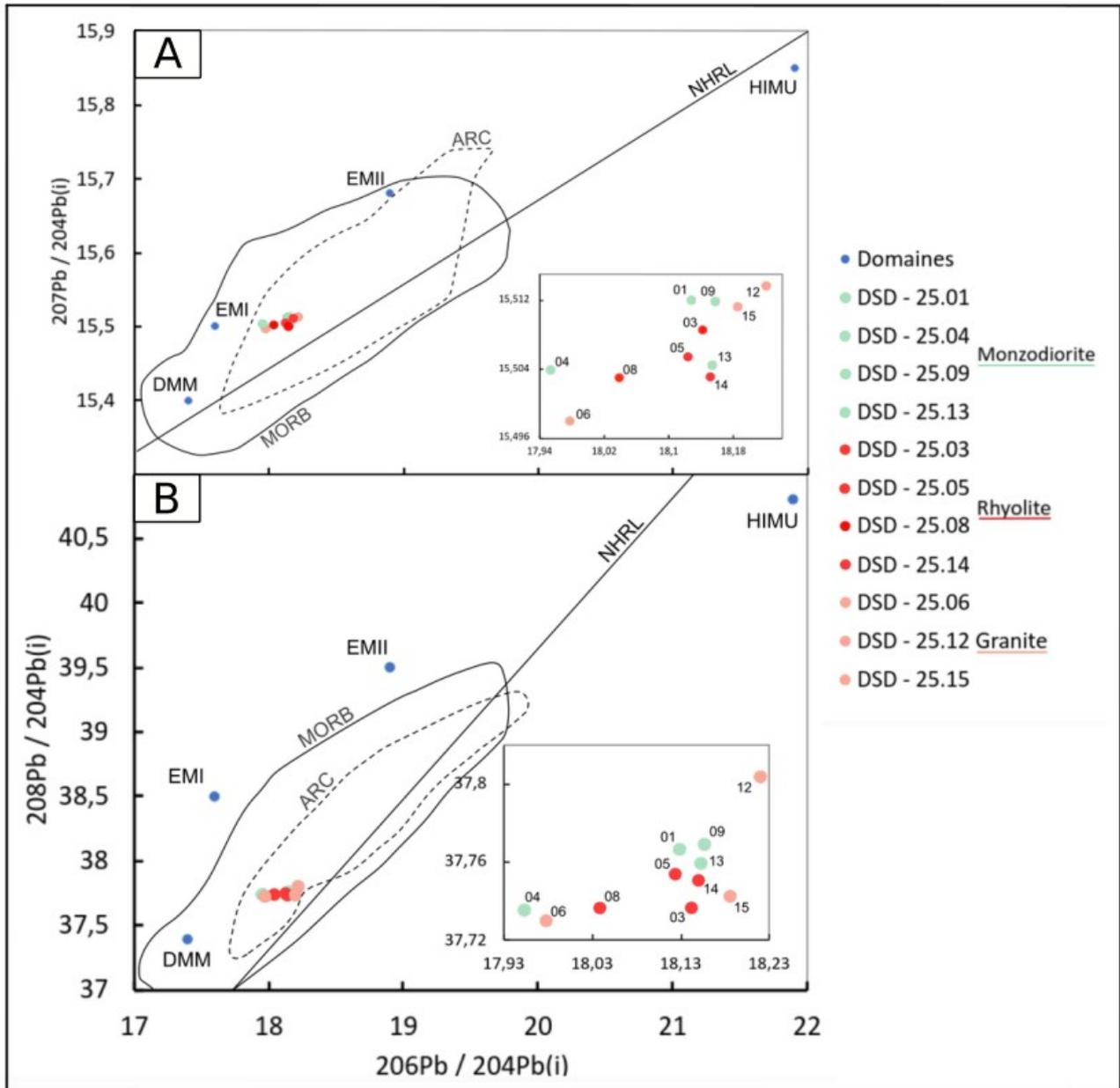


Fig. 18 Diagrammes des isotopes du plomb a) rapport du $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ fonction du $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$
 b) rapport du $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$ fonction du $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_{(i)}$.

Les domaines MORB et ARC sont tracés à partir de bases de données disponibles sur GEOROC.

Les réservoirs de références mondiales sont reportés d'après [Zindler et Hart, 1984](#) :

DMM (Depleted Morb Mantle, EMI et EMII (Enriched Mantle I et II) et HIMU (High- μ)
 avec la NHRL (North Hemisphere Reference Line) ([Hart, 1984](#)).

Les données isotopiques du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ sont reportées dans un diagramme en fonction des LOI ([Fig. 19](#)) car les isotopes du Sr, élément chimique de la famille des alcalino-terreux relativement mobile, peut être affecté par les processus d'altération. Une corrélation positive est soulignée entre le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ et les LOI, avec une altération croissante des granites aux monzodiorites.

Il est alors nécessaire de considérer cette altération différentielle entre les lithologies au cours de l'utilisation des données isotopiques du Sr.

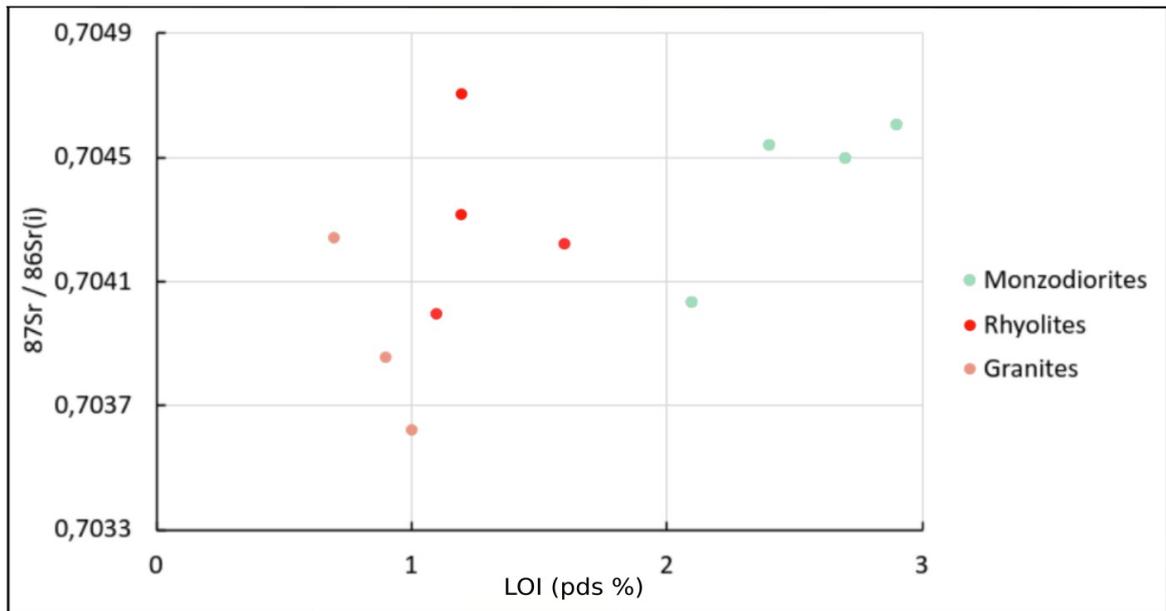


Fig. 19 Diagramme du rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ fonction de la LOI (Loss Of Ignition).

Les rapports isotopiques du $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(i)$ sont relativement homogènes pour l'ensemble des échantillons et varient très peu, entre 0,51290 et 0,51295. Les rapports isotopiques du Sr sont quant à eux plus variables et s'étalent entre 0,7036 et 0,7047.

Dans le diagramme de corrélation isotopique Nd/Sr (Fig. 20), les échantillons de La Désirade définissent un domaine allongé horizontal parallèle à l'axe des abscisses. Ce domaine se place dans le domaine des arcs océaniques et est distinct, en ce qui concerne les valeurs isotopiques du Sr, du domaine des MORB mondiaux.

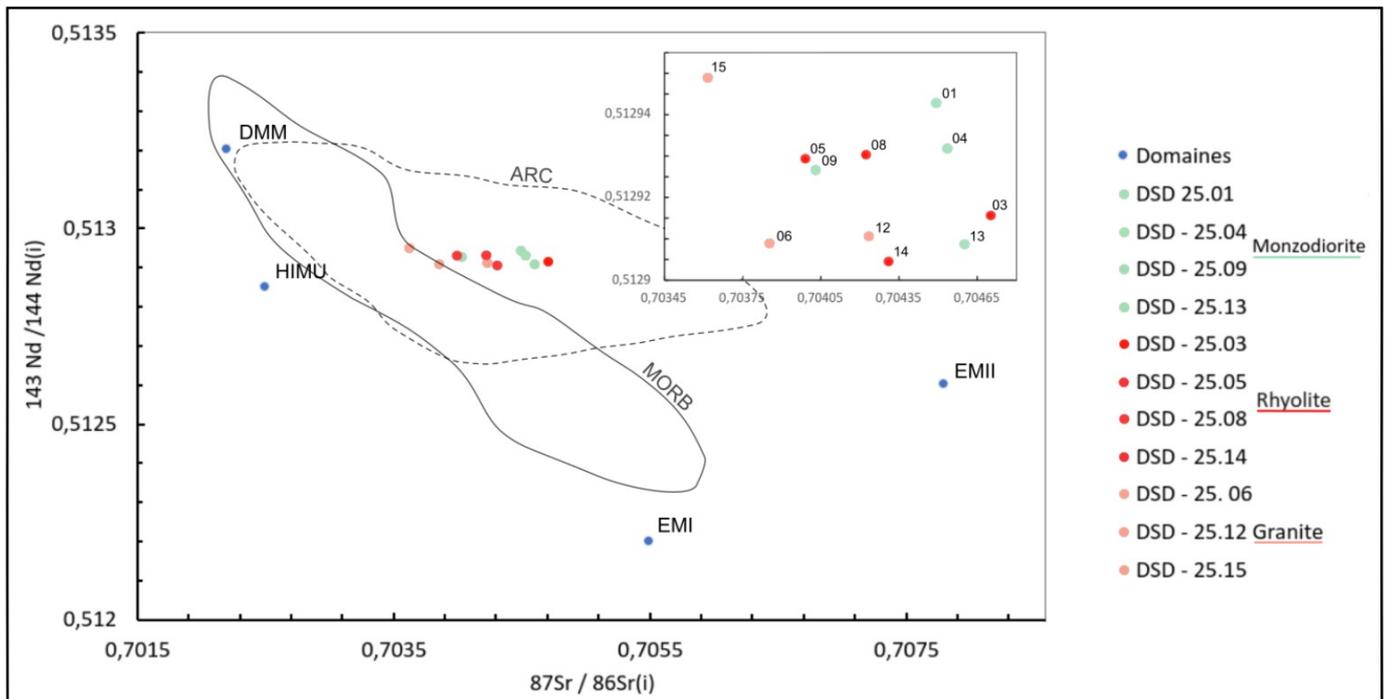


Fig. 20 Diagramme du rapport du $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(i)$ fonction du $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$.
Les sources des domaines sont identiques à la figure 19

Les échantillons de La Désirade se caractérisent par de faibles variations de rapport isotopiques de l'Hf (0,028307 - Fig. 21), à l'exception de l'échantillon DSD 25.12 qui présente un rapport $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ relativement inférieur (0,28291). Dans le diagramme isotopique Hf/Nd (Fig. 21), l'ensemble des échantillons définissent un domaine qui se positionne dans le domaine des arcs mondiaux et dans celui, plus large, des MORB.

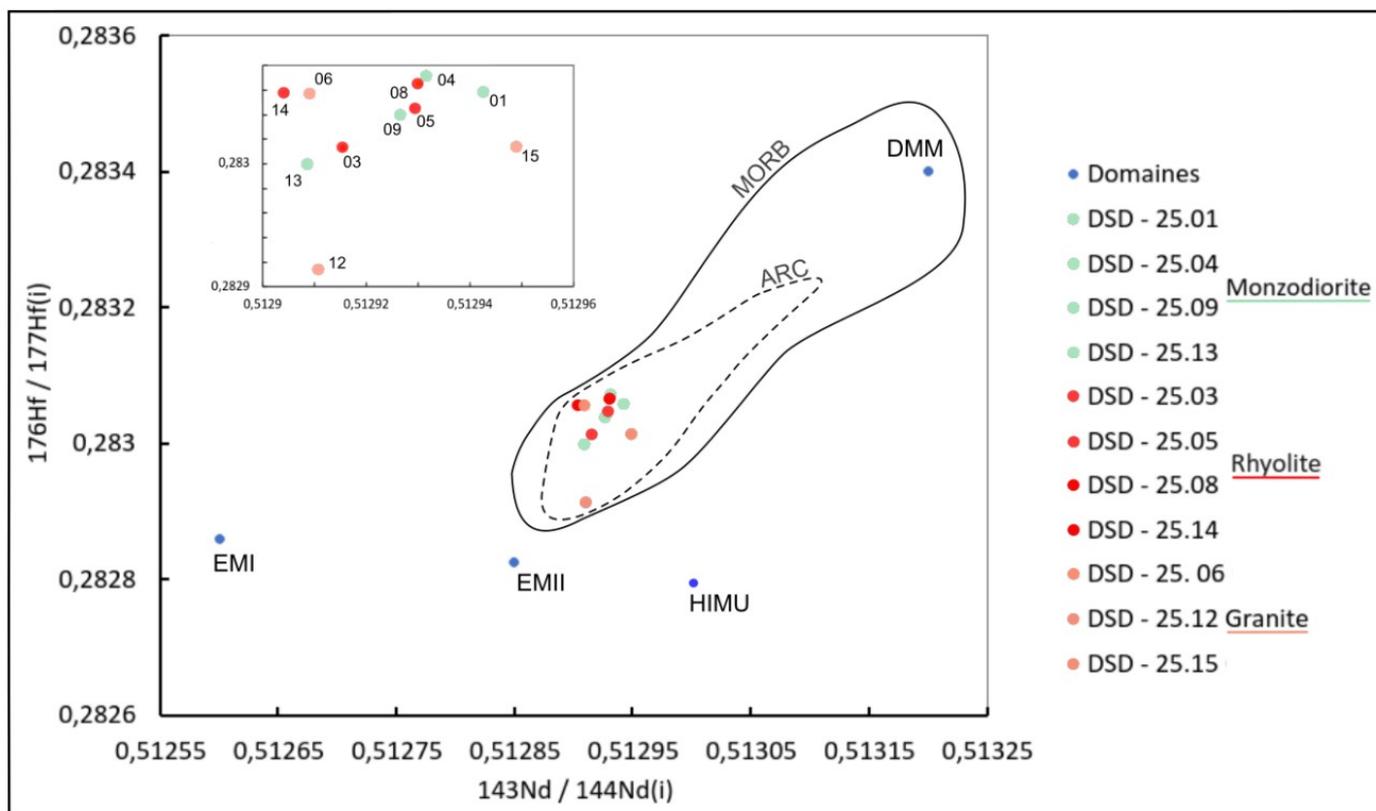


Fig. 21 Diagramme du rapport du $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}_{(i)}$ fonction du $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(i)}$.
Les sources des domaines sont identiques à la figure 19

IV. INTERPRÉTATION

4. 1. À l'échelle de La Désirade

Géochronologie absolue

Les âges obtenus par la méthode en U-Pb sur zircons confirment l'âge Crétacé inférieur du Complexe Acide Intrusif (CAI) et d'un dyke rhyolitique recoupant le CMNE (d'âge biostratigraphique Jurassique supérieur). Ce volcanisme, âgé d'environ 144 Ma, se produit dans un court laps de temps (marges d'erreurs inférieures à 2 Ma).

Malheureusement, l'âge des monzodiorites n'a pas pu être déterminé en raison de l'absence de minéraux accessoires datables par la méthode U-Pb. Les âges et les données isotopiques des dykes qui affectent le CAI sont aussi manquants, ne permettant pas de confirmer ou de rejeter l'hypothèse d'une source commune au granite. En revanche aucun recuit n'est relevé sur le terrain et le granite présente, en plusieurs localités des enclaves arrondies de nature basique (Annexe 11). La série acide intrusive de la côte Nord de l'île pourrait être considérée comme une chambre magmatique réalimentée par des magmas basiques. Ainsi les magmas les plus différenciés seraient localisés en direction du toit de la chambre. Cela est par exemple observé aux îles Vierges où des chambres magmatiques d'arcs ayant produit des plutons différenciés sont réalimentées par des magmas moins différenciés (Annexe 11).

Les rapports isotopiques Nd-Pb-Hf obtenus de nos échantillons sont homogènes, ce qui peut suggérer une source commune et l'appartenance à une même série magmatique. En suivant ce raisonnement l'âge moyen du CAI, à 144 Ma, correspondrait également à celui du Complexe Volcanique du Grand Abaque. Les roches moins différenciées seraient alors plus jeunes que 144 Ma.

Ces conclusions ont permis d'actualiser la carte géologique de l'île de La Désirade ([Annexe 12](#)).

Éléments majeurs

Les données en éléments majeurs de [Neill et al., 2010](#) principalement issues du CMNE (basaltes) et des données fournies par [C. Verati](#) sur deux dykes d'andésite et de dacite qui recoupent le granite du CAI, ont été intégrés dans le diagramme TAS ([Fig. 22](#)). La série est complétée mais il existe toujours le hiatus des lithologies intermédiaires entre 63,5 et 71 % de SiO₂. Ce gap pourrait être expliqué par des « pulses » discontinues dans la chambre magmatique. Les roches magmatiques de La Désirade semblent correspondre à une série magmatique sub-alcaline. À noter que les échantillons de [Neill et al., 2010](#) sont davantage altérés que ceux de cette étude et présentent des valeurs de LOI comprises entre 0,78 (roches felsiques) et 7,40 % (basaltes).

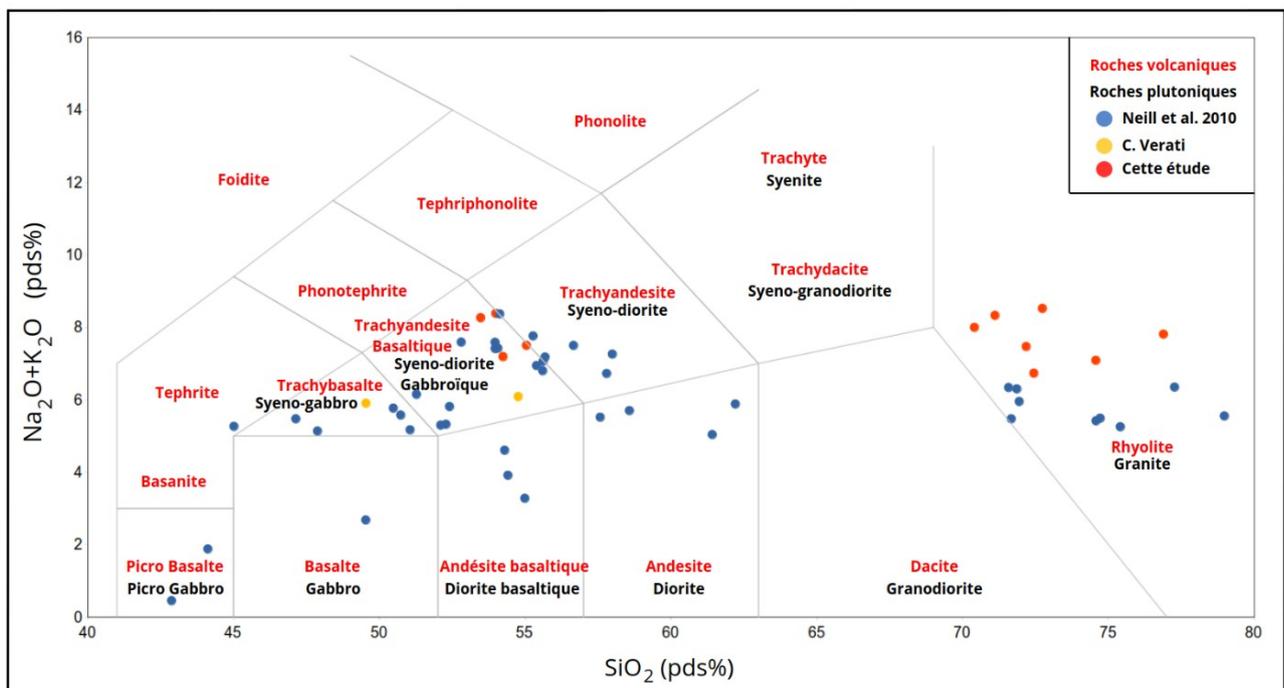


Fig. 22 Diagramme TAS - Compilation des données disponibles des unités de socle de La Désirade.
 - Données de [Neill et al. 2010](#), de [C. Verati](#) et de cette étude -
 Modifié d'après [Le Bas et al., 1986](#).

Éléments en traces

Reportés dans la Figure 23, l'ensemble des données en éléments traces des unités du socle de La Désirade (Neil et al., 2010, C. Verati et celles de cette étude) présente une gamme de variations beaucoup plus large que nos échantillons seuls. En particulier, les basaltes varient d'un facteur d'enrichissement allant de 5 à 50 par rapport aux valeurs des chondrites.

Les profils, qui présentent des valeurs inférieures aux moyennes des MORB, conservent cependant des allures de spectres similaires.

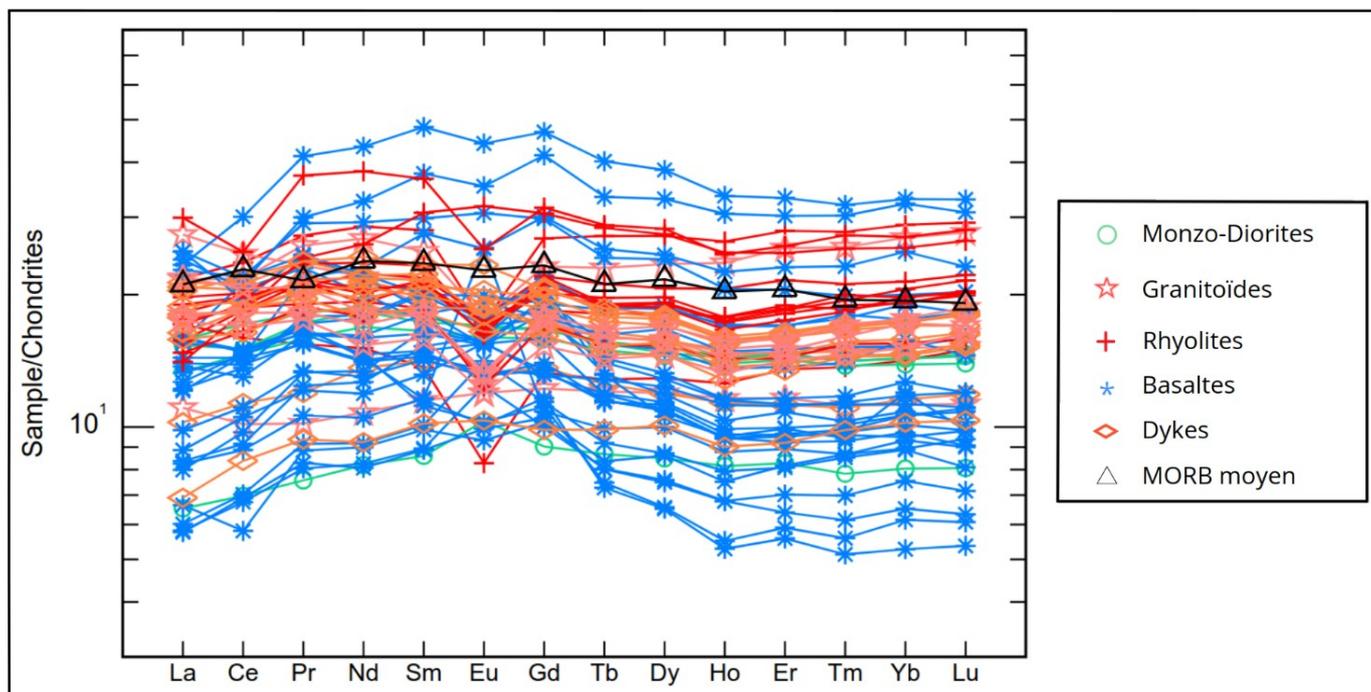


Fig. 23 Spectres des terres rares (REE) normalisés aux chondrites (CHUR) des échantillons de La Désirade.

Normalisation : Sun and McDonough, 1995 MORB d'après Arevalo et McDonough, 2010, données de cette étude : monzodiorites, granitoïdes et rhyolites, données reprise de Neill et al., 2010 : rhyolites, basaltes et dykes, données fournies par C. Verati : dykes.

Traces et isotopes

La signature de subduction est classiquement soulignée par des anomalies négatives en HFSE et Ti (Fig. 17 b). Nos échantillons présentent des anomalies négatives en Nb-Ta-Ti mais des anomalies en Zr-Hf variant de faiblement négatives à faiblement positives. Cette observation couplée au faible enrichissement en éléments incompatibles présent au sein de nos échantillons par rapport aux MORBs (Fig. 17 b) met en évidence une faible contribution, voire une absence de fluides libérés par la plaque plongeante. Cela témoigne donc d'une participation peu marquée de la composante de subduction.

Les spectres obtenus ne présentent pas de signature de subduction typique arrière arc, sinon l'enrichissement en éléments incompatibles serait souligné même à un stade précoce de subduction. Les rapports isotopiques des échantillons étudiés sont homogènes et s'apparentent au domaine des arcs mondiaux. Leurs allures relativement plates témoignent cependant d'une forte composante du manteau (Fernandez et al., 2020). Selon Pearce et Stern, 2006, en contexte de subduction, une signature mantellique marquée caractérise le plus souvent un domaine d'arrière-arc. En reportant nos échantillons dans le diagramme Th/Nb versus La/Nb (Fig. 24) (d'après Marchesi et al., 2007), les points définissent une corrélation positive selon une pente correspondant à une valeur Th/La=0,1. On observe que certains échantillons de La Désirade se placent en position intermédiaire entre le domaine des Antilles et celui des MORB/OIB, alors que d'autres se superposent au domaine des Mariannes. Le domaine GLOSS (GLOBal Subducting Sediments) se trouve très éloigné de nos échantillons, confirmant ainsi la faible contribution sédimentaire indiquée notamment par le diagramme Fig. 17 b ainsi que sur les signatures isotopiques Figures 18, 20 et 21 . Neill et al., 2010 ont émis l'hypothèse lors de leur étude sur La Désirade que leurs échantillons présentaient des similitudes avec le domaine des Mariannes, qui correspond à un contexte typique d'un bassin d'arrière-arc.

Cette hypothèse est également supportée par ce travail pour lequel est observé, dans les diagrammes isotopiques (Annexe 13), que les échantillons de La Désirade se reportent dans le domaine défini par les échantillons formés dans la zone d'arrière-arc des Mariannes (Fryer et al., 1990, Gribbel et al., 1998, Poreda, 1985, Sinton et al., 1987, Stern et al., 1990, Volpe et al., 1990).

Il peut donc être proposé que les roches magmatiques de La Désirade se soient mises en place dans un contexte de bassin d'arrière-arc il y a environ 144 Ma et qu'elles se caractérisent par une affinité sub-alkaline.

L'ouverture d'un bassin d'arrière-arc se produit généralement lorsque l'arc insulaire est suffisamment développé, à un stade mature de la subduction (Stern and Dickinson, 2010).

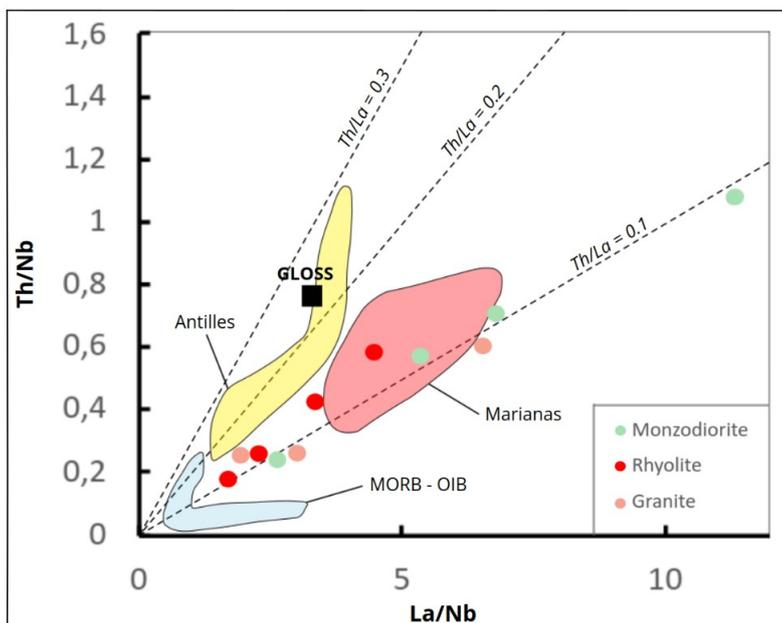


Fig. 24 Diagramme La/Nf versus La/Nb pour les échantillons de La Désirade.

Les domaines MORB-OIB, Antilles, Mariannes et GLOSS (GLOBal Subducting Sediments) sont tracés d'après Plank, 2005.

Modifié d'après Marchesi et al., 2007.

V. DISCUSSION

Géochimie

Peu de données isotopiques sont disponibles pour La Désirade. Seule une série de 6 échantillons provenant de La Désirade est disponible et indique une gamme de variation des rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{(i)}$ compris entre 0,7037 et 0,7043 (Neill et al., 2010). Ces valeurs sont en parfait accord avec celles obtenues pour l'île de La Désirade dans cette étude (Annexe 10).

Géochronologie absolue

Le socle de l'île de La Désirade, daté au Jurassique supérieur – Crétacé inférieur, est le témoin d'un volcanisme d'arc lors de la subduction de la plaque Farallon sous les plaques continentales Amériques du Nord et du Sud. D'autres terrains du même âge sont également présents dans la région caribéenne, et sont géographiquement dispersés.

En effet, plusieurs datations par la méthode U-Pb sur zircons sont renseignées dans la littérature (Fig. 1 d):

- Dans la chaîne de Cuicateco (à l'Ouest du Golf du Mexique) des âges de $147 \pm 3,8$ Ma (MSDW = 3,9) et 158 ± 13 Ma sont attribués, respectivement pour des injections granitiques au sein d'un encaissant de haut grade et à un métagranite (Pindell et al., 2020).
- À Cuba un âge estimé à ~ 150 Ma pour des roches ignées d'arc volcanique et métamorphisées a été déterminé par Hu et al., 2010.
- Sur l'île d'Hispaniola la seule datation d'une unité d'arrière arc est estimé à 140 Ma (Hu et al., 2010).
- Des dykes felsiques intrudant une péridotite (Tinaquillo-Venezuela) indiquent un âge de 150 ± 2 Ma par la méthode U-Pb sur fraction de zircons (Seyler et al., 1998).
- Une quartzite située dans la chaîne Caribéenne (marge Colombienne) est datée à environ 155 Ma (Pindell et al., 2020).
- Une seule datation $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ sur roche totale pour l'unité océanique de Nycoya (Panama), est disponible à $139 \text{ Ma} \pm 3 \text{ Ma}$ (Hauff et al., 2000, Hoernle et al., 2004).

Aujourd'hui ces terrains d'âges compris entre 155 (Colombie) et 139 Ma (Nycoya) se localisent en frontière de plaque (Fig. 1 d).

5. 1. L'île de La Désirade dans la géodynamique des Caraïbes

L'île de La Désirade formée durant le Jurassique supérieur caractérise un volcanisme d'arrière-arc (contexte convergent) qui a fonctionné avant la formation de la plaque Caraïbes, anté Jurassique Supérieur.

Le CVGA expose une série alternant des pépérites et des coulées de laves rhyolitiques, ce complexe est donc caractérisé par un volcanisme sous-marin peu profond à aérien (Killing et al., 2001) que nous avons daté à $142,4 \text{ Ma} \pm 1,3 \text{ Ma}$ et $144,1 \pm 2,1 \text{ Ma}$. Le CVGA est mis en contact avec le CMNE à la faveur d'une faille normale à pendage NNO fort (N 031° E 81° NNO). Cette étude montre que les dykes du CAI sont géochimiquement proches du CVGA, ils recoupent le complexe mafique qui lui s'est mis en place sous environ 1 km de profondeur d'eau 155-150 Ma (Cordey et Cornée, 2021). Les nouvelles données obtenues lors de cette étude suggèrent que le CAI et le CVGA sont synchrones et que le complexe acide intrude le complexe mafique 10 à 5 millions d'années après sa mise en place.

Sur la côte Nord, à l'endroit où les parties intrusives du complexe acide affleurent le mieux, la présence de dyke mafiques (Fig. 6) avec un contact ne montrant pas de recuit des roches acides encaissantes suggère des réalimentation de la chambre magmatique acide par des magmas mafiques évoquant un volcanisme bimodal.

Cette hypothèse est validée par le faciès schistes vert statique observé à l'échelle de l'île dans les roches du complexe mafique car ils ont été intrudés et "chargés" par le complexe acide.

L'île de La Désirade a été affectée par de la déformation fragile caractérisée par un système cisailant conjugué orienté N 050° E et N 130°E. Ces orientations relevées à l'échelle de l'affleurement sont les mêmes que celles des grands accidents observés à l'échelle de l'île : sur le trait de côte et sur les escarpements majeurs de l'île (Fig. 2, Annexe 11). La faille majeure du "Mur de La Désirade" orientée de N 050° E pendage NNO montre un rejet de 4000 m. La faille du Grand Abaque est interprétée ici comme l'une des failles secondaires de ce système. Elle met au même niveau structural un complexe acide mis en place en sub-surface jeune, affleurant dans son toit, avec des roches mafiques mis en place à grande profondeur, plus vieille affleurant dans son mur.

Tout l'avant arc des Petites Antilles, est affecté par ces structures cassantes qui forment des bassins en "V". Ces failles accommodent la courbure progressive de la fosse de subduction au cours du temps, causé par la subduction et la collision avec le plateau des Bahamas (Legendre et al., 2018, Boucard et al., 2021).

Cette étude combinant des travaux pluri-disciplinaires (géologie structurale, pétrologie, géochronologie et géochimie) a précisé le contexte de mise en place du socle magmatique de l'île de La Désirade puis a permis de replacer cette île dans l'évolution géodynamique Caraïbienne.

À l'échelle de La Désirade, les investigations de terrain ont permis de caractériser les différentes unités de socle ainsi que leur contacts verticalisés.

La datation absolue de trois granitoïdes et d'une rhyolite a fourni des âges compris entre $142,4 \text{ Ma} \pm 1,3 \text{ Ma}$ et $144,1 \pm 2,1 \text{ Ma}$, soit d'âge Berriasien inférieur pour le CAI. Cela confirmant l'existence d'un magmatisme d'âge Kimméridgien supérieur à Tithonien inférieur pour le CMNE (Cordey et Cornee, 2021 et Matinson et al., 1980). La mise en place de ces roches de socle se déroule sur une période relativement courte, de 10-15 Ma.

Les analyses géochimiques en éléments majeurs et traces permettent de définir une signature de subduction, qui pourrait être qualifiée d'atténuée, avec une composante de subduction peu marquée (faible implication des fluides introduits par la plaque plongeante). Ces données confirment les travaux précédents effectués sur le CMNE (Neill et al, 2013).

L'homogénéité des rapports isotopiques en Pb, Sr, Nd et Hf des échantillons étudiés souligne une source commune entre les dykes du CMNE, le CVGA et le CAI. Les données isotopiques sont les premières disponibles pour l'île de La Désirade, elles indiquent une appartenance au domaine d'arc volcanique et peuvent être interprétées comme marqueurs d'un contexte arrière-arc, en comparaison avec le magmatisme arrière-arc des Mariannes. Ces conclusions semblent s'accorder avec celles de Neill et al., 2013.

À l'échelle des Caraïbes, les roches de La Désirade ne présentent aucun indice (sur le terrain, en géochronologie ou en géochimie) sur l'inversion de polarité de la subduction. Pour ce qui concerne la plaque Caraïbes, l'existence de cet événement, son type d'initiation et son âge est encore fortement débattue dans la littérature (Hastie et Kerr, 2010, Kerr et al., 2003, Pindell et al., 2006).

VI . CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les données géochimiques révèlent la mise en place du socle de La Désirade dans un contexte d'arrière-arc, celui de la subduction de la plaque Farallon sous la chaîne Andine-Cordillérienne. La composante de subduction est peu marquée, en opposition avec une composante mantellique forte.

L'apparition d'épidote et de chlorite, qui sont des minéraux marqueurs de faciès sub schiste vert statique, indiquent que ces roches magmatiques ont subi un hydrothermalisme généralisé, induit par la circulation de fluides.

Quatre datations absolues, avec la méthode U-Pb sur zircons, ont été obtenus sur des granitoïdes (CAI) et un dyke rhyolitique (CMNE), avec des âges compris entre 142,2 et 144,1 Ma. Ces âges Berriasien inférieur complètent l'âge biostratigraphique Kimméridgien supérieur à Tithonien inférieur du CMNE. Les signatures isotopiques homogènes des échantillons du CAI, du CVGA et du CMNE (encaissants et dykes) soulignent leur source commune.

L'île de La Désirade a ensuite migré jusqu'à sa position actuelle poussée à l'avant de la plaque Caraïbes, ses roches de socle restent très préservées.

Elle est affectée par la déformation fragile, qui s'observe à grande échelle, à l'Est de la plaque. Cet épisode tectonique s'initie au Néogène pour accommoder la courbure de la fosse de subduction. Cette tectonique toujours active à l'actuel résulte de la subduction et de la collision de la plaque Caraïbes avec le plateau des Bahamas.

Il serait intéressant d'approfondir les connaissances géologiques de l'île de La Désirade en développant plusieurs axes :

- Tout d'abord un travail de terrain afin d'affiner les contacts entre les différentes unités, notamment à Baie Mahault pour préciser la continuité Sud de la faille du Grand Abaque, et celui du Nord-Est à la zone de contact entre le CVGA et le CAI.

- Un deuxième en géochronologie afin de déterminer les âges absolus pour des roches moins différenciées (monzodiorites), des dykes mafiques du CAI ou encore confirmer ou infirmer la présence d'une série magmatique paléogène sur l'île. La datation des structures majeures verticalisées de l'île (âge postérieur) pourrait aussi compléter l'histoire géodynamique postérieure au Jurassique supérieure de La Désirade.

- En complément du précédent volet, des données de géochimie (traces et isotopes) permettraient de préciser les sources et le contexte de mise en place, notamment des dykes mafiques du CAI et du gabbro prélevé dans le CMNE.

- Enfin un quatrième axe en thermobarométrie sur amphibole afin de préciser la profondeur de refroidissement de la chambre magmatique de la côte Nord.

L'investigation d'autres terrains du même âge, Jurassique supérieur - Crétacé inférieur, dans la région Caraïbienne en utilisant les méthodes de cette étude, permettrait de conforter une interprétation à grande échelle.

Bibliographie :

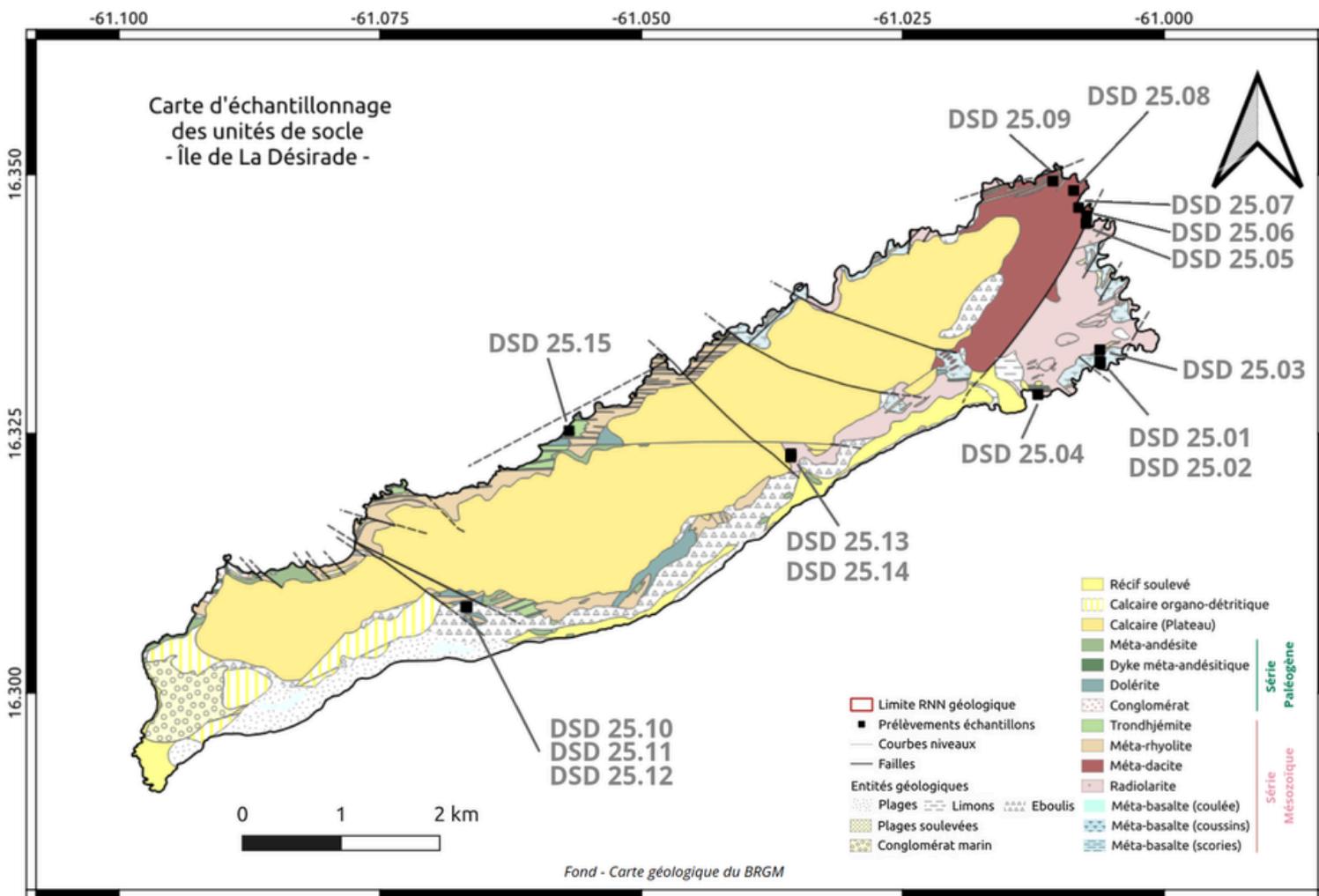
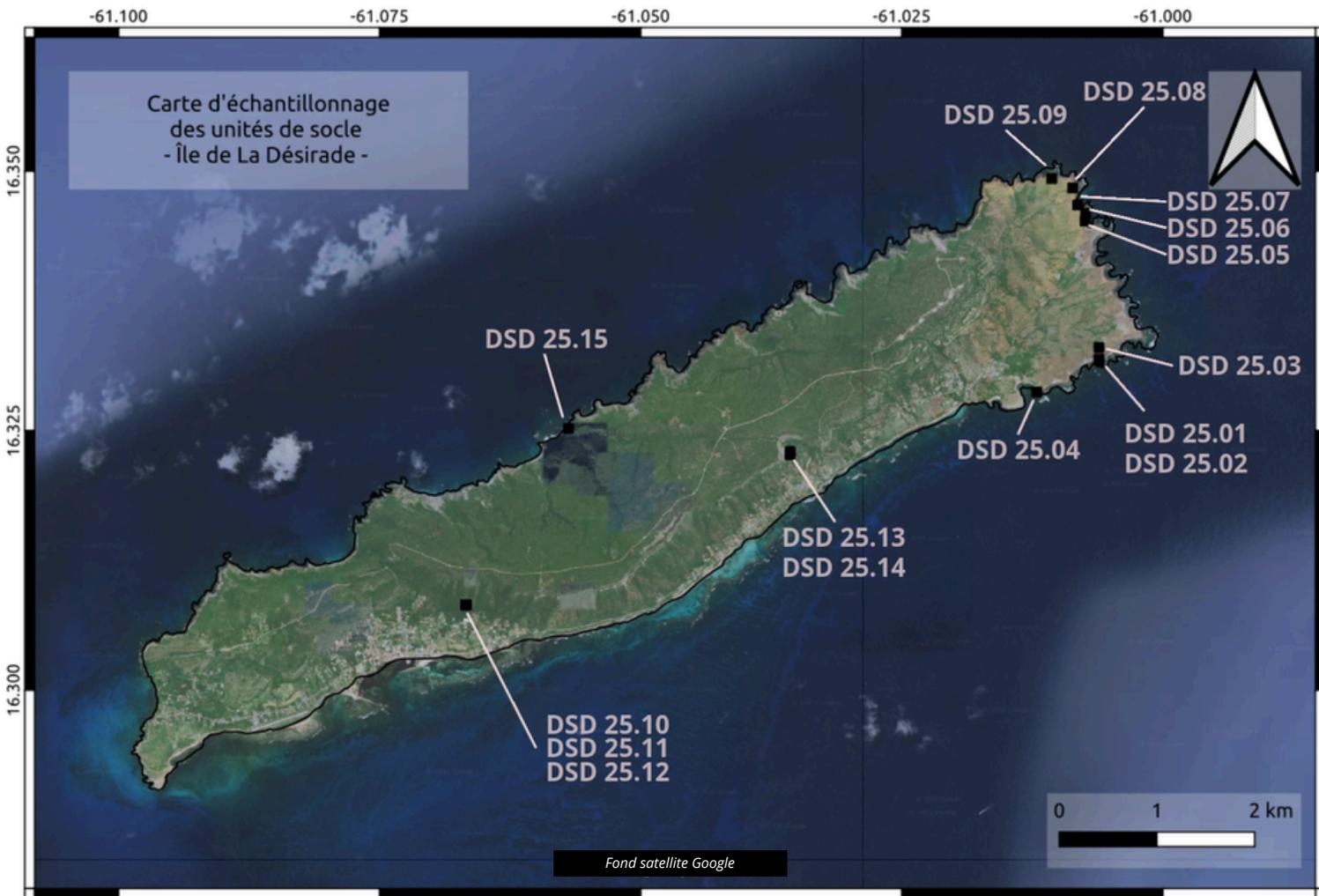
- Arevalo Jr, R., & McDonough, W. F. (2010). Chemical variations and regional diversity observed in MORB. *Chemical Geology*, 271(1-2), 70-85.
- Braszus, B., Goes, S., Allen, R., Retbrock, A., Collier, J., Harmon, N., ... & Wilson, M. (2021). Subduction history of the Caribbean from upper-mantle seismic imaging and plate reconstruction. *Nature communications*, 12(1), 4211.
- Boucard, M., Marcaillou, B., Lebrun, J. F., Laurencin, M., Klingelhoefer, F., Laigle, M., ... & Philippon, M. (2021). Paleogene V-shaped basins and Neogene subsidence of the Northern Lesser Antilles Forearc. *Tectonics*, 40(3), e2020TC006524.
- Bouysse, P., Schmidt-Effing, R., Westercamp, D. (1983). La Désirade Island (Lesser Antilles) revisited : Lower Cretaceous radiolarian cherts and arguments against an ophiolitic origin for the basal complex.
- Cordey, F., & Cornee, J. J. (2009). New radiolarian assemblages from La Désirade Island basement complex (Guadeloupe, Lesser Antilles arc) and Caribbean tectonic implications. *Bulletin de la Société géologique de France*, 180(5), 399-409.
- Corsini, M., Lardeaux, J. M., Verati, C., Voitus, E., & Balagne, M. (2011). Discovery of lower cretaceous synmetamorphic thrust tectonics in French Lesser Antilles (La Désirade Island, Guadeloupe): implications for Caribbean geodynamics. *Tectonics*, 30(4).
- Connelly, J. N., Ulfbeck, D. G., Thrane, K., Bizzarro, M., & Housh, T. (2006). A method for purifying Lu and Hf for analyses by MC-ICP-MS using TODGA resin. *Chemical Geology*, 233(1-2), 126-136.
- Denyer, P., Baumgartner, P. O., & Gazel, E. (2006). Characterization and tectonic implications of Mesozoic-Cenozoic oceanic assemblages of Costa Rica and Western Panama. *Geologica Acta*, 4(1-2), 0219-235.
- Fernandez, L., Bosch, D., Bruguier, O., Hammor, D., Caby, R., Arnaud, N., ... & Laouar, R. (2020). Vestiges of a fore-arc oceanic crust in the Western Mediterranean: Geochemical constraints from North-East Algeria. *Lithos*, 370, 105649.
- Fryer, P., Taylor, B., Langmuir, C. H., & Hochstaedter, A. G. (1990). Petrology and geochemistry of lavas from the Sumisu and Torishima backarc rifts. *Earth and Planetary Science Letters*, 100(1-3), 161-178.
- Gribble, R. F., Stern, R. J., Newman, S., Bloomer, S. H., & O'Hearn, T. (1998). Chemical and isotopic composition of lavas from the northern Mariana Trough: Implications for magmagenesis in back-arc basins. *Journal of Petrology*, 39(1), 125-154.
- Hart, S. R. (1984). A large-scale isotope anomaly in the Southern Hemisphere mantle. *Nature*, 309(5971), 753-757.

- Hastie, A. R., & Kerr, A. C. (2010). Mantle plume or slab window?: Physical and geochemical constraints on the origin of the Caribbean oceanic plateau. *Earth-Science Reviews*, 98(3-4), 283-293.
- Hauff, F., Hoernle, K., van den Bogaard, P., Alvarado, G., & Garbe-Schönberg, D. (2000). Age and geochemistry of basaltic complexes in western Costa Rica: Contributions to the geotectonic evolution of Central America. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1(5).
- Hoernle, K., Hauff, F., & van den Bogaard, P. (2004). 70 my history (139–69 Ma) for the Caribbean large igneous province. *Geology*, 32(8), 697-700.
- Hu, H. Y., Stern, R. J., Rojas-Agramonte, Y., & Garcia-Casco, A. (2022). Review of geochronologic and geochemical data of the Greater Antilles volcanic arc and implications for the evolution of oceanic arcs. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 23(4), e2021GC010148.
- Kerr, A. C., White, R. V., Thompson, P. M., Tarney, J., & Saunders, A. D. (2003). No oceanic plateau—No Caribbean plate? The seminal role of an oceanic plateau in Caribbean plate evolution.
- Lapierre, H., Dupuis, V., Mercier de Lépinay, B., Bosch, D., Monié, P., Tardy, M., ... & Cotten, J. (1999). Late Jurassic oceanic crust and Upper Cretaceous Caribbean plateau picritic basalts exposed in the Duarte igneous complex, Hispaniola. *The Journal of geology*, 107(2), 193-207.
- Lardeaux, J. M., Münch, P., Corsini, M., Cornée, J. J., Verati, C., Lebrun, J. F., ... & Randrianasolo, A. (2013). La Désirade island (Guadeloupe, French West Indies): a key target for deciphering the role of reactivated tectonic structures in Lesser Antilles arc building. *Bulletin de la Société géologique de France*, 184(1-2), 21-34.
- Le Bas, Michael J., et al. "A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram." *Journal of petrology* 27.3 (1986): 745-750.
- Legendre, L., Philippon, M., Münch, P., Leticee, J. L., Noury, M., Maincent, G., ... & Mazabraud, Y. (2018). Trench bending initiation: Upper plate strain pattern and volcanism. insights from the Lesser Antilles arc, St. Barthelemy island, French West Indies. *Tectonics*, 37(9), 2777-2797.
- Leticee, J. L., Cornee, J. J., Münch, P., Fietzke, J., Philippon, M., Lebrun, J. F., ... & Randrianasolo, A. (2019). Decreasing uplift rates and Pleistocene marine terraces settlement in the central lesser Antilles fore-arc (La Désirade Island, 16° N). *Quaternary International*, 508, 43-59.
- Mahnes, G., Minster, J. F., & Allegre, C. J. (1978). Comparative uranium---thorium---lead and rubidium---strontium study of the Saint Severin amphoterite: consequences for early solar system chronology. *Earth Planet. Sci. Lett*, 39, 14-24.
- Marchesi, C., Garrido, C. J., Bosch, D., Proenza, J. A., Gervilla, F., Monié, P., & Rodríguez-Vega, A. (2007). Geochemistry of Cretaceous magmatism in eastern Cuba: recycling of North

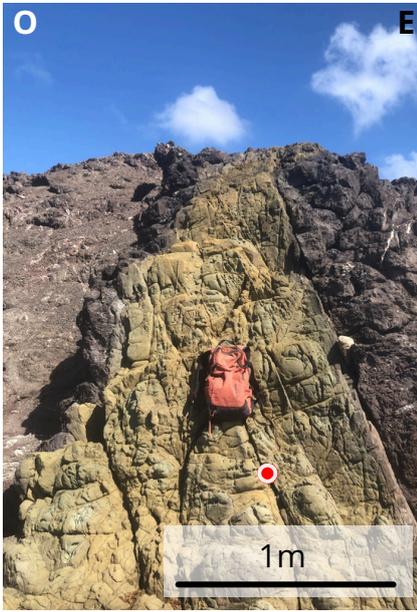
- American continental sediments and implications for subduction polarity in the Greater Antilles Paleo-arc. *Journal of Petrology*, 48(9), 1813-1840.
- Mattinson, J. M., Fink, L. K., & Hopson, C. A. (1980). Geochronologic and isotopic study of the La Désirade island basement complex: Jurassic oceanic crust in the Lesser Antilles?. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71, 237-245.
- Mattinson, J. M., Pessagno, E. A., Montgomery, H., & Hopson, C. A. (2008). Late Jurassic age of oceanic basement at La Désirade island, Lesser Antilles arc.
- McDonough, W. F., & Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical geology*, 120(3-4), 223-253.
- Neill, I., Gibbs, J. A., Hastie, A. R., & Kerr, A. C. (2010). Origin of the volcanic complexes of La Désirade, Lesser Antilles: Implications for tectonic reconstruction of the Late Jurassic to Cretaceous Pacific-proto Caribbean margin. *Lithos*, 120(3-4), 407-420.
- Pearce, J. A., & Stern, R. J. (2006). Origin of back-arc basin magmas: Trace element and isotope perspectives. *Back-arc spreading systems: Geological, biological, chemical, and physical interactions*, 166, 63-86.
- Pin, C., Briot, D., Bassin, C., & Poitrasson, F. (1994). Concomitant separation of strontium and samarium-neodymium for isotopic analysis in silicate samples, based on specific extraction chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 298(2), 209-217.
- Pindell, J., Kennan, L., Stanek, K. P., Maresch, W. V., & Draper, G. (2006). Foundations of Gulf of Mexico and Caribbean evolution: eight controversies resolved. *Geologica Acta: an international earth science journal*, 4(1-2), 303-341.
- Pindell, J., Villagómez, D., Molina-Garza, R., Graham, R., & Weber, B. (2021). A revised synthesis of the rift and drift history of the Gulf of Mexico and surrounding regions in the light of improved age dating of the Middle Jurassic salt.
- Plank, T. (2005). Constraints from thorium/lanthanum on sediment recycling at subduction zones and the evolution of the continents. *Journal of Petrology*, 46(5), 921-944.
- Poreda, R. (1985). Helium-3 and deuterium in back-arc basalts: Lau Basin and the Mariana Trough. *Earth and Planetary Science Letters*, 73(2-4), 244-254.
- Richard, P., Shimizu, N., & Allegre, C. J. (1976). $^{143}\text{Nd}/^{146}\text{Nd}$, a natural tracer: an application to oceanic basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, 31(2), 269-278.
- Scholz, C. H. (2019). *The mechanics of earthquakes and faulting*. Cambridge university press.
- Seyler, M., Paquette, J. L., Ceuleneer, G., Kienast, J. R., & Loubet, M. (1998). Magmatic underplating, metamorphic evolution and ductile shearing in a Mesozoic lower crustal-upper mantle unit (Tinaquillo, Venezuela) of the Caribbean belt. *The Journal of geology*, 106(1), 35-58.
- Skilling, I. P., White, J. D., & McPhie, J. (2002). Peperite: a review of magma-sediment mingling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 114(1-2), 1-17.

- Stern, R. J., & Gerya, T. (2018). Subduction initiation in nature and models: A review. *Tectonophysics*, 746, 173-198.
- Sinton, J. M., & Fryer, P. (1987). Mariana Trough lavas from 18 N: Implications for the origin of back arc basin basalts. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B12), 12782-12802.
- Stern, R. J., Lin, P. N., Morris, J. D., Jackson, M. C., Fryer, P., Bloomer, S. H., & Ito, E. (1990). Enriched back-arc basin basalts from the northern Mariana Trough: implications for the magmatic evolution of back-arc basins. *Earth and Planetary Science Letters*, 100(1-3), 210-225.
- Stern, R. J., & Dickinson, W. R. (2010). The Gulf of Mexico is a Jurassic backarc basin. *Geosphere*, 6(6), 739-754.
- Sun, S. S., & McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345.
- Verati, C., & Jourdan, F. (2014). Modelling effect of sericitization of plagioclase on the $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronometers: implication for dating basaltic rocks and mineral deposits.
- Volpe, A. M., Macdougall, J. D., Lugmair, G. W., Hawkins, J. W., & Lonsdale, P. (1990). Fine-scale isotopic variation in Mariana Trough basalts: evidence for heterogeneity and a recycled component in backarc basin mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 100(1-3), 251-264.
- Weis, D., Kieffer, B., Maerschalk, C., Barling, J., De Jong, J., Williams, G. A., ... & Mahoney, J. B. (2006). High-precision isotopic characterization of USGS reference materials by TIMS and MC-ICP-MS. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7(8).
- Zindler, A., Hart, S. R., Leslie, T., Chen, C. Y., & Clague, D. (1984). The isotope systematics of a juvenile intraplate volcano: Pb, Nd, and Sr isotope ratios of basalts from Loihi Seamount, Hawaii. *Earth and Planetary Science Letters*, 69(1), 13-29.

Annexe 1 : Prélèvement échantillons - Désirade 2025



DSD 25.01



Dyke Monzodioritique
SO Phare

DSD 25.02



Andésite à Orthopyroxène
SO Phare

DSD 25.03



Dyke Rhyolitique
Phare

DSD 25.04



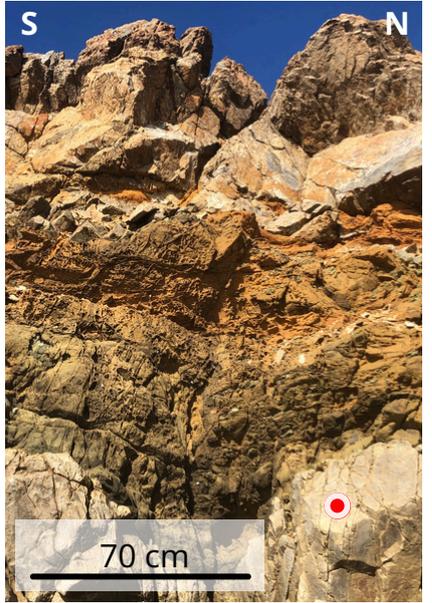
Dyke Monzodioritique
Baie Mahault

DSD 25.05



Sill Rhyolitique
Plage du Grand Abaque

DSD 25.06



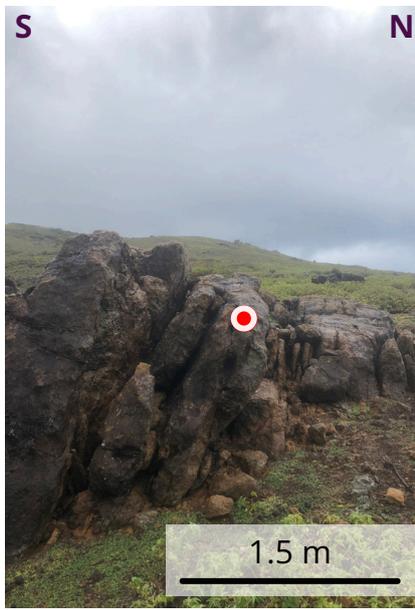
Sill Granitique
Plage du Grand Abaque

DSD 25.07



Dyke Rhyolitique
Baie du Grand Abaque

DSD 25.08



Rhyolite
Enclos Mélo S Pte Nord

DSD 25.09



Dyke Monzodioritique
Pointe du Nord

DSD 25.10



Rhyolite
Réservoir

DSD 25.11



Dyke Granitique
Réservoir

DSD 25.12



Granite
Réservoir

DSD 25.13



DSD 25.14



DSD 25.15



Dyke Monzodioritique
Cybèle



Rhyolite
Cybèle



Granite
Côte Nord

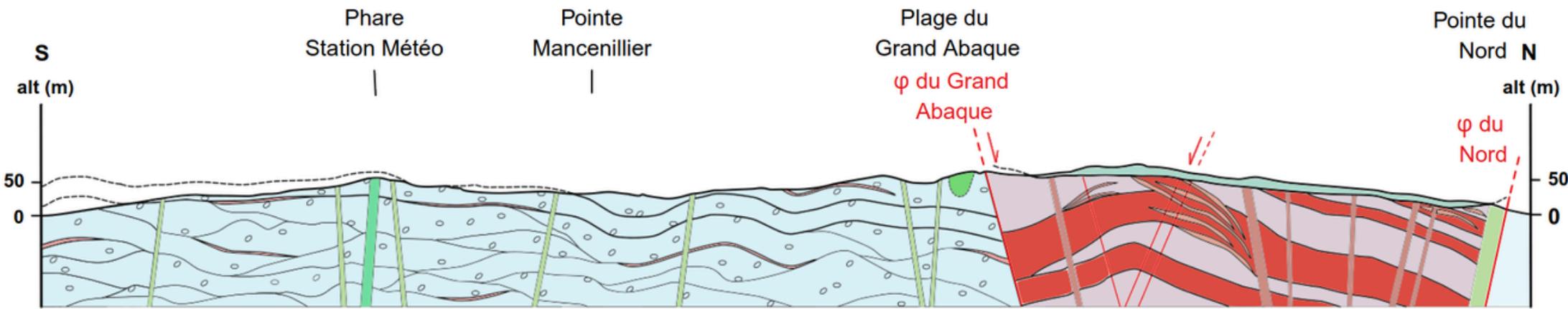
Annexe 2 : Sommaire des analyses

Sample	Lame Mince	Géochronologie (1)	Géochronologie (2)	Géochimie (3)
DSD 25.01	X			X
DSD 25.02 A	X			
DSD 25.02 B	X			
DSD 25.03	X		Zr (8)	X
DSD 25.04	X			X
DSD 25.05	X			X
DSD 25.06	X			X
DSD 25.07	X			
DSD 25.08	X			X
DSD 25.09	X			X
DSD 25.10	X			
DSD 25.11	X	Zr (8)		
DSD 25.12	X		Zr (11)	X
DSD 25.13	X			X
DSD 25.24	X			X
DSD 25.15	X		Zr (13)	X

(1) Datation en lame mince - in situ (2) Datation de minéraux séparés (3) Majeurs, Traces et Isotopes (Pb, Sr, Nd, Hf)

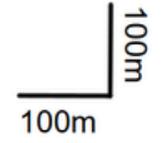
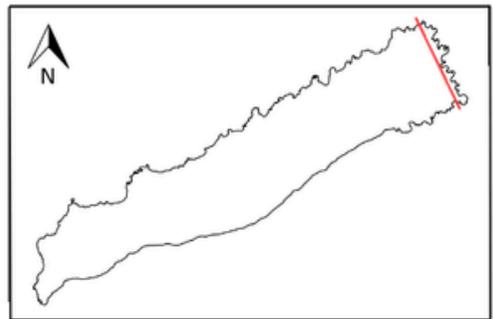
Annexe 3

COUPE GÉOLOGIQUE DE L'EST DE LA DÉSIRADE



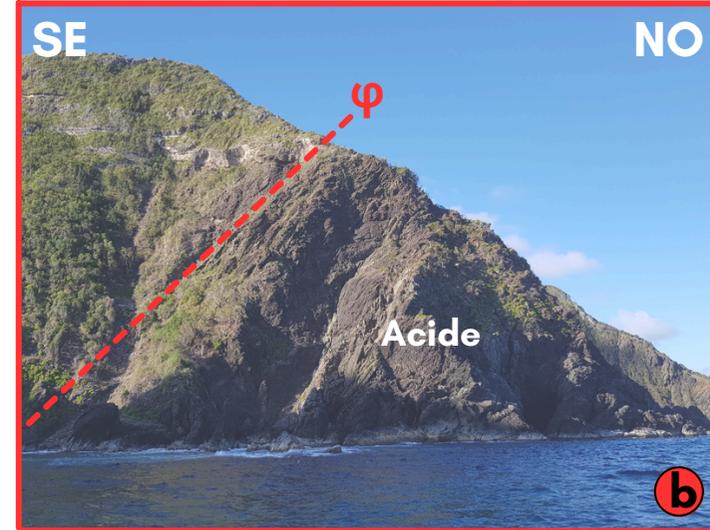
Légende

- | | | | | | |
|-------------|--|----------------------|-------------|--|--------------------------|
| CMNE | | Dyke rhyolititique | CVGA | | Coulée rhyolitique |
| | | Dyke monzodioritique | | | Dyke et sill rhyolitique |
| | | Gabbro | | | Sill granitique |
| | | Radiolarites | | | Pépérite |
| | | Basalte en coussin | | | Rhyolite |

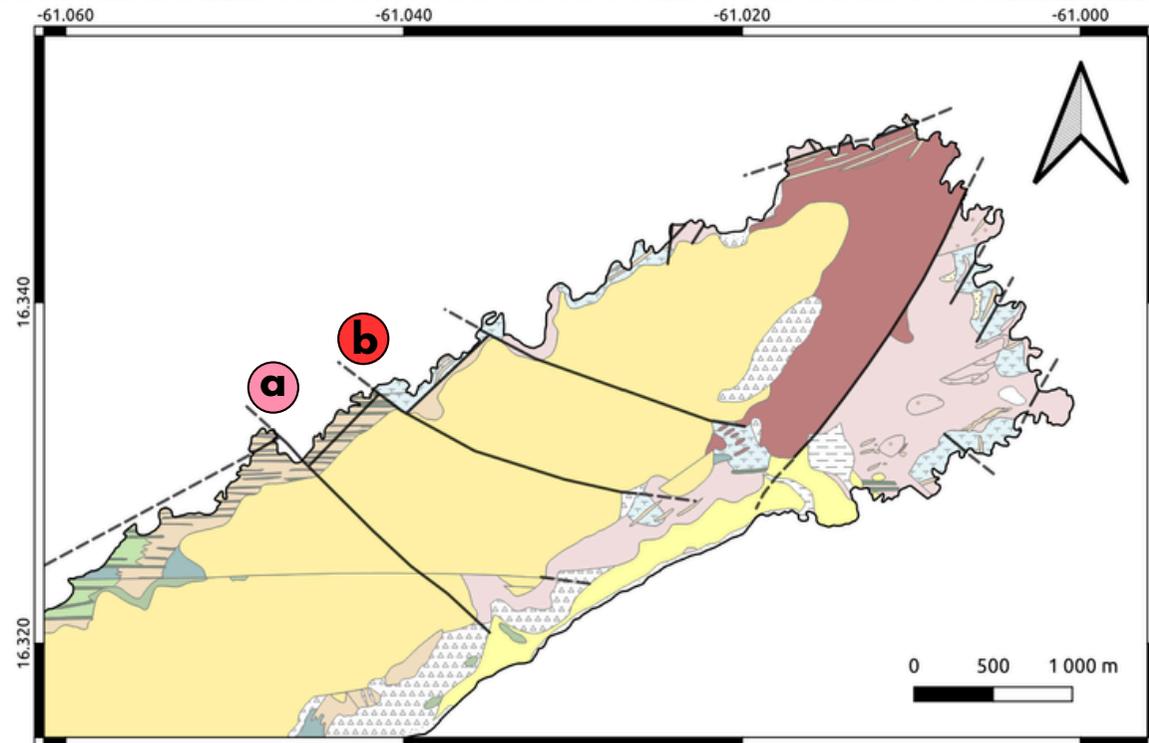
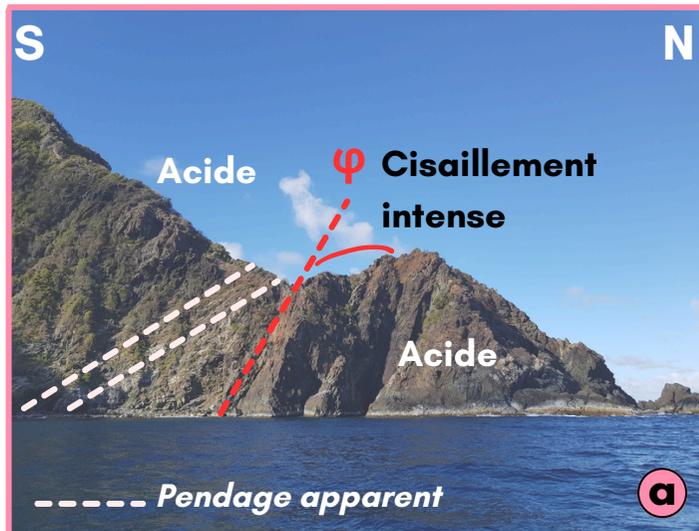


Annexe 4 : Photographies des contacts des différentes unités de socle de La Désirade sur la côte Nord

Morne Rouge

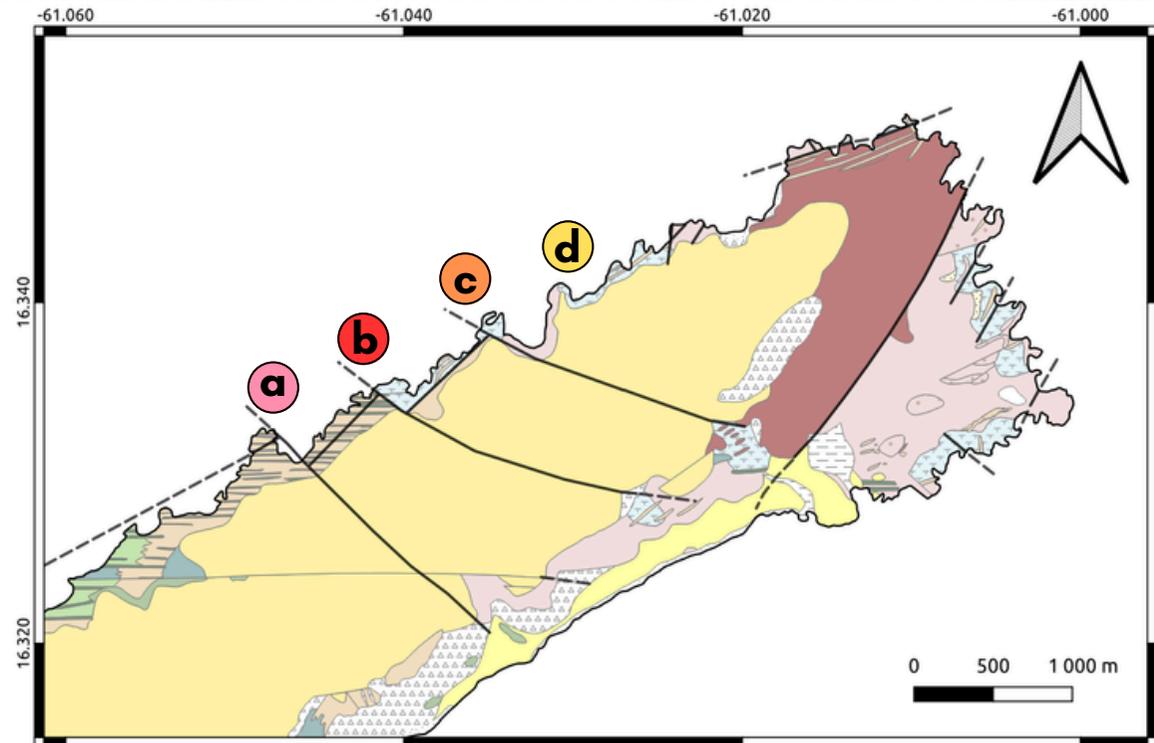
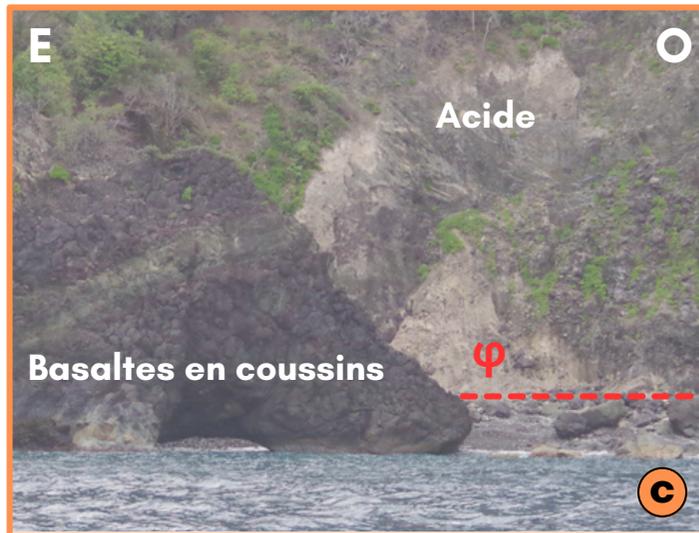
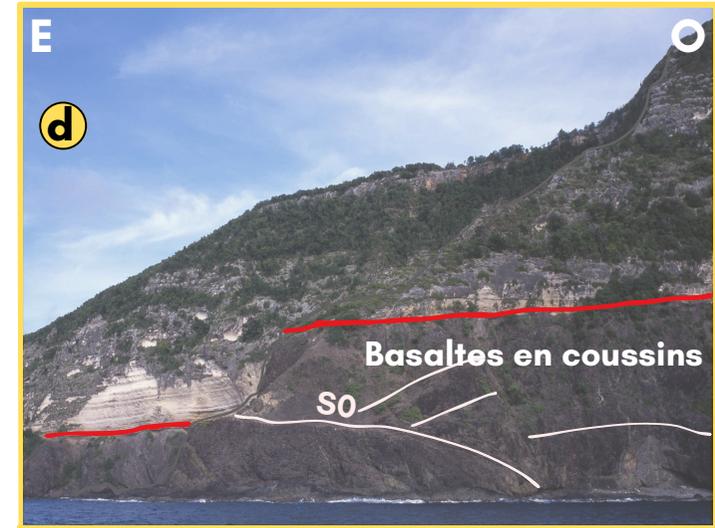


Pointe à Claire



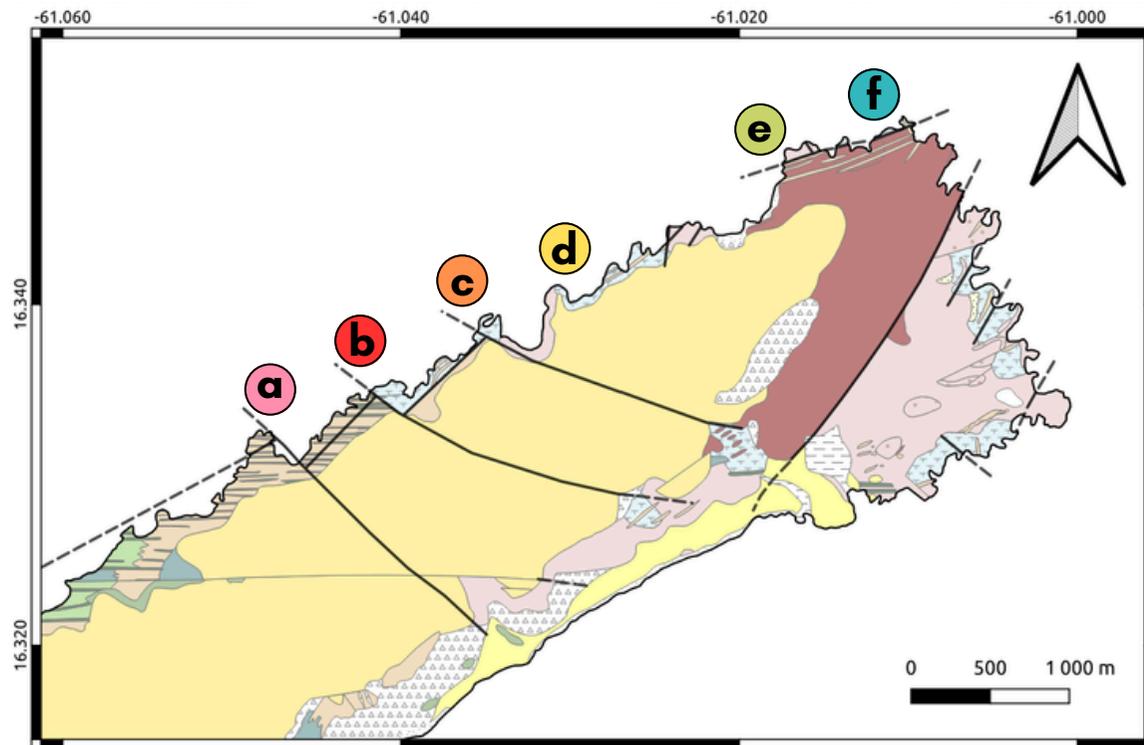
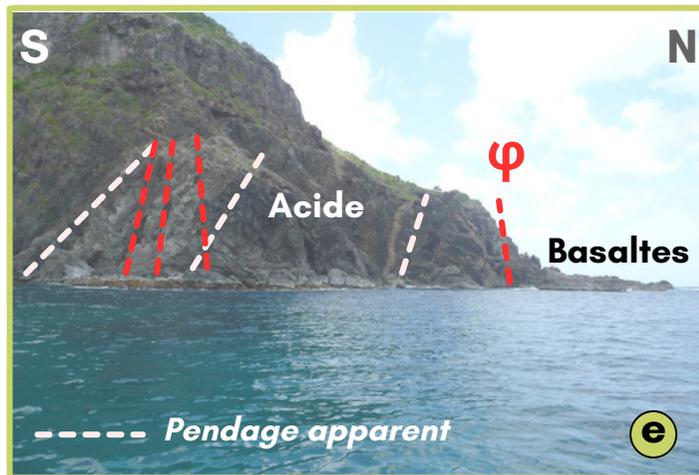
Grand Tabac

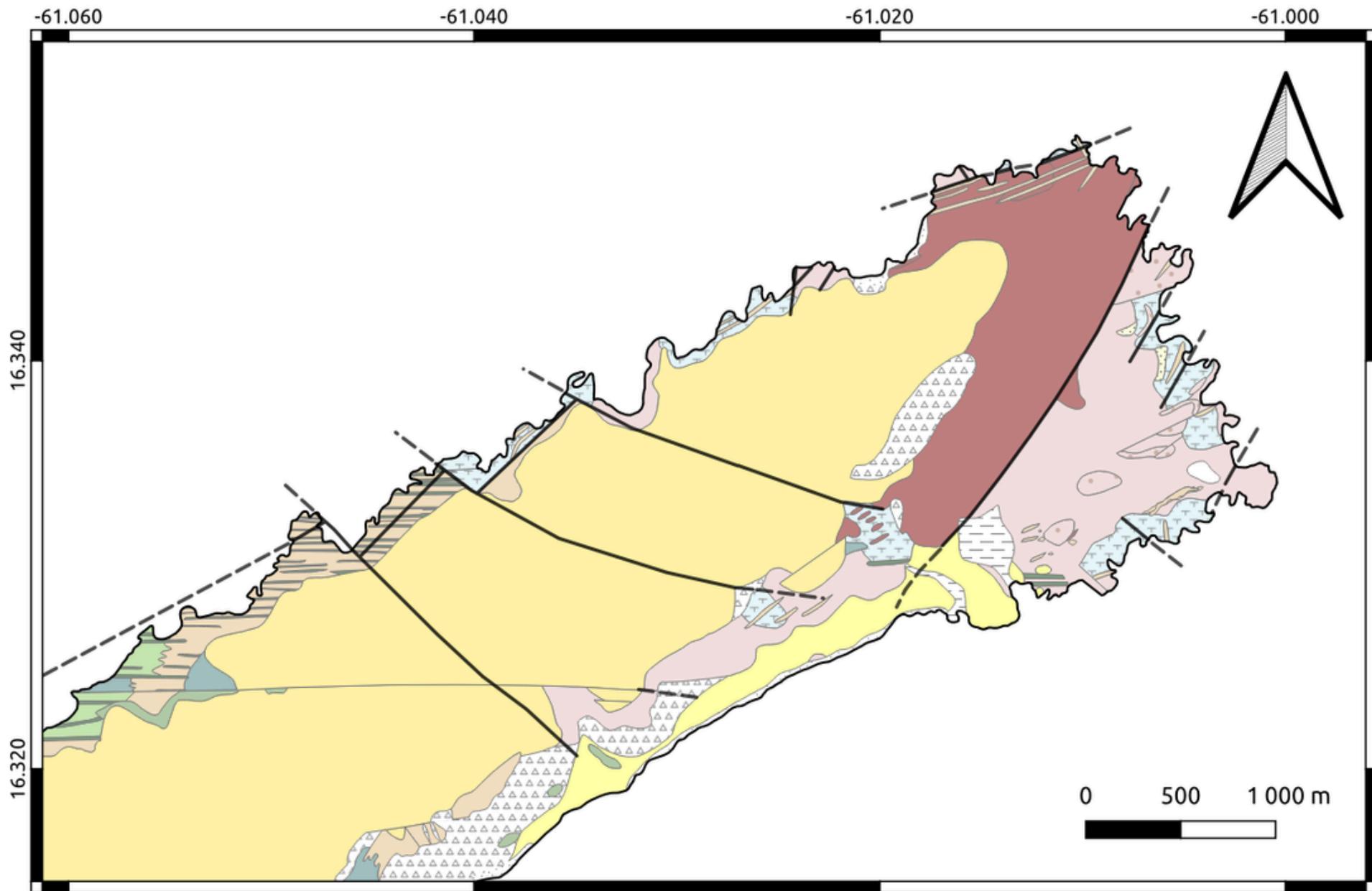
Ouest d'Îlets Grands Bancs



Ouest de la Pointe du Nord

Pointe à Adrien





- | | | | | | | | |
|-------|----------------------|--|----------------------------|--|-----------------------|--|---------------|
| — | Faïlle | | Récif frangeant soulevé | | Dyke méta-andésitique | | Méta-rhyolite |
| - - - | Continuité de faille | | Calcaire organo-détritique | | Dolérite | | Méta-dacite |
| | Plages | | Calcaire (Plateau) | | Conglomérat | | Radiolarite |
| | Plages soulevées | | Méta-andésite | | Trondhjémite | | Méta-basalte |
| | Limons | | | | | | |
| | Eboulis | | | | | | |

Annexe 5 : Analyse Pétrologique - Désirade 2025

Cette série de lames montre des textures grenue à porphyroïde. Trois lithologies se distinguent (Streckeisen) : des rhyolites (roches volcaniques), des monzodiorites et des granites (roches plutoniques). Une andésite à orthopyroxène et un gabbro à olivine sont ajoutés. Une phase d'altération de chlorite et d'épidote est relevée dans l'ensemble des lames. Les abréviations minéralogiques ont été déterminées d'après Kretz (1983) et D. Whitney et al. (2010).

DSD 25.01 Lat : 16,33177409 Long : -61,00605288

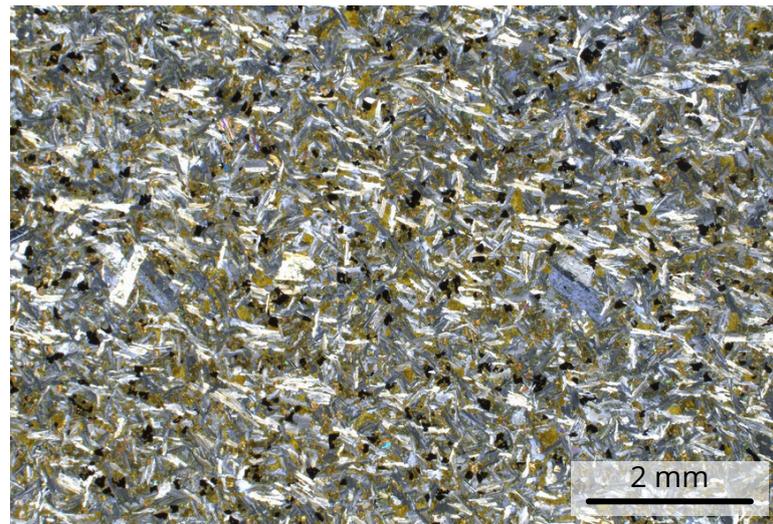
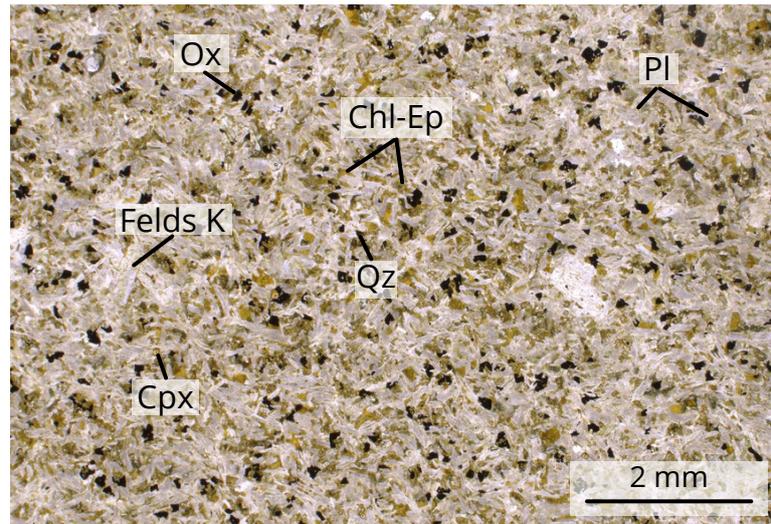
Texture : Microgrenue

Assemblage : Pl (60%), Chl-Ep (15%), Felds K (10%), Ox Ferro-Titanés (7%), Cpx (5%), Qz (3%)

Lithologie : Monzodiorite

LPNA

LPA



Grossissement x30

DSD 25.02 Lat : 16,33190364 Long : -61,00608925

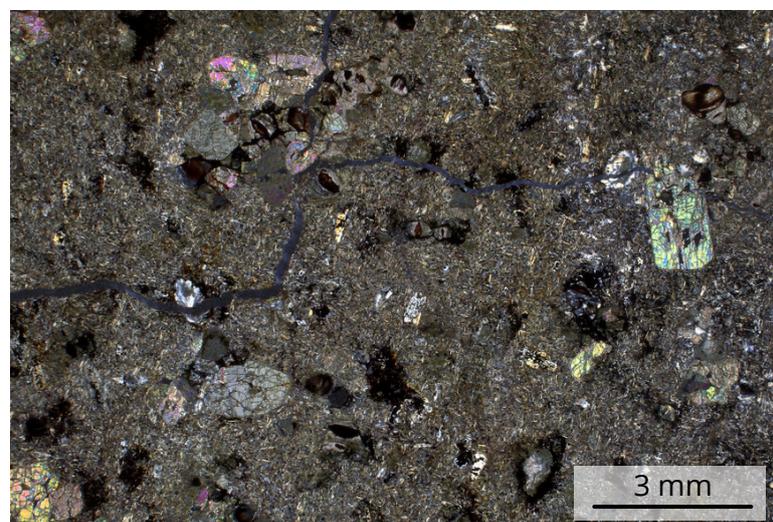
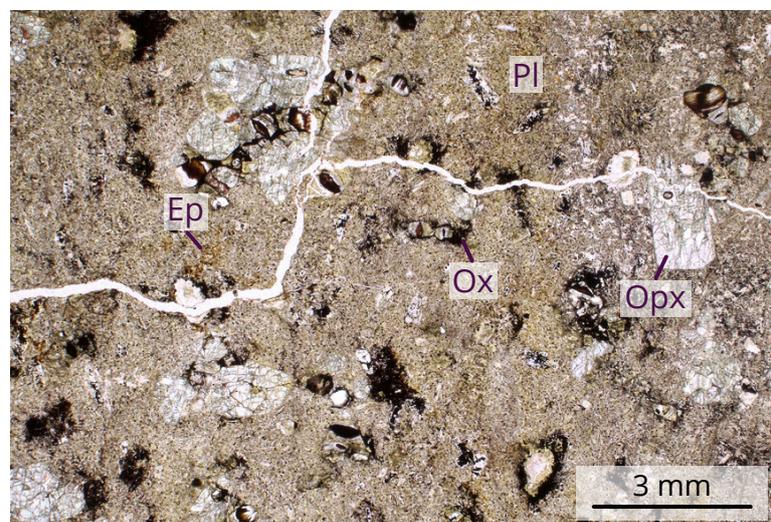
Texture : Porphyroïde

Assemblage : Pl (60%), Opx (25%), Ep (8%), Ox (7%)

Lithologie : Andésite à Orthopyroxène

LPNA

LPA



Grossissement x20

Les porphyres d'orthopyroxène se présentent en agrégat dans une matrice constituée de grains fins, principalement des plagioclases. Les fractures qui apparaissent résultent de la fabrication de la lame et sont donc remplies de colle.

DSD 25.03 Lat : 16,19588712 Long : -61,00228951

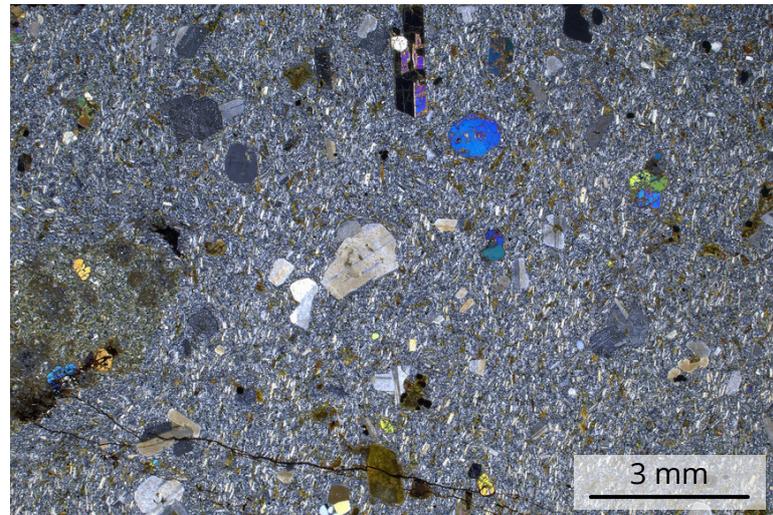
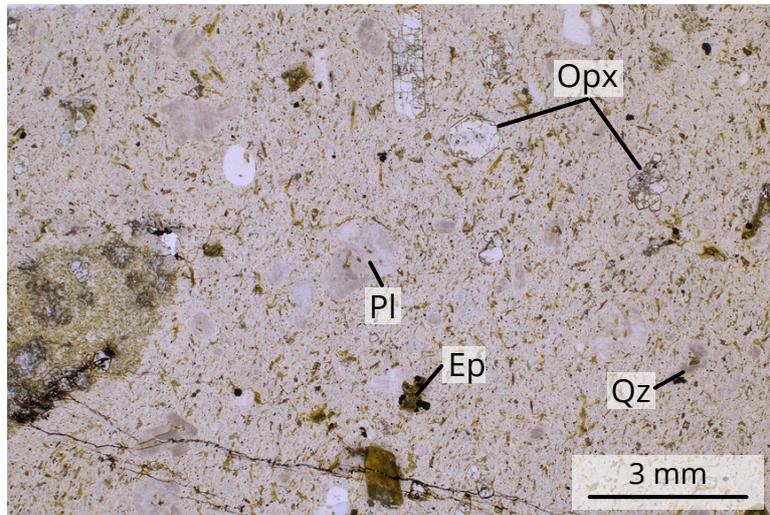
Texture : Microlithique

Assemblage : Pl (45%), Qz (35%), Opx (12%), Ep (8%)

Lithologie : Rhyolite

LPNA

LPA



Grossissement x20

DSD 25.04 Lat : 16,32871889 Long : -61,01203269

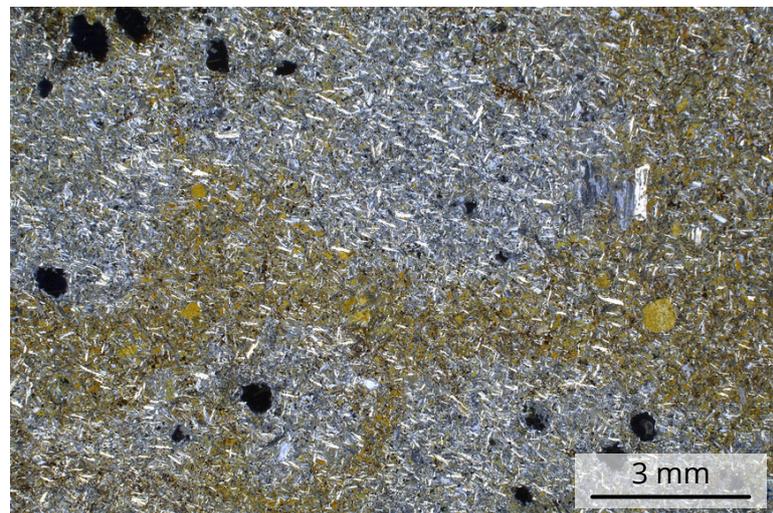
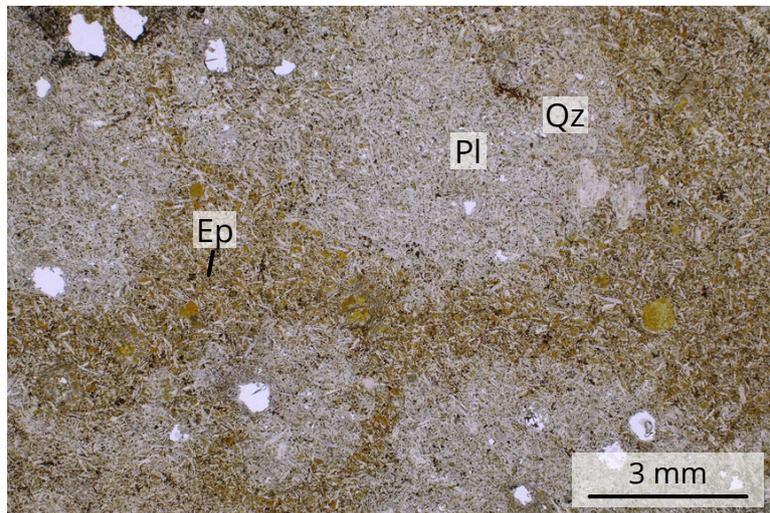
Texture : Microgrenue

Assemblage : Pl (70%), Ep (25%) zonation, Qz (5%)

Lithologie : Monzodiorite

LPNA

LPA



Grossissement x20

Les plagioclases soulignent une fabrique magmatique, avec la présence d'épidote plus ou moins prononcée selon les zones.

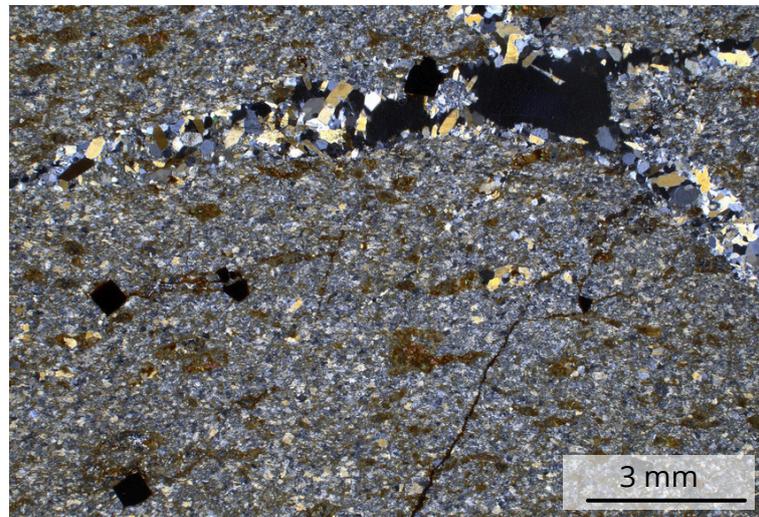
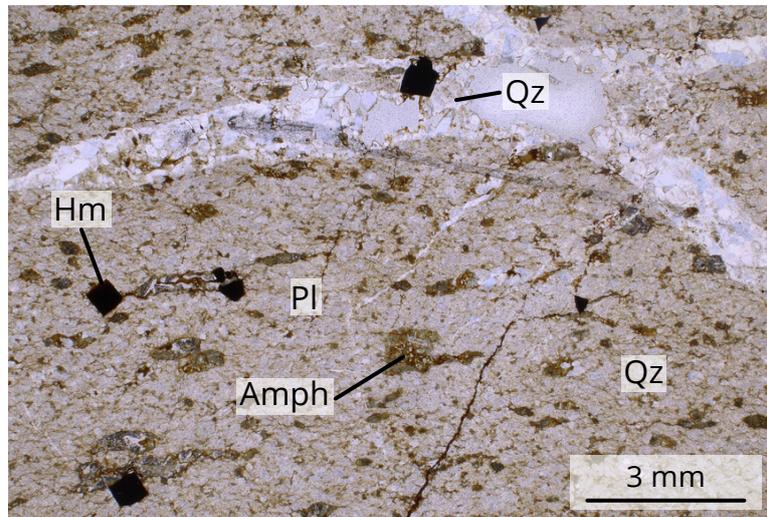
DSD 25.05 Lat : 16,20431125 Long : -61,00262545

Texture : Microlithique

Assemblage : Pl (40%), Qz matrice - veine (40% - 7%), Amph (8%), Hm (5%)

Lithologie : Rhyolite

LPA



Grossissement x20

Alignement des minéraux montrant une fabrique magmatique. Une fracturation postérieure à la mise en place apparaît avec des veines remplies de phénocristaux de quartz.

DSD 25.06 Lat : 16,20469434 Long : -61,00268175

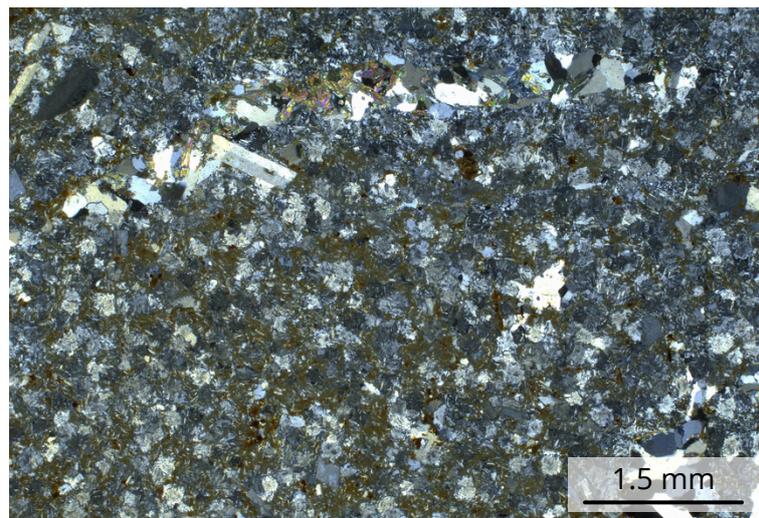
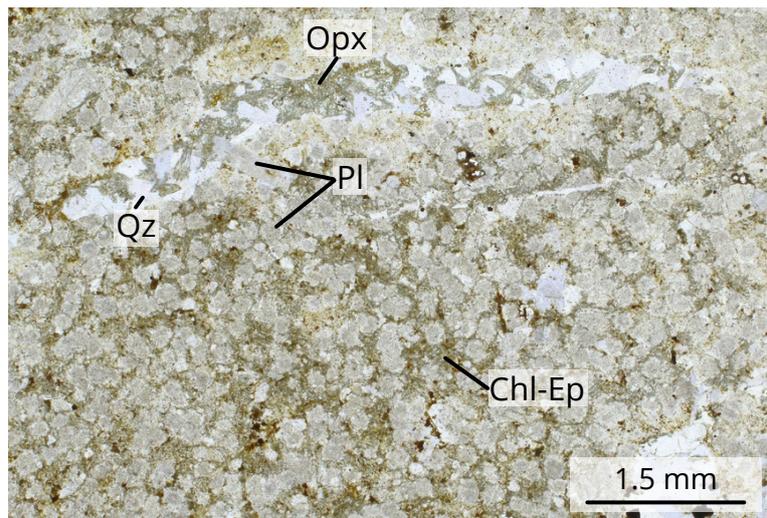
Texture : Grenue

Assemblage : Qz (50%), Pl (40%), Chl-Ep (7%), Opx (3%)

Lithologie : Granite

LPNA

LPA



Grossissement x40

Lame présentant des plagioclases séricitisés (marqueur d'hydrothermalisme) accompagnés de chlorite et d'épidote aux joints de grains. Des veines (formation postérieure) sont remplies par des phénocristaux de quartz.

DSD 25.07 Lat : 16,20482115 Long : -61,00291671

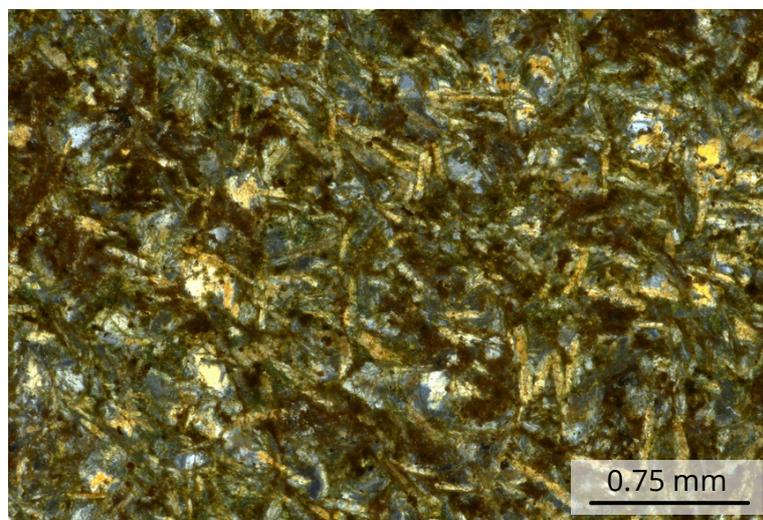
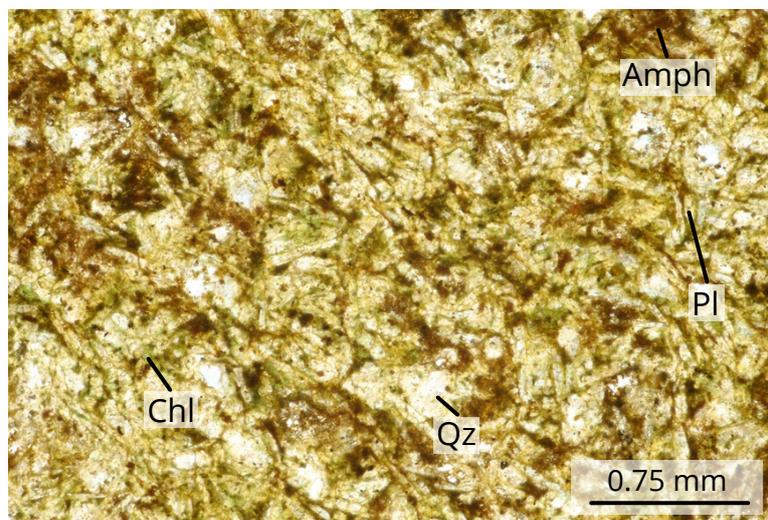
Texture : Microlithique

Assemblage : Qz (35%), Pl (30%), Chl (20%), Amph (15%)

Lithologie : Rhyolithe

LPNA

LPA



Grossissement x80

Fabrique magmatique marquée par l'orientation des plagioclases en baguette. Cette lame présente une chloritisation pervasive, le résultat de circulations de fluides au joints de grains.

DSD 25.08 Lat : 16,34839729 Long : -61,00859863

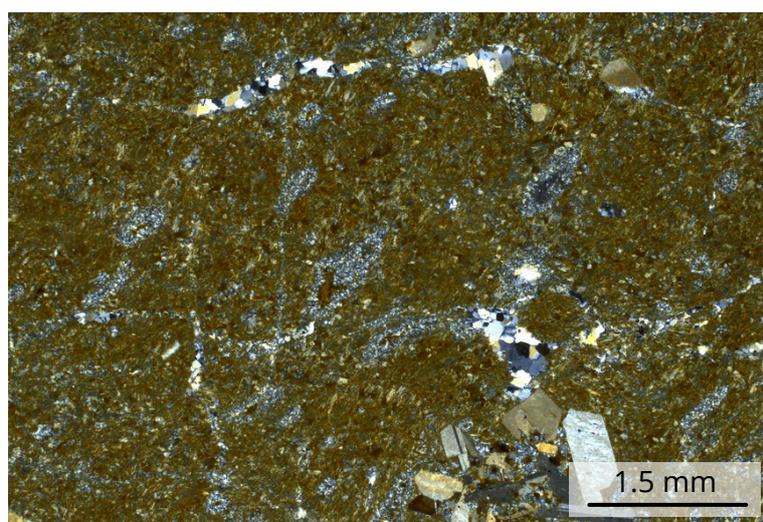
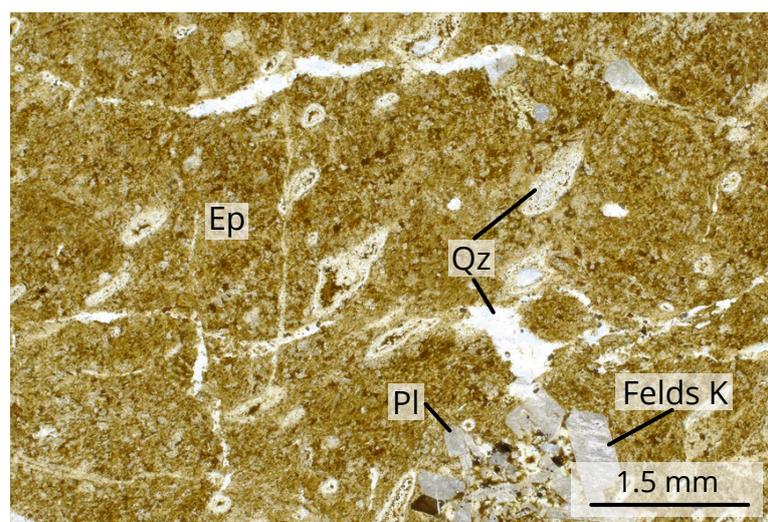
Texture : Porphiroïde

Assemblage : Qz (43%), Pl (33%), Ep (14%), Felds K (10%)

Lithologie : Rhyolite

LPNA

LPA



Grossissement x40

DSD 25.09 Lat : 16,34930275 Long : -61,01059696

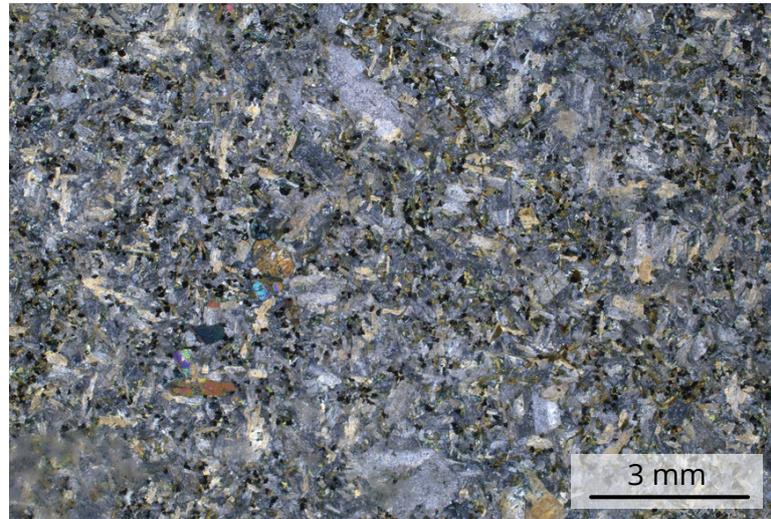
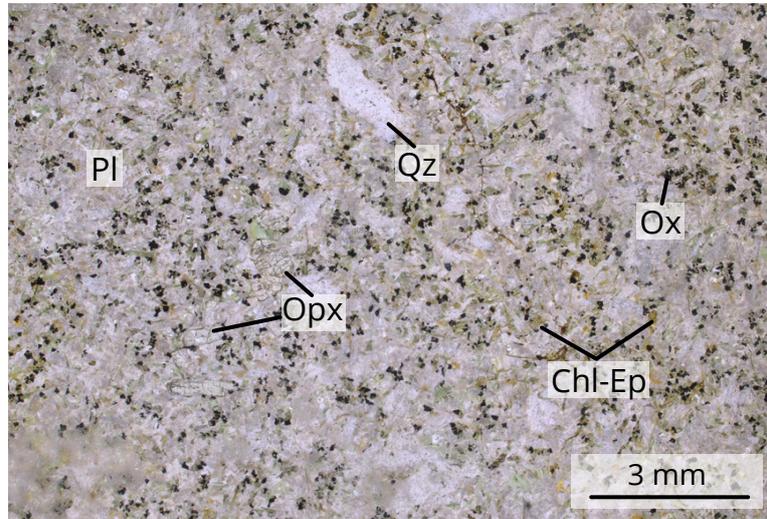
Texture : Porphyroïde

Assemblage : Pl (45%), Chl-Ep (20%), Ox Ferro-Titanés (20%), Qz (10%), Opx (5%)

Lithologie : Monzodiorite

LPNA

LPA



Grossissement x20

DSD 25.10 Lat : 16,30822157 Long : -61,06674867

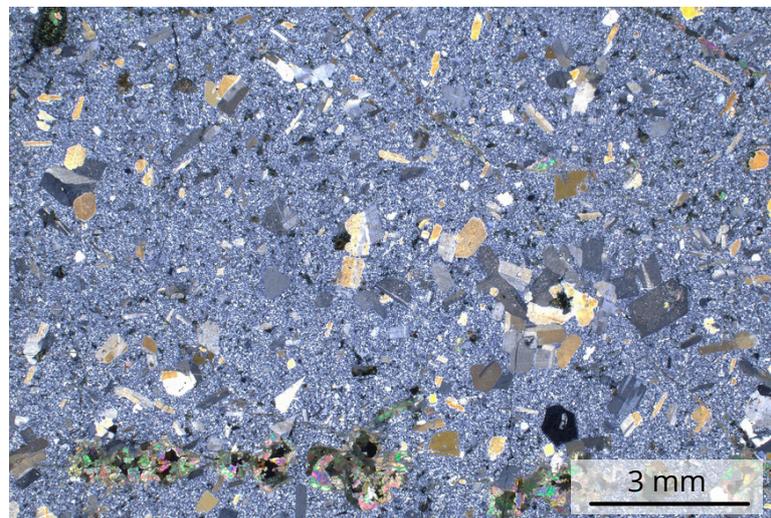
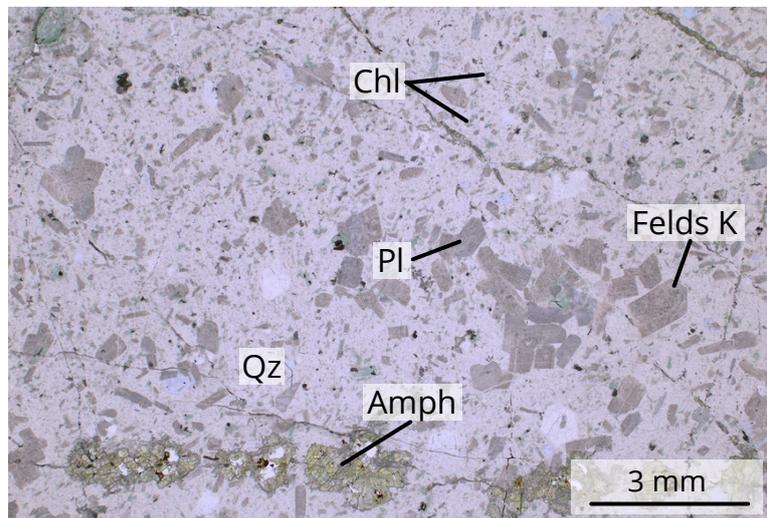
Texture : Porphyroïde - Microlithique

Assemblage : Qz (62%), Pl (25%), Felds K (5%), Chl (5%), Amph (3%)

Lithologie : Rhyolithe

LPNA

LPA



Grossissement x20

DSD 25.11 Lat : 16,30822157 Long : -61,06674867

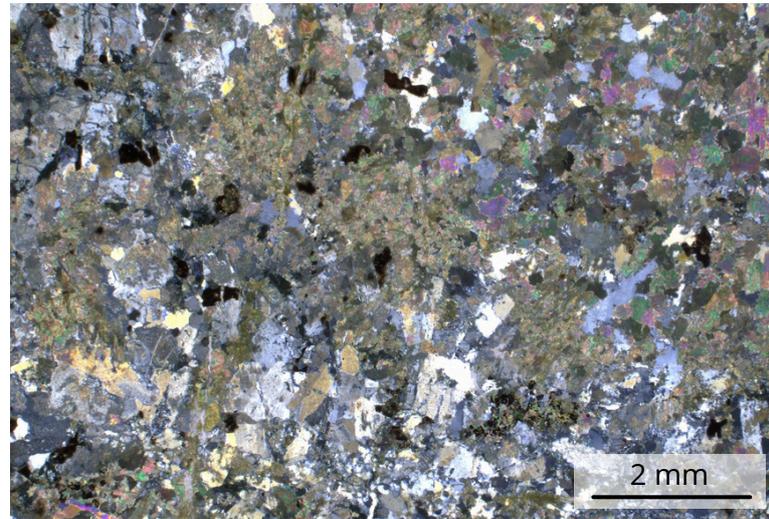
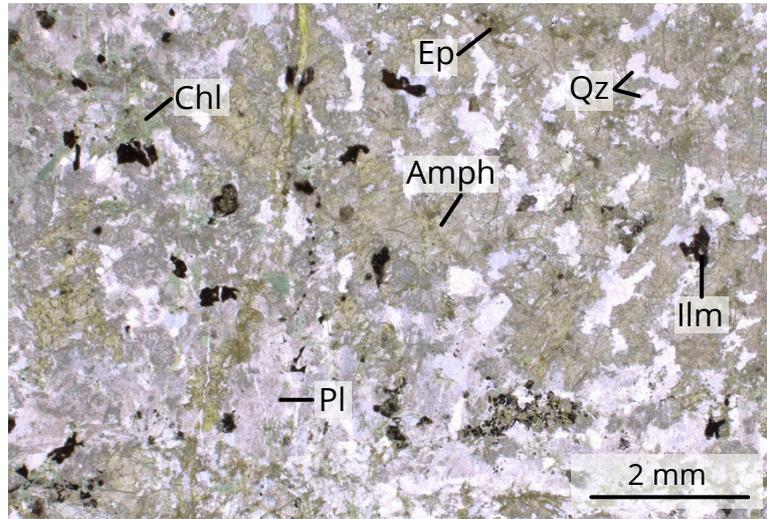
Texture : Grenue

Assemblage : Amph (25%), Pl (23%), Qz (20%), Chl (15%), Ep (10%), Ilm (7%)

Lithologie : Granite

LPNA

LPA



Grossissement x20

DSD 25.12 Lat : 16,30822157 Long : -61,06674867

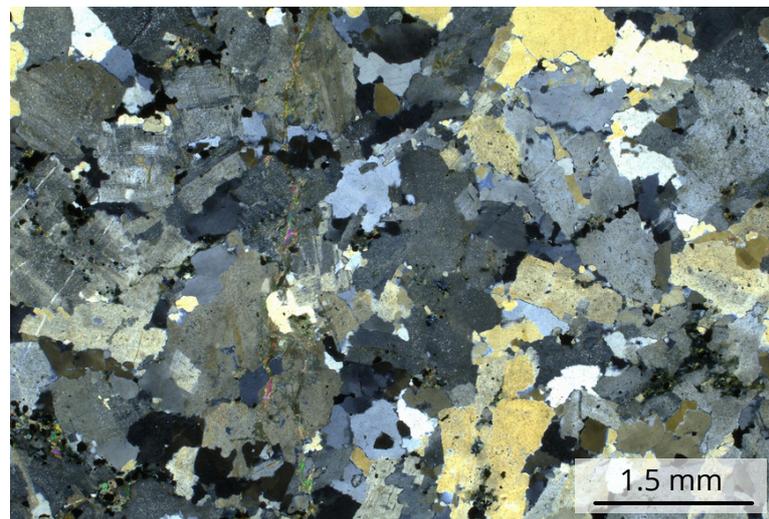
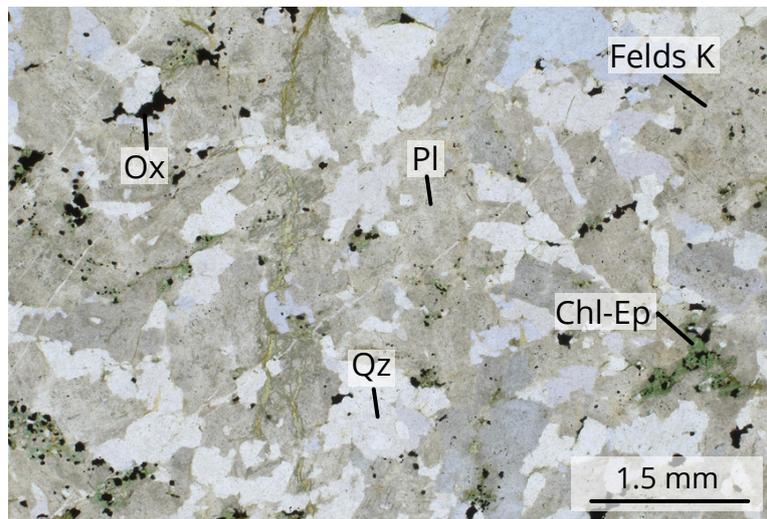
Texture : Grenue

Assemblage : Pl (40%), Qz (35%), Felds K (10%), Chl (6%), Ep (4%), Oxydes Ferro-Titanés (5%)

Lithologie : Granite

LPNA

LPA



Grossissement x40

DSD 25.13 Lat : 16,32299242 Long : -61,03566203

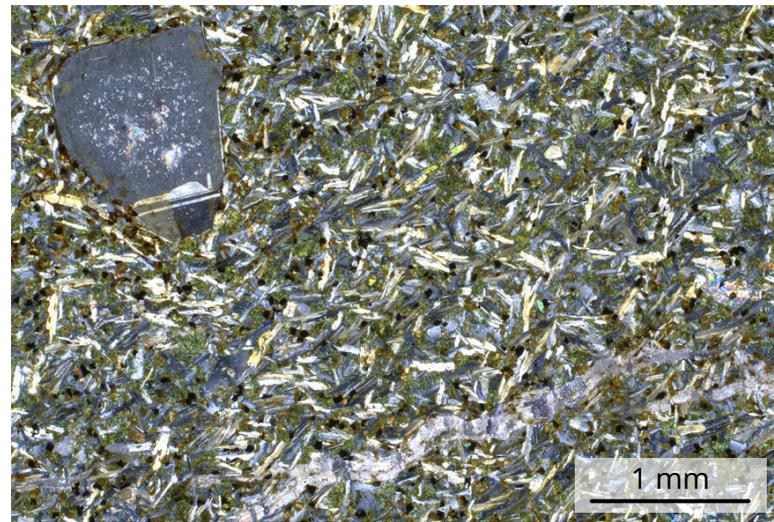
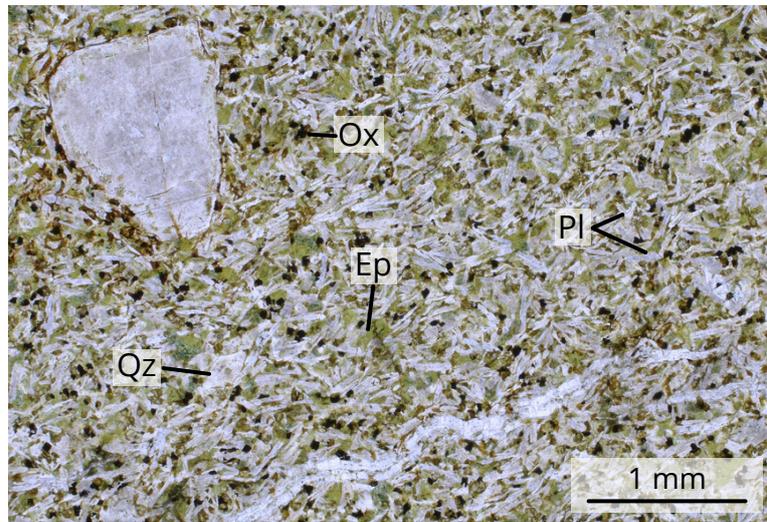
Texture : Microgrenue

Assemblage : Pl (75%), Ep (15%), Qz (5%), Oxydes Ferro-Titanés (5%)

Lithologie : Monzodiorite

LPNA

LPA



Grossissement x50

Fabrique magmatique soulignée par l'orientation des plagioclases en baguette. Cette lame est traversée par des infiltrations postérieures.

DSD 25.14 Lat : 16,32267512 Long : -61,03567523

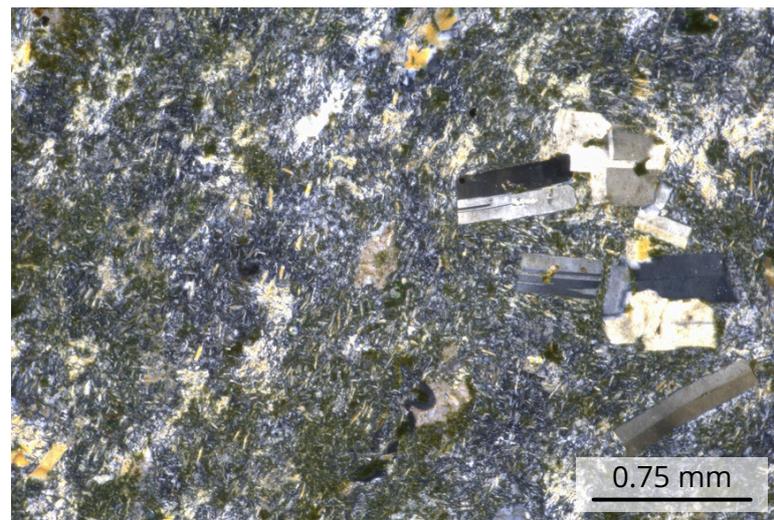
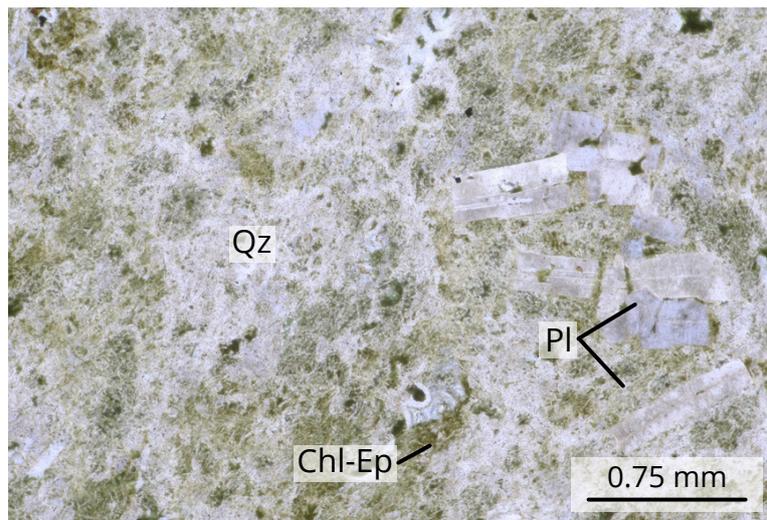
Texture : Porphyroïde

Assemblage : Pl (50%), Qz (35%), Chl-Ep (15%)

Lithologie : Rhyolite

LPNA

LPA



Grossissement x80

DSD 25.15

Lat : 16,19311924

Long : -61,03247053

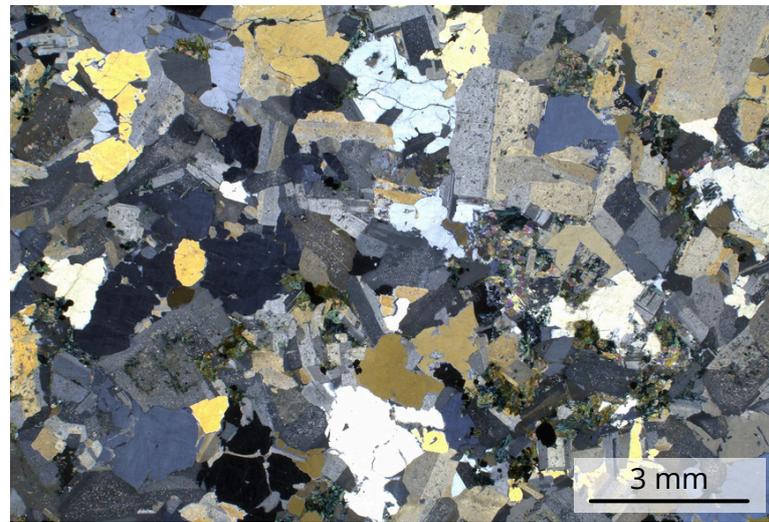
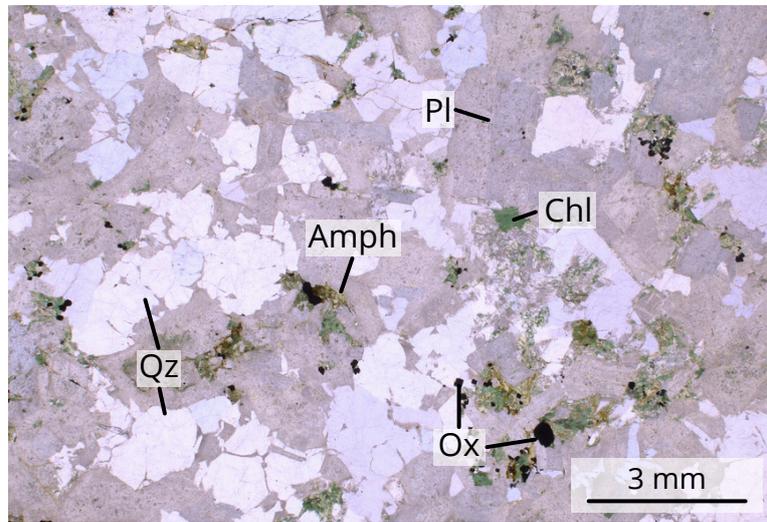
Texture : Grenue

Assemblage : Pl (45%), Qz (40%), Chl (7%), Amph (5%), Ox Ferro-Titanés (3%)

Lithologie : Granite

LPNA

LPA

*Grossissement x20***BEGENAT A**

Lat : 16,334187

Long : -61,012559

Lame fournie par L. Legendre

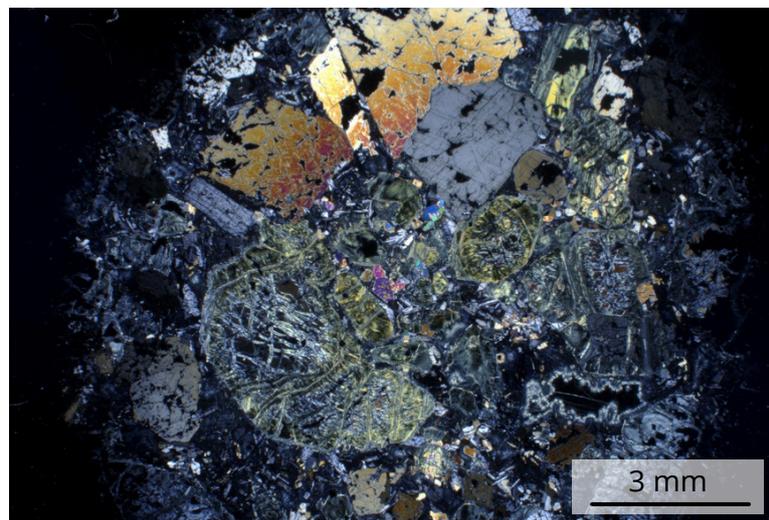
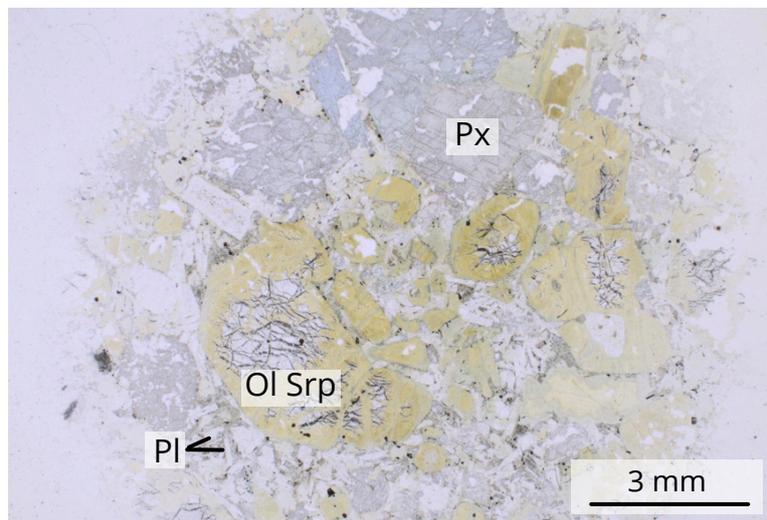
Texture : Grenue

Assemblage : Ol Srp (40%), Px (40%), Pl (20%)

Lithologie : Gabbro à Olivine

LPNA

LPA

*Grossissement x20*

BEGENAT B

Lat : 16,334187

Long : -61,012559

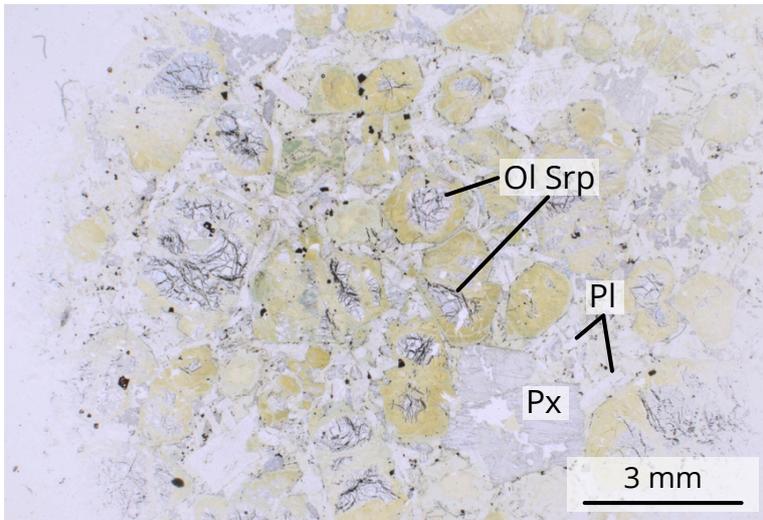
Lame fournie par L. Legendre

Texture : Grenue

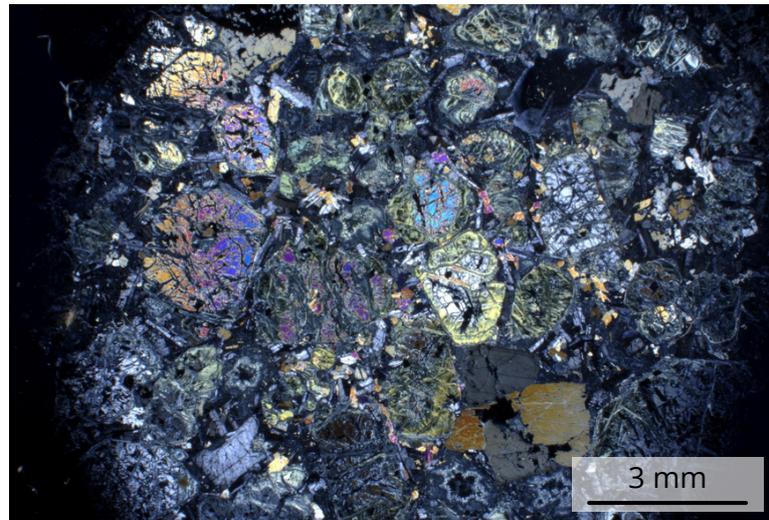
Assemblage : Ol Srp (50%), Px (30%), Pl (20%)

Lithologie : Gabbro à Olivine

LPNA

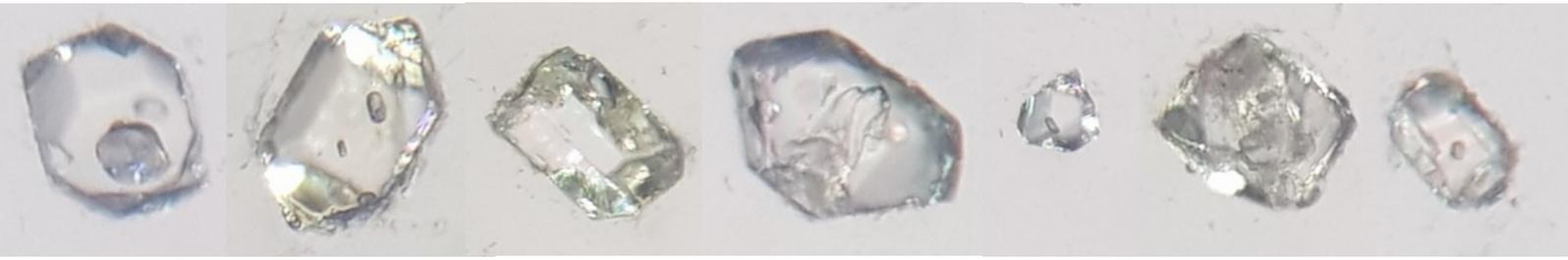


LPA



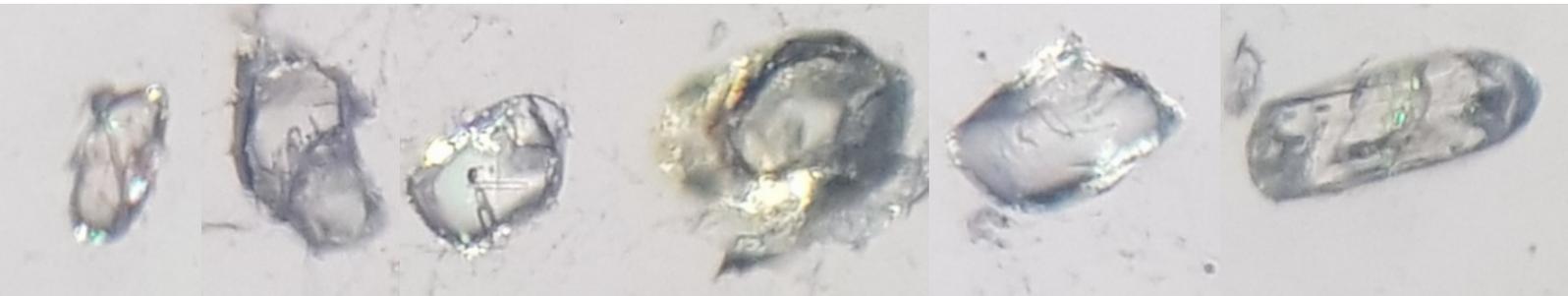
Grossissement x20

Annexe 6 : Photographies et images MEB de zircons analysés pour la datation U-Pb



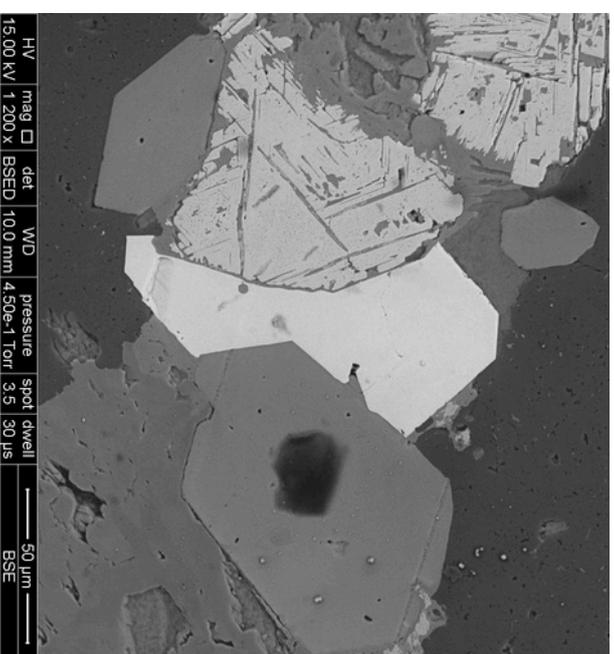
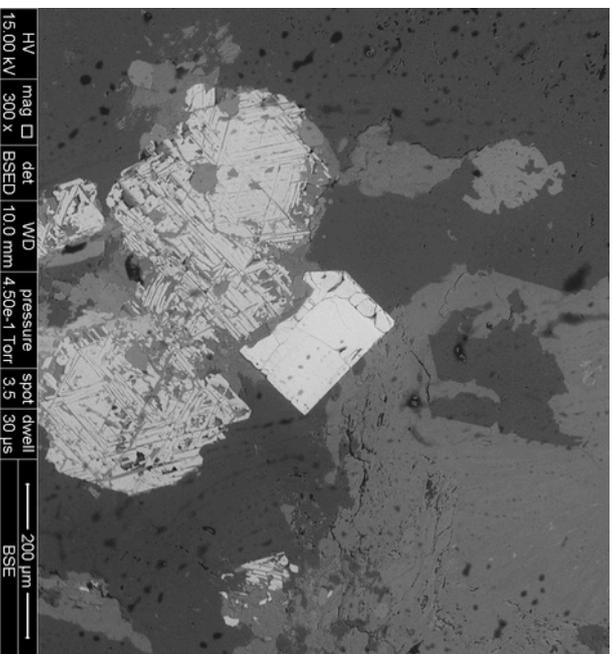
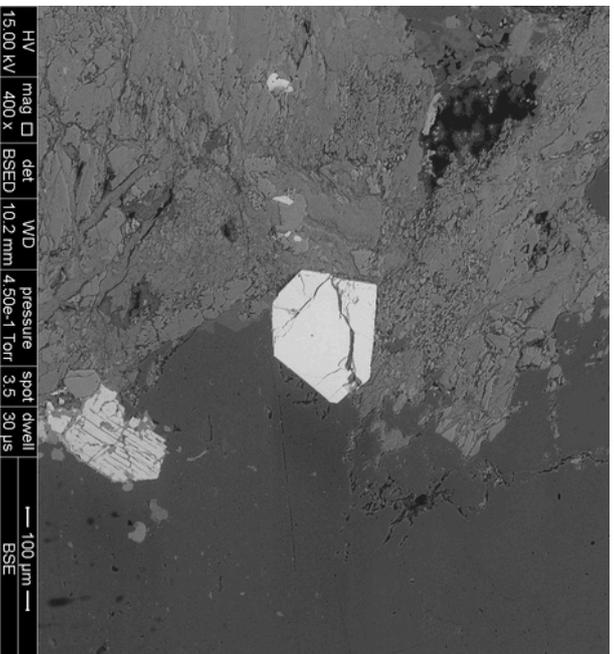
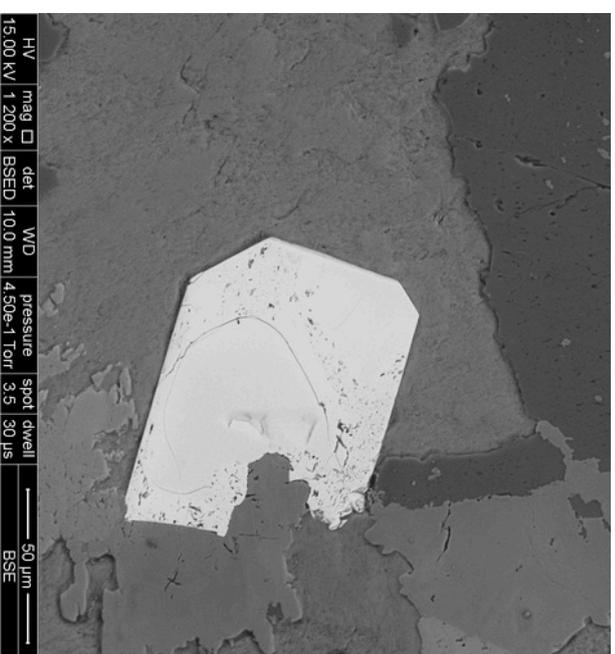
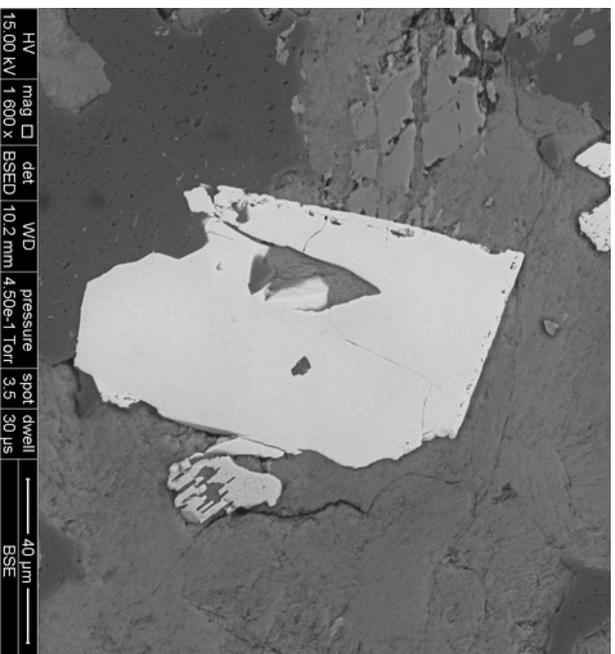
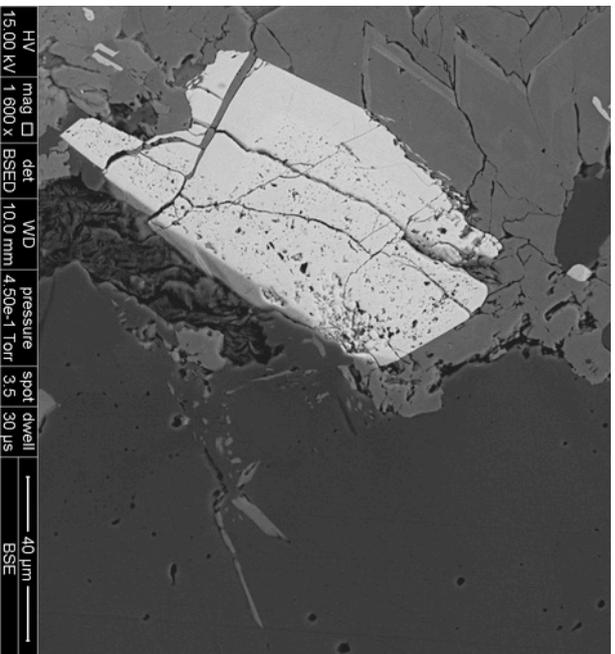
100 μm

Photographies de zircons appartenant à la population **DSD 25.12** ayant été analysés

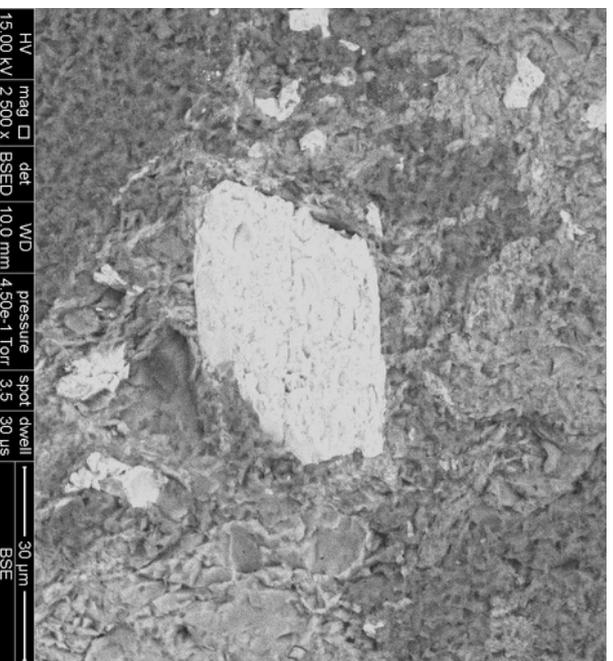
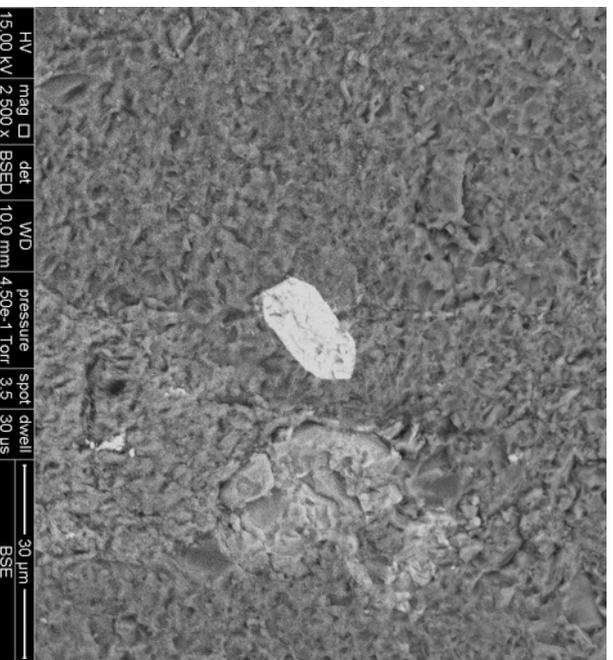
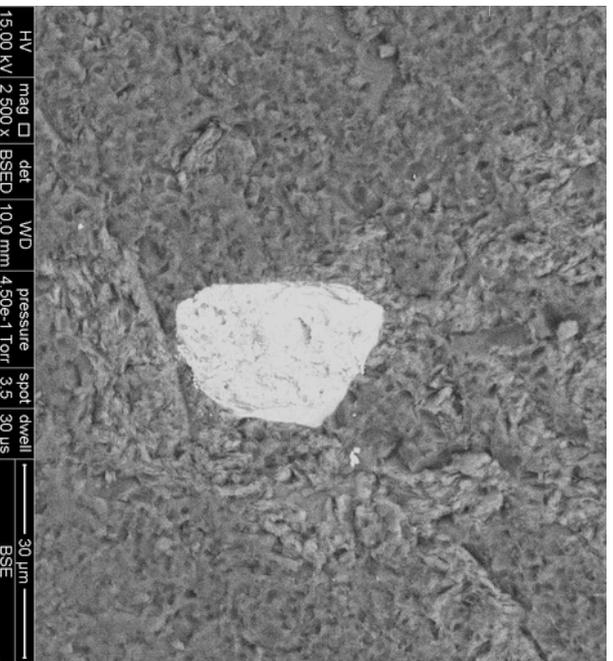
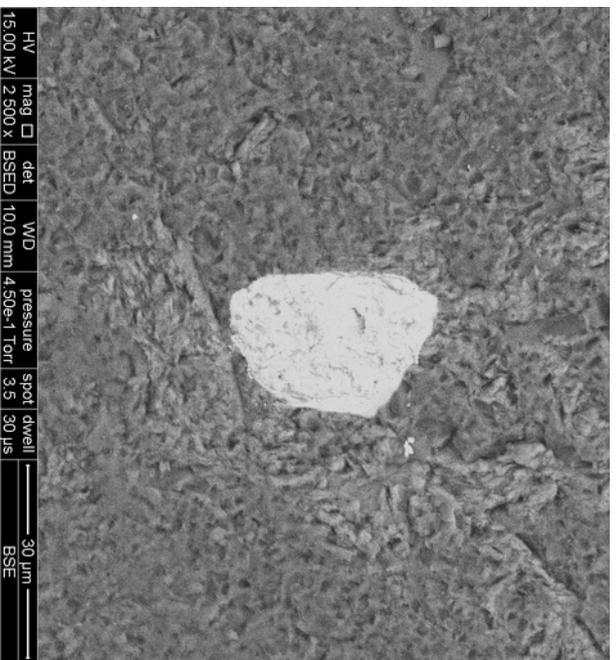


50 μm

Photographies de zircons appartenant à la population **DSD 25.03** ayant été analysés

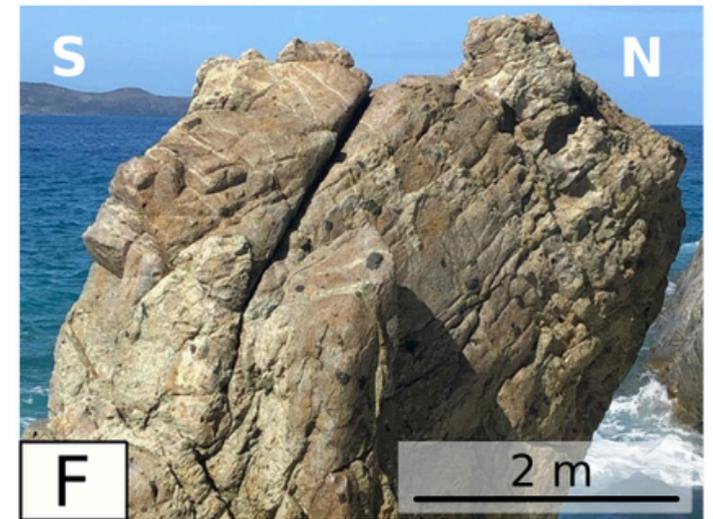
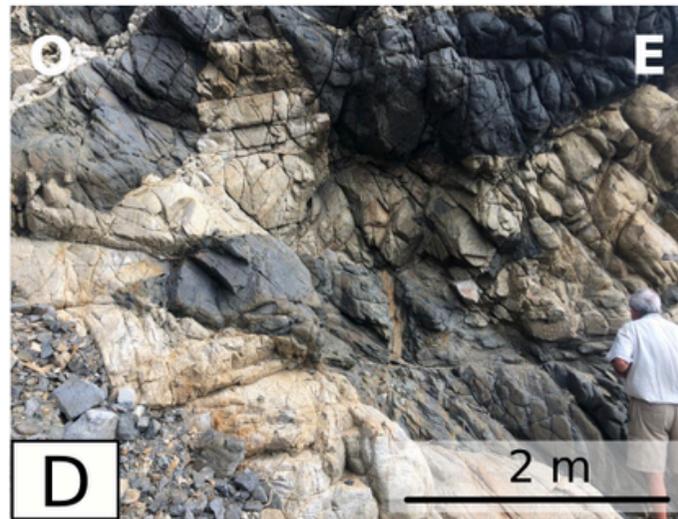
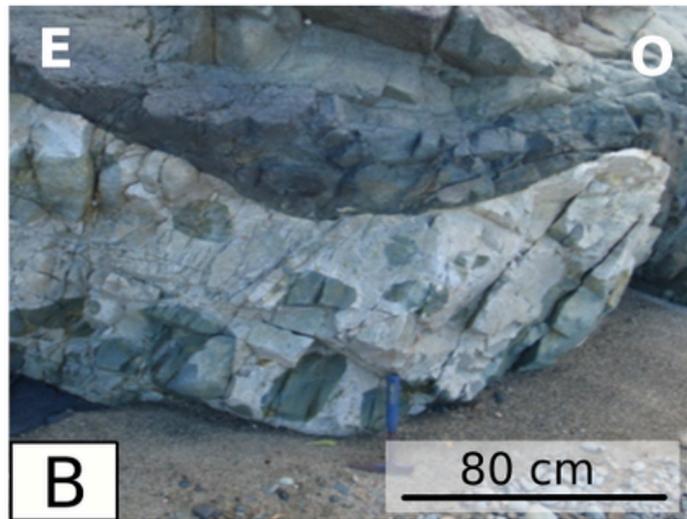
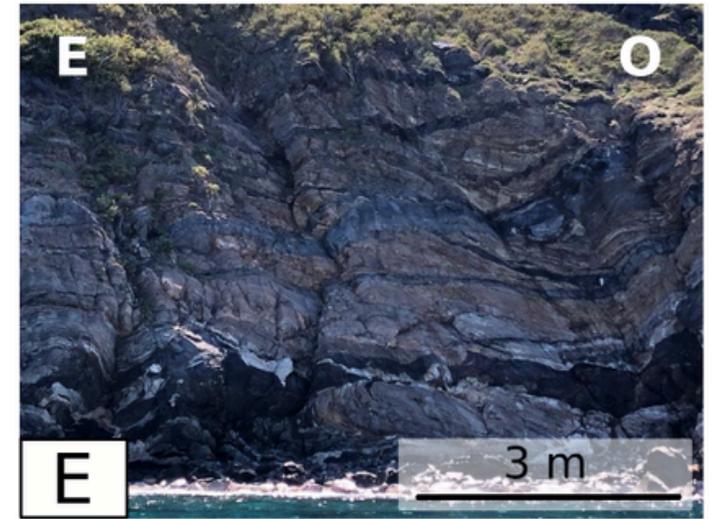
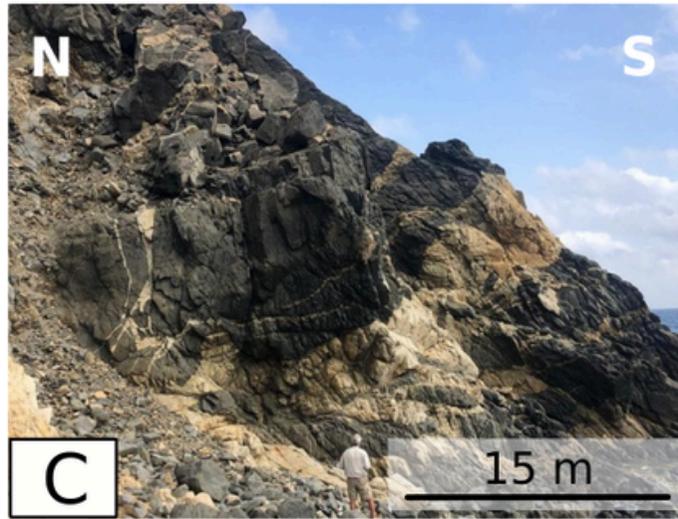
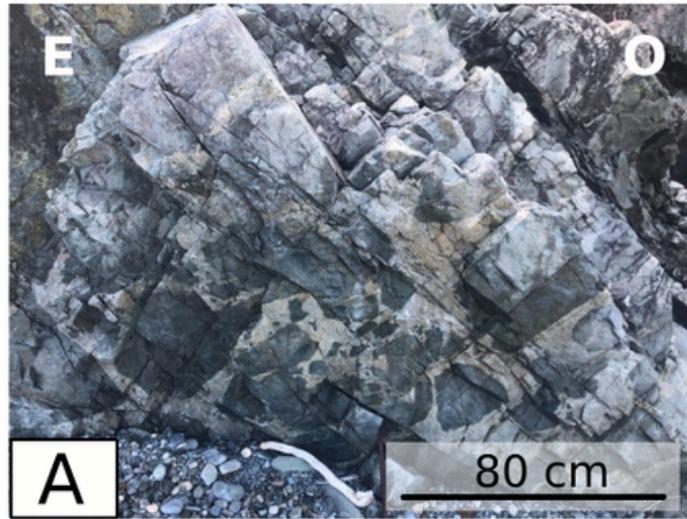


Images MEB de zircons appartenant à la population **DSD 25.15** ayant été analysés



Images MEB de zircons appartenant à la population **DSD 25.11** ayant été analysés

Annexe 11 : Volcanisme bimodal Île de La Désirade - Îles Vierges



A et B : Enclaves basiques arrondies - La Rivière, Côte Nord de La Désirade

C, D, E et F : Plutons d'arc réalimentés par des magmas basiques - Îles Vierges - Crédit Photo : M. Philippon

Annexe 12 : Proposition de la carte géologique de l'île de La Désirade

