



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

Document à accès immédiat

# Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon

Rapport final

**BRGM/RP-72619-FR**

Version 1 du 9 avril 2024

Choisissez un élément ou adaptez.

Blein O.

<b>Vérificateur :</b>	
Nom :	Cagnard F.
Fonction :	Géologue
Date :	01/04/2024
Signature :	

<b>Approbateur :</b>	
Nom :	Lahondère D.
Fonction :	Directeur adjoint
Date :	02/04/2024
Signature :	

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM  
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

## Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

## Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



### Mots clés :

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Blein O.** 2024. Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. Rapport final V1. BRGM/RP-72619-FR, 8 p.

© BRGM, 2024, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.  
IM003-MT008-P2-09/03/2023

## Synthèse

L'étude qui fait l'objet de ce rapport final s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante. Cette étude est en adéquation avec les objectifs du PNSE 1, « *action 1 : Renforcer la prévention et la maîtrise des risques sanitaires liés à l'environnement ; 1.3, Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers. Réduire les expositions de la population à l'amiante en maintenant la vigilance sur l'application stricte de la réglementation concernant la prévention du risque amiante en milieu de travail et en population générale* », repris par le PNSE 2 « *action 1 : Réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; 1.5, Réduire l'exposition aux cancérigènes d'origine naturelle présents dans l'environnement. Amiante naturel* ».

Sept zones géographiques distinctes (dont certaines seront rassemblées lors de la rédaction des rapports) ont été définies au début du présent projet et correspondent aux collectivités territoriales, départements et régions d'outre-mer de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, de la Martinique, de la Guadeloupe (Basse Terre), de Saint-Martin, de St-Barthélemy, de la Désirade et de la Réunion.

La poursuite de la couverture de la carte nationale de susceptibilité de présence d'amiante s'inscrit dans la continuité d'une série d'études ayant concerné : la vallée de la Haute-UBaye (Plunder et al., 2021a), les massifs des Maures et du Tanneron (Plunder et al., 2021b), la zone du Mercantour (Cagnard et al., 2022), les Vosges (Duron et Baptiste, 2020), les Deux Sèvres (Duron, 2020), six zones dans le Massif Central (la zone « Limousin » : Duron et al., 2020a ; la zone « Monts du Lyonnais » : Duron et al., 2020b ; la zone Auvergne : Duron et al., 2020c ; la zone « Morvan » : Duron et al., 2020d ; la zone « Albigeois » : Cagnard et al., 2020a ; la zone « La Marche » : Cagnard et al., 2020b), les Pyrénées (Cagnard et al., 2015), les départements de l'Isère (Lahondère et al., 2012a), des Hautes-Alpes (Lahondère et al., 2012b) et du Massif Armoricaire (Béchenec et al., 2013), ainsi que de la Haute-Corse (Lahondère et al., 2010b), de la Savoie (Blein et al., 2010) et de la Loire-Atlantique (Béchenec et al., 2010).

Le programme de la présente étude inclut trois phases successives.

La première phase du projet a consisté à réaliser une première évaluation du « potentiel amiantifère » des formations géologiques présentes dans la zone concernée, à partir d'une synthèse des données existantes les plus pertinentes (bibliographie, notices et cartes géologiques). Cette évaluation a été faite en prenant en compte tous les paramètres favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes ; en particulier la composition chimique et minéralogique des roches, l'importance des circulations de fluides, la nature des contacts géologiques et les évolutions structurale et métamorphique subies par les roches en question. Au cours de cette synthèse, une attention particulière a été apportée à la recherche de toutes les informations relatives à la présence de minéraux fibreux, et ce pour toutes les formations géologiques préalablement identifiées sur les cartes géologiques correspondantes. Les analyses multicritères (AMC) réalisées ont permis d'attribuer, à l'issue de cette première phase et pour chaque formation identifiée sur la carte géologique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, une susceptibilité prévisionnelle déclinée en quatre classes (1 : « nul à très faible », 2 : « faible », 3 : « moyen », 4 : « fort à très fort »). Cette carte de susceptibilité prévisionnelle de présence d'amiante environnemental est susceptible d'être modifiée après expertises puis analyses des échantillons prélevés au cours des expertises sur une sélection d'affleurements.

La deuxième phase du projet est séparée en deux modules, avec des développements plus ou moins importants et spécifiques en fonction des connaissances déjà acquises. Le premier module est destiné aux contrôles de terrain, menés prioritairement sur un ensemble de cibles identifiées à l'issue de la première phase. Ces opérations ont permis de reconnaître les principaux sites potentiellement amiantifères, d'établir une typologie de ces sites et de prélever des échantillons à des fins analytiques. Le second module correspond au volet analytique et à l'identification précise des espèces minérales fibreuses, asbestiformes ou potentiellement asbestiformes, collectées sur les principaux sites visités.

Les analyses acquises dans le cadre des projets de cartographie ont pour objectif de préciser le niveau de susceptibilité de présence d'amiante et non pas de définir le statut réglementaire des matériaux analysés. Pour rappel : l'identification d'amiante dans les matériaux « contenant naturellement de l'amiante » est régie par l'arrêté du 1<sup>er</sup> octobre 2019, actuellement en cours de révision.

La dernière phase du projet a consisté à synthétiser l'ensemble des résultats obtenus, tant sur le terrain qu'en laboratoire, dans le but de produire les cartes de susceptibilité consolidée de présence d'amiante. Le nombre de formations géologiques concernées par chacun des niveaux de susceptibilité de présence d'amiante est présenté ci-dessous de façon synthétique, pour l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

Archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon	Nombre de formations affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel à l'issue de l'AMC	Nombre de formations expertisées sur le terrain	Nombre de formations affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé à l'issue de l'expertise
« Nul à très faible »	21	3	20
« Faible »	3	4	7
« Moyen »	5	4	2
« Fort à très fort »	0	0	0

**Dans ce tableau, les alluvions, les colluvions indifférenciées et les colluvions d'altérites, les dépôts colluviaux et les éboulis ne sont pas pris en compte.**

Les principaux résultats de cette étude montrent que :

- (1) Les roches ultrabasiques, de type péridotite serpentinisée/serpentine, sont absentes de l'archipel.
- (2) Les filons de dolérites et de gabbros sont caractérisés localement par le développement d'altération hydrothermale. Cette altération hydrothermale se traduit par l'altération de clinopyroxènes en actinolites, et par le développement localement de fentes à actinolite et épidote. Ces actinolites peuvent avoir localement des habitus asbestiformes. Ces lithologies sont les seules dans l'archipel caractérisées par la présence d'actinolite-amiante. De manière générale, une attention particulière devra être portée lorsque ces filons seront observés dans le cadre de futurs travaux. Ces filons sont de petite taille (souvent inférieure au mètre), ce qui ne permet pas de les représenter systématiquement sur une carte à l'échelle du 1/50 000.

- (3) Les amphibolites se présentent en affleurements cartographiables au Cap Miquelon, ou en niveaux métriques dans les micaschistes et les métaquartzites. Elles sont constituées principalement de hornblendes mais elles peuvent contenir parfois des actinolites (mais qui n'ont pas été observées sous forme asbestiformes).
- (4) Les diorites du Cap Miquelon sont composées entre autre de magnésio-hornblendes et d'anthophyllites. Toutefois, aucune anthophyllite asbestiforme n'a été observée dans ces lithologies.
- (5) Les métaquartzites et les micaschistes sont caractérisés par la présence de niveaux métriques d'amphibolites, de filons de dolérites et/ou de gabbros et de diorites dont la taille métrique ne permet pas de les cartographier systématiquement à l'échelle du 1/50 000. Ces lithologies peuvent avoir des amphiboles ayant des compositions d'actinolite et/ou d'anthophyllite.

*NOTA : Les documents cartographiques attachés à la présente étude ont été établis à partir des données de la carte géologique numérique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon à 1/50 000 (Blein et al., 2015). Les limites géologiques représentées sur ces cartes, adaptées à cette échelle de restitution, constituent des éléments linéaires dont la précision dépend de la qualité et de la densité des informations géologiques disponibles d'une part et des modalités d'interpolation entre les points d'observation d'autre part. Cette précision peut varier pour une même limite de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. En outre, les objets géologiques de largeur et de longueur respectivement inférieure à 50 et 100 m ne sont généralement pas représentés sur les cartes géologiques à 1/50 000. Il est donc important de noter que des passées de roches potentiellement amiantifères peu étendues peuvent ne pas avoir été représentées sur les cartes géologiques utilisées pour établir le document cartographique présent. La responsabilité du BRGM ne saurait être engagée en cas d'utilisation inadaptée ou non conforme aux règles de l'art de ces documents. Compte tenu de l'échelle de travail de cette synthèse, les cartes des niveaux de susceptibilité consolidés produites à ce stade ne dispenseront pas d'études de détail à des échelles plus fines et adaptées, en cas notamment de travaux de terrassement, d'aménagement ou d'extraction susceptibles de recouper des formations potentiellement amiantifères.*



## Sommaire

1. Contexte de l'étude .....	13
1.1. INTRODUCTION.....	13
1.2. DEFINITIONS DE DIFFERENTS TERMES : FIBRES MINERALES, AMIANTE, FIBRES ASBESTIFORMES, FIBRES OMS, FRAGMENTS DE CLIVAGE .....	14
1.2.1. <i>Les fibres minérales</i> .....	14
1.2.2. <i>L'amiante</i> .....	14
1.2.3. <i>Les fibres asbestiformes</i> .....	15
1.2.4. <i>Les fibres OMS</i> .....	16
1.2.5. <i>Les fragments de clivage</i> .....	16
1.3. LA NORME NF X 43-050 (2021).....	17
1.4. DONNEES ANTERIEURES .....	17
1.5. DEROULEMENT DE L'ETUDE .....	19
1.5.1. <i>Phase 1</i> .....	19
1.5.2. <i>Phase 2</i> .....	19
1.5.3. <i>Phase 3</i> .....	20
2. Phase 1 : évaluation préalable du potentiel amiantifère.....	21
2.1. METHODOLOGIE.....	21
2.1.1. <i>Documents cartographiques utilisés</i> .....	21
2.1.2. <i>Niveaux de susceptibilité considérés</i> .....	23
2.1.3. <i>Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales et des coupures géologiques à 1/50 000</i> .....	24
2.2. RESULTATS DE L'ANALYSE.....	26
2.2.1. <i>L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon</i> .....	26
2.2.2. <i>Identification des cibles à expertiser et élaboration des fiches</i> .....	28
3. Phase 2 : expertises de terrain et analyses en laboratoire.....	31
3.1. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « FORT A TRES FORT » .....	32
3.2. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « MOYEN » 32	
3.2.1. <i>Les amphibolites [52]</i> .....	33
3.2.2. <i>La Diorite de l'Anse à la Vierge [7]</i> .....	37
3.2.3. <i>Les filons de dolérites et de gabbros de type I [23]</i> .....	40
3.2.4. <i>Les filons de dolérites de type II [24]</i> .....	45
3.2.5. <i>Les filons de dolérites (Mésozoïque ?) [4]</i> .....	46
3.3. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « FAIBLE » 49	
3.3.1. <i>Les basaltes et les brèches volcaniques de la Formation de la Pointe du Diamant [22]</i> 50	
3.3.2. <i>Les andésites de la Formation de Belliveau [45]</i> .....	52
3.3.3. <i>Les basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts [32]</i> .....	53
3.4. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « NUL A TRES FAIBLE » .....	54
3.4.1. <i>La Trondhémite du Cap Blanc [8]</i> .....	55
3.4.2. <i>Les Micaschistes à muscovite et cordiérite [50]</i> .....	56
3.4.3. <i>Les Métaquartzites à lits de magnétite (muscovite, biotite, cordiérite) [5]</i> .....	58
4. Établissement de la carte de susceptibilité consolidée .....	63
4.1. DETERMINATION DES NIVEAUX DE SUSCEPTIBILITE CONSOLIDES .....	63

4.2. PRESENTATION DE LA CARTE DE L'ARCHIPEL DE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON.....	65
4.2.1. <i>Présentation générale</i> .....	65
4.2.2. <i>Limites d'utilisation</i> .....	66
5. Conclusion et perspectives .....	69
6. Bibliographie .....	71

## Liste des figures

Illustration 1 : Carte géologique à 1/50 000 de Saint-Pierre-et-Miquelon (Blein et al., 2015). ...	22
Illustration 2 : Définition des classes d'aléa retenues (colonnes de droite). .....	24
Illustration 3 : Définition des niveaux de susceptibilité retenus. ....	24
Illustration 4 : Principaux mots-clés utilisés dans l'analyse multicritère.....	25
Illustration 5 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « variable » (codes 998-999 sur la carte de NSPA prévisionnel). .....	26
Illustration 6 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible ». .....	27
Illustration 7 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ». .....	27
Illustration 8 : Carte de la susceptibilité prévisionnelle de présence d'amiante pour l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. ....	28
Illustration 9 : Liste des échantillons prélevés dans l'Archipel de Saint Pierre et Miquelon et analysés par microscopie optique (MOLP), microsonde électronique (MSE), microscopie électronique à balayage (MEB).....	32
Illustration 10 : Amphibolites (haut-gauche, 975B005 ; haut-droite, 975B006) ; Amphibolites à structure en pillow déformés (milieu-gauche, 975B007) ; Filon de dolérite) intrusif dans les amphibolites (milieu droite, 975B007 ; Veines à épidote (bas-gauche et droite, 975B007).....	34
Illustration 11 : Secteur Est de la Pointe Petit Bec (Cap Miquelon) - Affleurement 975B019. ...	35
Illustration 12 : Amphibolite quartzo-feldspathique. Lame 975B005 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	35
Illustration 13 : Meta $\mu$ -diorite/gabbro amphibolitisé. Lame 975B006 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	36
Illustration 14 : Amphibolite. Lame 975B019 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	36
Illustration 15 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B019. ....	37
Illustration 16 : Diorite dans une brèche magmatique sur les crêtes de Cap Miquelon (Affleurement 975B011 ; ligne haut, gauche & droite) et sur l'estran de l'Anse à la Vierge (Affleurement 975B012 ; ligne bas, gauche & droite). ....	38
Illustration 17 : Diorite. Lame 975B011 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	39
Illustration 18 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B011. ....	39

Illustration 19 : Diorite. Lame 975B012 (gauche : LPNA ; droite : LPA). .....	40
Illustration 20 : Filon de gabbro affleurant sur l'estran au niveau du Cap à Brossard (haut-gauche ; 975B002) ; Plans de déformation affectant le gabbro et caractérisés par la présence de chlorite, d'épidote et de minéraux fibreux, pouvant faire penser à des actinolites fibreuses (haut-droite ; bas). Affleurement 975B002.....	41
Illustration 21 : Gabbro cumulatif à plagioclase et clinopyroxène. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B002A (gauche et droite : LPNA). .....	41
Illustration 22 : Images et exemple de spectre obtenu au MEB sur l'échantillon 975B002A.....	42
Illustration 23 : Gabbro cumulatif présentent une forte altération hydrothermale. Lame 975B002B (haut-gauche : LPNA ; haut-droite : LPA). Plan à actinolite fibreuse et épidote (bas-gauche : LPNA ; bas-droite : LPA). .....	43
Illustration 24 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B002B. ....	43
Illustration 25 : Images et exemple de spectre obtenu au MEB sur l'échantillon 975B002B.....	44
Illustration 26 : Filon de gabbro doléritique - Affleurement 975B003.....	45
Illustration 27 : Gabbro cumulatif à clinopyroxènes et plagioclases. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B003 (gauche : LPNA et droite : LNA). .....	45
Illustration 28 : Dyke de dolérite recoupant la trondhjémite du Cap Blanc - Affleurement 975B008. ....	46
Illustration 29 : Gabbro présentant une forte altération hydrothermale recoupant des siltites (Affleurement 975B015, gauche) ; Plans caractérisés par l'association d'épidotes et de fibres claires (Affleurement 975B015, droite). ....	46
Illustration 30 : Basalte porphyrique. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B008A (gauche : LPNA ; droite : LPA). .....	47
Illustration 31 : Gabbro cumulatif présentant une forte altération hydrothermale. Lame 975B015 (haut-gauche : LPNA ; haut-droite : LPA). Fente à épidote et fibres d'actinolite. Lame 975B015 (bas-gauche : LPNA ; bas-droite : LPA).....	48
Illustration 32 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B015.....	48
Illustration 33 : Images et exemple de spectres obtenus au MEB sur l'échantillon 975B015. ...	49
Illustration 34 : Basalte aphyrique recoupé par un filon à épidote, Pointe Diamant (haut-gauche : 975B001) ; Basalte fortement épidotitisé, Pointe Diamant (haut-droite) ; Brèche pyroclastique basaltique, Pointe à Henry (bas-gauche, 975B018) ; Fragment basique (bas- droite). ....	50
Illustration 35 : Basalte de la Formation de la Pointe du Diamant. Aucune amphibole n'a été observée au MOLP dans cette lame mince Lame 975B001 (gauche : LPNA ; droite : LPA). ....	51
Illustration 36 : Basalte de la Formation de la Pointe du Diamant. Aucune amphibole n'a été observée au MOLP dans cette lame mince. Lame 975B018 (gauche : LPNA ; droite : LPA). ....	52
Illustration 37 : Basalte andésitique de la Formation de Belliveau - Affleurement 975B017. ....	52
Illustration 38 : Basalte andésitique de la Formation de Belliveau. Lame 975B017 (gauche : LPNA ; droite : LPA). .....	53
Illustration 39 : Basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts - Affleurement 975B016. ....	54

Illustration 40 : Basalte à texture microlitique et vésiculaire avec une forte altération hydrothermale. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B016 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	54
Illustration 41 : Liste des affleurements visités correspondant aux formations géologiques de Saint-Pierre-et-Miquelon préalablement affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible » . .....	55
Illustration 42 : Trondhémite du Cap Blanc - Affleurement 975B008.....	55
Illustration 43 : Trondhémite (quartz,plagioclase, biotite, chlorite). Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B008B (gauche : LPNA ; droite : LPA). .....	56
Illustration 44 : Amphibolites au sein des micaschistes à muscovite et cordiérite (gauche). Amphibolite (droite) - Affleurement 975B010.....	56
Illustration 45 : Amphibolite. Lame 975B010 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	57
Illustration 46 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B010. ....	57
Illustration 47 : Métaquartzites avec niveaux amphibolitiques (haut-gauche : 975B009). Amphibolite (haut-droite : 975B009). Filon de gabbro (bas-gauche : 975B013). Amphibolite au sein de métaquartzites (bas-droite : 975B014). .....	58
Illustration 48 : Quartzite (quartz, plagioclase, biotite, chlorite). Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B009A (gauche : LPNA ; droite : LPA). .....	59
Illustration 49 : Amphibolite. Lame 975B009B (gauche : LPNA ; droite : LPA). ....	59
Illustration 50 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B009B. ....	60
Illustration 51 : Gabbro à clinopyroxènes et plagioclases. Lame 975B013 (haut gauche : LPNA ; haut droite : LPA) ; zone d'altération fibreuse. Lame 975B013 (bas gauche : LPNA ; bas droite : LPA).....	60
Illustration 52 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B013. ....	61
Illustration 53 : Basalte porphyrique riche en phénocristaux chloritisés. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B014 (gauche : LPNA ; droite : LPA).....	61
Illustration 54 : Métaquartzite à amphibole. Lame 975B014B (gauche : LPNA ; droite : LPA). .	62
Illustration 55 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B014B. ....	62
Illustration 56 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « faible ».....	64
Illustration 57 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 2 (« faible ») déclassées en niveau de susceptibilité consolidé 1 (« nul à très faible »). ....	64
Illustration 58 : Carte des niveaux de susceptibilité d'amiante <b>consolidés</b> pour l'archipel de Saint Pierre et Miquelon.....	65
Illustration 57 : Valeurs attribuées aux alternatives « Lithologie » (cf. explication dans le texte ci-après). ....	78
Illustration 58 : Valeurs attribuées aux alternatives « Minéralogie ». ....	79
Illustration 59 : Valeurs des alternatives « Déformation ».....	80

Illustration 60 : Valeurs des alternatives « Intensité de la déformation »..... 80  
Illustration 61 : Intervalles retenus pour les niveaux de susceptibilité prévisionnels..... 81

## Liste des annexes

Annexe 1. Analyse multicritère réalisée pour les formations sélectionnées à l'issue des analyses  
des mots-clés ..... 77  
Annexe 2. Coordonnées GPS des points d'observation ..... 83  
Annexe 3. Fiches de localisation des affleurements expertisés sur le terrain..... 85



# 1. Contexte de l'étude

## 1.1. INTRODUCTION

Les travaux qui ont démontré la réalité des risques sanitaires liés à des expositions professionnelles ou para-professionnelles à l'amiante sont nombreux. Dès le début du siècle dernier, des fibroses pulmonaires liées à l'inhalation d'amiante sont identifiées parmi les ouvriers de filatures (Auribault, 1906) et en 1935, le lien entre asbestose et risque de cancer broncho-pulmonaire est identifié. Ces risques ont été établis à partir de cohortes travaillant dans l'industrie de la production et de l'utilisation de l'amiante (McDonald et *al.*, 1980, 1986 ; Amandus et Wheeler, 1987 ; Wozniak et *al.*, 1988 ; Wozniak et Wiecek, 1991 ; Scherbakov et *al.*, 2001 ; Bandli et Gunter, 2006 ; Sullivan, 2007). D'autres études ont montré que ces risques existaient également pour des activités professionnelles ou domestiques impliquant une exposition à des matériaux amiantifères.

Des travaux essaient également de caractériser les risques associés à des niveaux d'exposition, *a priori* plus faibles, liés à la présence naturelle d'amiante dans certains environnements géologiques (amiante environnemental ou amiante naturel). Ils concernent notamment les régions turques de Diyarbakir-Cermik (Yazicioglu et *al.*, 1978, 1980), d'Anatolie (Baris et *al.*, 1978, Baris, 1991 ; Coplu et *al.*, 1996 ; Metintas et *al.*, 2005) et de Cappadoce (Baris et *al.*, 1978 ; Boman et *al.*, 1982 ; Baris, 1991 ; Selçuk et *al.*, 1992)<sup>1</sup>. En Grèce, les risques sanitaires mis en évidence pour la population de plusieurs villages sont directement liés à l'utilisation d'une terre (« Luto ») riche en longues fibres de trémolite et utilisée pour blanchir les façades des maisons (Constantopoulos et *al.*, 1985, 1987 ; Bazas et *al.*, 1985 ; Langer et *al.*, 1987 ; Sichletidis et *al.*, 1992 ; Manda-Stachouli et *al.*, 2004). En Nouvelle-Calédonie, c'est l'utilisation pour blanchir les murs des cases d'habitation d'un matériau (« Pö ») contenant des fibres de trémolite et de chrysotile qui semble à l'origine du nombre élevé de mésothéliome pleural (Luce et *al.*, 1994 ; Goldberg et *al.*, 1995). D'autres études permettent de connaître la prévalence de plaques pleurales dans des environnements strictement naturels ou proches d'anciennes mines (Zolov et *al.*, 1967 ; Luo et *al.*, 2003).

En France, les pouvoirs publics sont préoccupés par les conséquences sanitaires susceptibles d'être directement liées à la présence d'amiante dans certains environnements naturels et à l'exposition des populations riveraines, mais les études épidémiologiques disponibles sont extrêmement rares. C'est en Haute-Corse, un département dans lequel les massifs de roches amiantifères couvrent des surfaces particulièrement importantes, que ces problèmes associés à une exposition à l'amiante présent naturellement dans l'environnement sont actuellement les mieux documentés. Les travaux de Boutin et *al.* (1989) puis de Rey et *al.* (1994) concernant la population du village de Murato ont ainsi révélé que plus de 40% des sujets âgés de plus de 50 ans présentaient des plaques pleurales. L'étude de la charge pulmonaire en amiante chez les patients souffrant de mésothéliome a révélé la présence de fibres de chrysotile et de trémolite à des taux élevés :  $1,4 \pm 0,9 \cdot 10^6$  f/gr.p.s.<sup>2</sup> et  $17,2 \pm 17 \cdot 10^6$  f/gr.p.s. respectivement (Rey et *al.*, 1993).

---

<sup>1</sup> Des fibres d'amiante ont été retrouvées dans les prélèvements réalisés (roches, enduits de maison, poussières de routes, atmosphère). Cependant, la fibre minérale naturelle la plus fréquemment rencontrée appartient à la famille des zéolites (ériorite).

<sup>2</sup> f/gr.p.s. : fibre/gramme de poumon sec.

L'étude qui fait l'objet de ce rapport s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au MTE dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante naturellement présent dans l'environnement. Cette étude est en adéquation avec les objectifs du PNSE 1, « *action 1 : Renforcer la prévention et la maîtrise des risques sanitaires liés à l'environnement ; 1.3, Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers. Réduire les expositions de la population à l'amiante en maintenant la vigilance sur l'application stricte de la réglementation concernant la prévention du risque amiante en milieu de travail et en population générale* », repris par le PNSE 2 « *action 1 : Réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; 1.5, Réduire l'exposition aux cancérigènes d'origine naturelle présents dans l'environnement. Amiante naturel* ».

Cette étude concerne l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon qui s'étend sur l'emprise d'une coupure à 1/50 000 (Blein et al., 2015). Cette étude s'inscrit dans la continuité d'une précédente série d'études ayant concerné la vallée de la Haute-Uribe (Plunder et al., 2021a), les massifs des Maures et du Tanneron (Plunder et al., 2021b), le Mercantour (Cagnard et al., 2022), les Vosges (Duron et Baptiste, 2020), les Deux Sèvres (Duron, 2020), six zones du Massif Central (Limousin : Duron et al., 2020a ; Monts du Lyonnais : Duron et al., 2020b ; Auvergne : Duron et al., 2020c ; Morvan : Duron et al., 2020d ; Albigeois : Cagnard et al., 2020a ; La Marche : Cagnard et al., 2020b), les Pyrénées (Cagnard et al., 2015), les départements de l'Isère (Lahondère et al., 2012a), des Hautes-Alpes (Lahondère et al., 2012b), du Massif Armoricaire (Béchenec et al., 2013), de la Haute-Corse (Lahondère et al., 2010), de la Savoie (Blein et al., 2010) et de la Loire-Atlantique (Béchenec et al., 2010).

Pour l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, les objectifs étaient les suivants :

- effectuer un recensement le plus exhaustif possible des sources naturelles rocheuses susceptibles de libérer des fibres d'amiante et donc d'induire une exposition des populations ;
- préciser pour chacune des sources identifiées le (ou les) type(s) d'amiante présent(s) ;
- établir une cartographie de la susceptibilité de présence d'amiante dans l'environnement naturel, c'est-à-dire une cartographie de la probabilité de présence d'amiante à la surface et dans le proche sous-sol.

## **1.2. DEFINITIONS DE DIFFERENTS TERMES : FIBRES MINERALES, AMIANTE, FIBRES ASBESTIFORMES, FIBRES OMS, FRAGMENTS DE CLIVAGE**

### **1.2.1. Les fibres minérales**

Une fibre minérale est une particule minérale allongée caractérisée par un rapport Longueur/Diamètre (L/D) supérieur à 3 et par des bords parallèles ou subparallèles. La valeur du rapport L/D (> 3) est essentiellement basée sur un consensus établi par les hygiénistes. Les minéralogistes utilisent plutôt un rapport L/D supérieur à 5 ou à 10 pour qualifier une particule minérale fibreuse (INSERM, 1999). Observée dans une section perpendiculaire à son allongement (section basale), une fibre minérale peut présenter une forme circulaire, ovale, losangique, triangulaire ou carrée.

### **1.2.2. L'amiante**

L'amiante est une substance minérale naturelle qui correspond à plusieurs variétés de silicates fibreux. Ces minéraux sont connus depuis l'antiquité sous le nom d'asbeste et ont longtemps été

exploités pour leurs propriétés thermo-mécaniques. Ces six silicates appartiennent à deux groupes d'espèces minéralogiques, les serpentines<sup>3</sup> et les amphiboles<sup>4</sup>, et correspondent :

- au **chrysotile** (ou *amiante blanc*) - serpentine ;
- à la **crocidolite** (ou *riébeckite-amiante* ou *amiante bleu*) - amphibole ;
- à l'**amosite** (ou *grunérite-amiante* ou *amiante brun*) - amphibole ;
- à l'**anthophyllite-amiante** – amphibole ;
- à la **trémolite-amiante** - amphibole ;
- à l'**actinolite-amiante** - amphibole.

Cette liste de six minéraux, limitée aux seules espèces minéralogiques ayant fait ou faisant encore l'objet d'une exploitation industrielle, constitue une définition commerciale de l'amiante<sup>5</sup>. Toutefois, parmi ces six espèces minérales, le chrysotile constitue à lui seul 90 à 95 % de l'amiante produit jusqu'à ce jour, le reste correspondant à des exploitations de crocidolite et d'amosite. En termes de production, l'exploitation de l'anthophyllite-amiante, de la trémolite-amiante et de l'actinolite-amiante peut donc être considérée comme négligeable. À noter que le terme « actinote » est équivalent au terme « actinolite ».

Dans l'environnement naturel, de nombreuses roches possèdent une composition chimique favorable, sous certaines conditions, à la cristallisation de serpentines et/ou d'amphiboles. Toutes ces roches sont donc susceptibles de contenir des formes dérivées fibreuses, parfois asbestiformes (terme défini dans le paragraphe ci-dessous), de ces minéraux. Les minéraux asbestiformes présents dans certaines roches peuvent également être rencontrés dans les sols et dans les sédiments dérivés de l'altération et de l'érosion de ces mêmes roches. La cartographie des formations géologiques potentiellement amiantifères doit donc également s'intéresser et inclure ces produits dérivés dont l'extension en termes de surface peut être importante. Ainsi l'analyse de la susceptibilité de présence d'amiante dans l'environnement naturel doit prendre en considération, de manière graduée, les roches-sources, les voies de transfert (aérienne, entraînement par le ruissellement) et les dépôts naturels secondaires (dépôts de sédiments anciens ou actuels, *pro parte* issus de l'altération et de l'érosion des roches-sources).

### 1.2.3. Les fibres asbestiformes

Le terme asbestiforme fait référence à une morphologie provenant d'une cristallisation naturelle et unidimensionnelle d'un minéral donnant des fibres ayant l'apparence de cheveux (fibres longues et filiformes). Cette morphologie confère au minéral des caractéristiques particulières dont un rapport d'allongement élevé, et dans certains cas, des propriétés mécaniques accrues (dont la résistance, la flexibilité et la durabilité). Ces fibres sont rassemblées dans des agglomérats ou des faisceaux pouvant facilement se séparer en plus petites fibres (fibrilles). Cet aspect est à la base de la terminologie « polyfilamenteux » qui correspond à la caractéristique la plus importante de l'amiante (MSHA, 2005). L'Agence américaine de protection de

---

<sup>3</sup> Les serpentines sont des phyllosilicates, c'est-à-dire des silicates dont les tétraèdres  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  sont disposés en feuillets monocliniques, de formule chimique  $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ .

<sup>4</sup> Les amphiboles sont des inosilicates en chaîne double, hydroxylés. Le groupe des amphiboles est riche de nombreuses espèces qui se répartissent dans trois grandes familles qui sont les amphiboles calciques, sodiques et ferromagnésiennes.

<sup>5</sup> Cette liste de six minéraux correspond également au terme « amiante » tel que défini dans la directive 2009/148/CE du Parlement Européen et du Conseil concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à l'amiante pendant le travail.

l'environnement (US EPA) a recommandé en 1993 une définition de la morphologie d'un minéral asbestiforme (EPA, 1993). Cette définition est la suivante :

*En microscopie optique, la morphologie asbestiforme est généralement reconnue par les caractéristiques suivantes :*

- *Un rapport d'allongement (longueur/diamètre) qui varie de 20 à 100 (ou supérieur pour des fibres de longueur supérieure à 5 µm). Les rapports d'allongement doivent être déterminés pour les fibres et non pour les faisceaux ;*
- *Des fibrilles très fines (diamètre inférieur à 0,5 µm) ;*
- *Deux caractéristiques ou plus parmi les suivantes :*
  - *Fibres parallèles regroupées en faisceaux ;*
  - *Faisceaux de fibres avec des extrémités effilochées ;*
  - *Agglomérats de fibres individuelles enchevêtrées ;*
  - *Fibres incurvées.*

Cette définition est également reprise dans la norme australienne AS 4964-2004 pour l'identification de l'amiante dans les matériaux et par l'Health and Safety Executive (HSE) au Royaume-Uni.

Toutes les structures constituées ou contenant des fibres asbestiformes d'actinolite, de trémolite, d'anthophyllite, de riébeckite ou de grunérite correspondent à des structures amiantifères. Les fibres de chrysotile correspondent toujours à des fibres d'amiante.

#### 1.2.4. Les fibres OMS

Les fibres OMS correspondent à des particules solides, naturelles ou artificielles, allongées et à bords parallèles, ayant un diamètre inférieur à 3 µm, une longueur supérieure à 5 µm et un rapport d'allongement (L/D) supérieur à 3<sup>6</sup>. Ces fibres peuvent être inhalées et rejoindre les parties les plus profondes du système respiratoire.

#### 1.2.5. Les fragments de clivage

Les fragments de clivage sont des particules minérales issues de la dissociation et/ou de la fragmentation de minéraux fibreux non asbestiformes (par altération naturelle ou action anthropique impliquant par exemple un broyage de la roche-mère). Un fragment de clivage issu de la fracturation d'un cristal d'amphibole non asbestiforme peut avoir les dimensions d'une fibre, telles que définies ci-dessus par l'OMS. De façon générale, les fragments de clivage se différencient des fibres asbestiformes par une longueur plus courte, une largeur plus élevée et des bordures et terminaisons moins régulières, alors que la largeur des fibres d'amiante est relativement constante, quelle que soit la longueur (Siegrist et Wylie, 1980). Lorsque ces fragments de clivage possèdent les caractéristiques dimensionnelles des fibres inhalables au sens de l'OMS, et possèdent la composition chimique de l'une des six espèces réglementées au titre de l'amiante, ils peuvent être assimilés à des fibres d'amiante.

---

<sup>6</sup> Une application stricte de la norme NF X 43-050 peut conduire à assimiler ces fibres à des fibres d'amiante dès lors que leur composition chimique correspond à l'une ou l'autre des six espèces minérales réglementées au titre de l'amiante (quelle que soit leur morphologie - asbestiforme ou non asbestiforme).

L'utilisation des différents termes dans la suite de ce rapport répondra aux critères définis dans les paragraphes ci-dessus.

### 1.3. LA NORME NF X 43-050 (2021)

Les critères morphologiques de l'US EPA, caractéristiques des fibres asbestiformes et donc des fibres d'amiante, ne se retrouvent pas dans les règles de comptage des structures fibreuses précisées dans la norme NF X 43-050 (2021), lesquelles prennent en compte dans le dénombrement « ... *toutes les structures d'amiante de longueur (L) supérieure à 0,5 µm, de largeur (l) inférieure à 3 µm et de rapport L/l supérieur à 3* ». Compte tenu notamment (i) de la capacité des amphiboles à se dissocier ou à se briser en fragments plus ou moins fibriformes et (ii) du caractère insuffisamment discriminant des critères de comptage retenus dans la norme NF X 43-050, l'identification de particules d'actinolite, de trémolite, d'anthophyllite, de grunérite ou de riébeckite, répondant aux seuls critères de la norme NF X 43-050 peut, dans certains cas, être insuffisante pour déterminer le caractère amiantifère ou non amiantifère du matériau soumis à l'analyse, et ce quelle que soit la nature de ce dernier (roche broyée ou poussières).

En présence de telles particules, il peut donc s'avérer nécessaire de prolonger l'analyse dans le but de réduire les incertitudes et de conforter le diagnostic final.

Pour renforcer ce diagnostic, il convient de déterminer si des fibres asbestiformes (au sens de l'US EPA), les plus à même d'être issues de structures fibreuses amiantifères, sont présentes ou non dans le matériau. En l'absence de telles fibres, l'échantillon ne devrait pas être déclaré amiantifère et même en cas de présence, il convient de prendre des précautions avant d'établir le diagnostic final. Parlant des critères qu'ils avaient eux-mêmes définis, Perkins et Harvey (1993) précisent que « ...*ces caractéristiques font référence à une population de fibres observée dans un échantillon global. Il n'est pas rare d'observer occasionnellement des particules ayant des rapports L/l d'environ 10 ou inférieurs, mais il est peu probable que les structures amiantifères soient dominées par des fibres individuelles ayant des rapports L/l inférieurs à 20 pour les fibres de longueur supérieure à 5 µm. Si un échantillon contient une fraction fibreuse dans laquelle les fibres ont pour la plupart un rapport L/l inférieur à 20 et ne présentent pas les caractéristiques asbestiformes supplémentaires, cette fraction ne doit pas être considérée comme issue de structures amiantifères* ».

### 1.4. DONNEES ANTERIEURES

En France métropolitaine, les principales zones amiantifères connues sont localisées dans la chaîne des Alpes occidentales dont la Haute-Corse constitue la terminaison méridionale. Cependant, d'autres domaines ne doivent pas être écartés - comme les massifs cristallins externes des Alpes, le Massif Central, les Vosges, le Massif armoricain et la chaîne des Pyrénées - domaines où des affleurements de roches amiantifères sont connus et/ou ont été exploités d'une manière artisanale.

Pour la Haute-Corse, un programme a été mis en œuvre dès 1997 dans le but d'établir une cartographie des roches potentiellement amiantifères. Les documents alors produits ont constitué un premier niveau de précision en termes de repérage des zones potentiellement amiantifères (Cosquéric et al., 1997). En 2005, une première amélioration de cette connaissance a été réalisée à travers l'analyse de la densité de fracturation affectant les roches potentiellement amiantifères de Haute-Corse (Caballero et al., 2005). En 2006, une cartographie plus détaillée relative à la présence naturelle d'amiante dans l'environnement a été réalisée pour la moitié nord du département de la Haute-Corse avec, pour chacune des formations géologiques présentes, l'établissement d'un niveau de susceptibilité de présence d'amiante reposant sur la prise en

compte de plusieurs informations (existence avérée de roches amiantifères, types lithologiques principaux, compositions géochimiques, évolution tectonique et métamorphique). Les cinq niveaux considérés étaient « Nul à très faible », « Faible », « Moyen », « Fort à très fort » et « Variable ». Cette cartographie a notamment permis de montrer que la problématique de l'amiante présent naturellement dans l'environnement en Haute-Corse dépassait très largement le cadre des seules roches ultrabasiques et que d'autres types de roches devaient également être pris en considération (Lahondère, 2006).

Dans le cadre d'un partenariat entre la DDASS-2B, l'OEC et le BRGM, une carte géologique détaillée a été établie sur la commune de Murato dans le but de recenser les affleurements potentiellement amiantifères et susceptibles de libérer des fibres d'amiante dans l'air sous les effets de l'érosion naturelle et/ou des activités humaines. Les données recueillies sur le terrain et en laboratoire ont notamment montré que de l'amiante était présent d'une manière presque systématique dans les roches ultrabasiques (serpentinites et péridotites ± serpentinisées), mais aussi dans des roches considérées jusqu'alors comme non amiantifères ainsi que dans des formations meubles issues de l'altération supergène des roches ultrabasiques et basiques (Lahondère, 2007). Cet ensemble de travaux relatifs au département de la Haute-Corse s'est poursuivi à travers la réalisation d'une cartographie plus exhaustive des niveaux de susceptibilité de présence d'amiante, couvrant l'ensemble du département (Lahondère et al., 2010). En parallèle, des études ont été menées pour caractériser cette susceptibilité au niveau des communes de Bustanico et Corte (Lahondère et al., 2011a, 2011b), de l'agglomération de Bastia (Lahondère et al., 2013), la région du Nebbio (Gutierrez et al., 2016) et plus récemment dans le Cap Corse (Lahondère et al., 2020) et dans la région de Ponte Leccia (Coutin et al., 2020).

Pour ce qui concerne la France continentale, un travail à grande échelle avait été réalisé par le BRGM dès 2005 pour le compte de l'INVS (Dessandier et Spencer, 2005). À l'issue de cette étude, un premier recensement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères avait été établi à l'échelle de la France métropolitaine, à partir d'une étude documentaire bibliographique et cartographique (étude des cartes géologiques, consultation de la BSS<sup>7</sup>, consultation des géologues, carte des gîtes minéraux, dossiers de l'inventaire minier de la France). Les informations recueillies à l'issue de cette étude documentaire, assez disparates et loin d'être exhaustives<sup>8</sup>, ont néanmoins été traitées de telle manière à affecter à chacun des 28 sites naturels amiantifères recensés<sup>9</sup> un aléa décliné en cinq classes (de 0 : niveau d'aléa le plus faible à 4 : niveau d'aléa le plus fort). Les visites de terrain réalisées par la suite n'ont concerné que les sites localisés en France continentale (Maton et Colombano, 2007). Depuis, les études réalisées concernent les zones et départements suivants : Loire-Atlantique (Béchenec et al., 2010), Savoie (Blein et al., 2010), Isère (Lahondère et al., 2012a), Hautes-Alpes (Lahondère et al., 2012b), Massif armoricain (Béchenec et al., 2013), Pyrénées (Cagnard et al., 2015) ainsi que six zones du Massif Central (Limousin : Duron et al., 2020a ; Monts du Lyonnais : Duron et al., 2020b ; Auvergne : Duron et al., 2020c ; Morvan : Duron et al., 2020d ; Albigeois : Cagnard et al., 2020a ; Marche : Cagnard et al., 2020b), Vosges (Duron et Baptiste, 2020), Deux Sèvres (Duron, 2020), la Haute-Uriège (Plunder et al., 2021a), les massifs des Maures et du Tanneron (Plunder et al., 2021b), le Mercantour (Cagnard et al., 2022), les Alpes du nord (Cagnard et al., 2022) et la Corse du sud (en cours de publication), pour lesquels des cartographies de la susceptibilité de présence d'amiante dans l'environnement naturel à l'échelle 1/50 000 ont été finalisées.

<sup>7</sup> Banque de données du Sous-Sol.

<sup>8</sup> Il n'est pas impossible que certains gîtes ne soient pas recensés eu égard à la banalité du minéral.

<sup>9</sup> 19 en France continentale et 9 en Haute-Corse.

## 1.5. DEROULEMENT DE L'ETUDE

Le programme de la présente étude inclut trois phases successives. Les travaux réalisés ont pris comme base de travail la carte géologique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon (975) (Blein *et al.*, 2015) ainsi que les travaux d'Aubert de la Rüe (Aubert de la Rüe, 1950).

### 1.5.1. Phase 1

La première phase du projet a donc consisté à produire une première évaluation du « potentiel amiantifère » des roches de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, à partir des données géologiques les plus pertinentes. Au cours de cette synthèse, une attention particulière a été apportée à la recherche de toutes les informations relatives à la présence de minéraux fibreux, et ce pour toutes les formations géologiques identifiées sur la carte géologique de la zone concernée. Cette première évaluation a été faite en prenant en compte tous les paramètres favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes, tels que : la composition chimique et minéralogique des roches, l'importance des circulations de fluides, la nature des contacts géologiques et le type d'évolution structurale et métamorphique. Une analyse multicritère a été réalisée qui a permis d'attribuer, à l'issue de cette première phase et pour chaque formation géologique de cette carte géologique harmonisée, un niveau de susceptibilité prévisionnel décliné en quatre classes (1 : « nul à très faible », 2 : « faible », 3 : « moyen », 4 : « fort à très fort »). Ce niveau de susceptibilité prévisionnel a été attribué à tous les polygones de la carte géologique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

### 1.5.2. Phase 2

La deuxième phase est constituée de deux modules, avec des développements plus ou moins importants et spécifiques en fonction des connaissances déjà acquises.

Le premier module concerne les contrôles de terrain et la cartographie géologique. Les expertises sur le terrain ont été réalisées prioritairement sur des cibles identifiées à l'issue de la première phase de cette étude. Lors de cette étude sur le terrain, les principaux sites potentiellement amiantifères ont été expertisés afin d'établir une typologie de ces sites et de prélever des échantillons à des fins analytiques. Il a été ainsi permis d'évaluer les lithologies pouvant être amiantifères ainsi que leurs extensions cartographiques. La prise de photographies à différentes échelles (de l'affleurement à l'échantillon) doit permettre à terme de constituer une banque d'images.

Le second module concerne le volet analytique qui permet l'identification et la caractérisation précise des espèces minérales fibreuses, potentiellement asbestiformes, collectées sur les principaux sites visités. Les échantillons prélevés au cours des travaux de terrain sont représentatifs de tous les faciès potentiellement amiantifères identifiés sur le terrain, et incluent des faciès « solides » (roches sources peu à pas altérées) et meubles (issus de l'altération et de l'érosion des roches « sources »). Les échantillons ont généralement été photographiés avant d'être analysés.

Les outils analytiques utilisés sont le microscope optique à lumière polarisée (MOLP) et le microscope électronique à balayage (MEB, associé à un dispositif d'analyse chimique ponctuelle EDS). Sur les lames minces, des analyses ponctuelles ont été réalisées à la microsonde électronique dans le but de préciser les compositions chimiques des espèces minérales fibreuses étudiées.

### 1.5.3. Phase 3

La troisième et dernière phase du projet concerne la réalisation des produits contractuels attachés à la présente convention, soit :

- La réalisation d'une carte de susceptibilité de présence d'amiante pour les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. Les niveaux de susceptibilité représentés sur cette carte et affectés à chacune des formations géologiques sont des niveaux de susceptibilité dits « consolidés » car prenant en compte les expertises de terrain ainsi que les résultats des analyses. Les données numériques initiales relatives à la géologie sont retraitées de façon à générer une nouvelle couche d'informations exclusivement dédiée à la représentation des niveaux de susceptibilité de présence d'amiante consolidés. Ne seront pas traités dans cette étude : les formations détritiques meubles telles que les alluvions, les colluvions et les dépôts colluviaux de pente, les éboulis.

La production d'un rapport de synthèse détaillant les travaux ainsi que les résultats obtenus dans le cadre de ce projet. Les fiches de localisation des sites visités sur le terrain ainsi que les points GPS de ces affleurements sont présentés en Annexe 2 et Annexe 3 du présent rapport.

## 2. Phase 1 : évaluation préalable du potentiel amiantifère

La première phase du projet a consisté dans l'évaluation préalable du potentiel amiantifère des différentes formations géologiques présentes sur l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon (collectivité d'outre-mer 975).

Les principaux documents cartographiques pris en compte sont la carte géologique de Saint-Pierre-et-Miquelon (Blein et *al.*, 2015), issue des cartes géologiques à 1/50 000 éditées dans le cadre du programme national de la carte géologique de France, ainsi qu'en particulier les travaux de recherche d'Aubert de la Rüe (1950). La carte géologique de Saint-Pierre-et-Miquelon (Blein et *al.*, 2015) a ensuite servi de document de référence pour établir la cartographie de la susceptibilité de présence d'amiante (Illustration 1).

L'évaluation du potentiel amiantifère des formations géologiques de Saint-Pierre-et-Miquelon a été réalisée à partir d'une synthèse et d'une analyse multicritères des différents paramètres favorables à la cristallisation de minéraux fibreux, et ce pour chaque formation géologique identifiée sur la carte géologique de cette zone. Ces différents paramètres correspondent en particulier à la lithologie et à la géochimie des roches les plus représentées dans la formation géologique considérée, à la minéralogie de ces mêmes roches (minéralogie primaire et paragenèses métamorphiques secondaires), à la nature et à l'intensité des déformations éventuellement subies par ces roches au cours de leur évolution géologique, au caractère fragile et/ou ductile de ces déformations ainsi qu'aux caractéristiques de l'altération (importance, nature, produits d'altération). Une recherche bibliographique des indices indiquant l'existence de minéraux fibreux a été réalisée en parallèle. Cette recherche a notamment concerné les carrières et les mines existantes ou ayant existé ainsi que les affleurements remarquables décrits dans des revues minéralogiques spécialisées.

La synthèse des caractéristiques géologiques propres à chacune des formations représentées sur la carte géologique harmonisée, suivie d'une analyse multicritère, a ensuite permis de leur attribuer un niveau de susceptibilité décliné en quatre classes (*cf.* § 2.1.2.).

### 2.1. METHODOLOGIE

#### 2.1.1. Documents cartographiques utilisés

Pour réaliser la phase 1 du projet, nous nous sommes appuyés la carte géologique de Saint-Pierre-et-Miquelon (Illustration 1).

*Remarque :* Une carte géologique est réalisée à l'échelle de 1/50 000. Cette échelle constitue donc l'échelle de référence de cette synthèse. Si la version numérique de la carte géologique (fichiers pdf ou SIG) permet effectivement de « zoomer » et de visualiser un secteur précis à une échelle beaucoup plus fine que celle du 1/50 000, la précision attendue demeurera celle d'une carte à 1/50 000. Sur une carte géologique à 1/50 000, la précision des limites représentées dépend des conditions d'affleurement sur le terrain. Cette précision peut varier de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres.

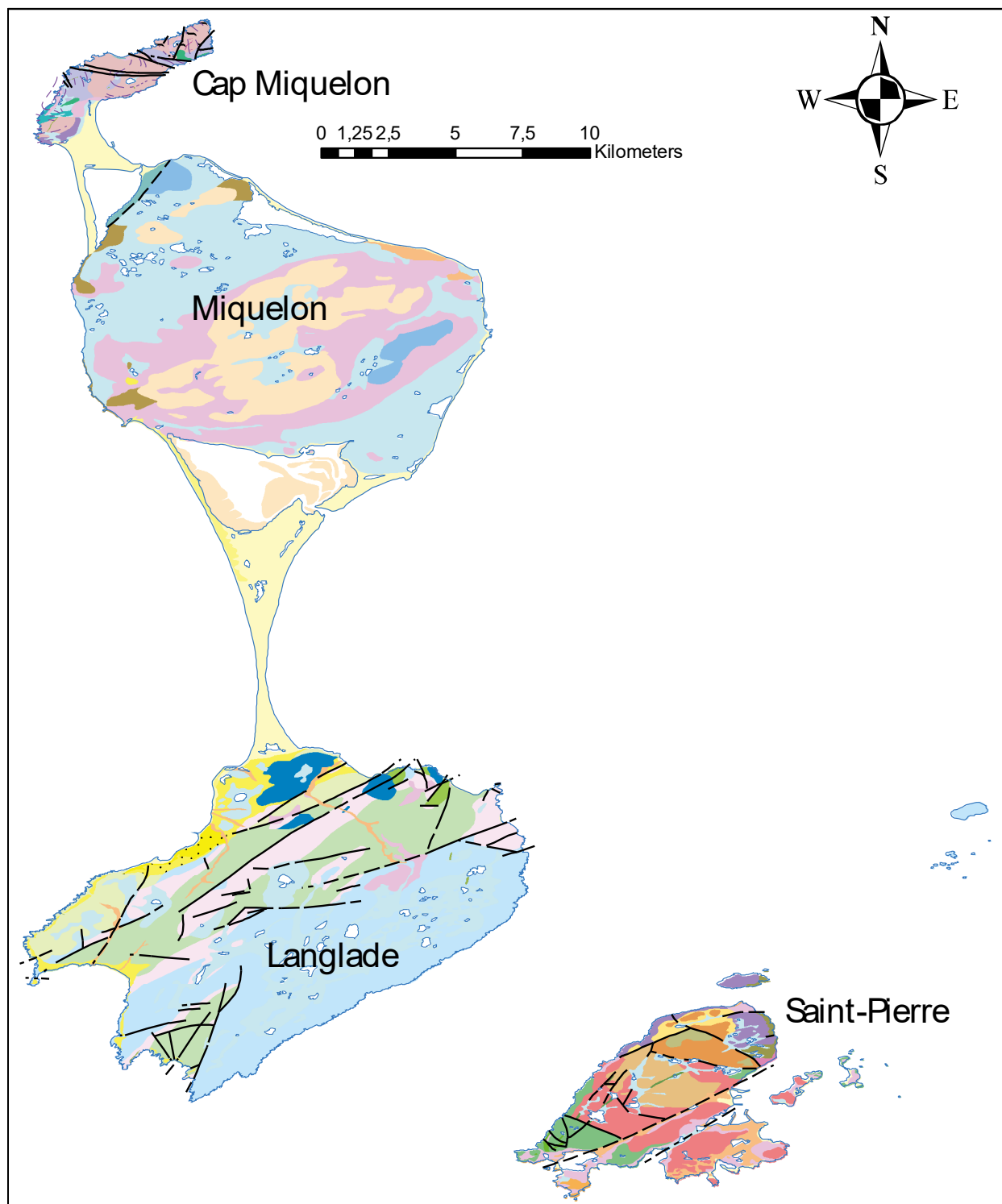


Illustration 1 : Carte géologique à 1/50 000 de Saint-Pierre-et-Miquelon (Blein et al., 2015).

D'un point de vue géologique, l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon est constituée de roches métamorphiques protérozoïques et de roche plutonique néoprotérozoïques pour la zone de Cap Miquelon, des roches volcaniques néoprotérozoïques (édiacariennes) pour les zones de Miquelon et Saint-Pierre et de roches sédimentaires paléozoïques et de roches filoniennes pour Langlade.

### 2.1.2. Niveaux de susceptibilité considérés

Dans leur étude relative au « *recensement et au classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France* », Dessandier et Spencer (2005) avaient défini 5 classes d'aléa de présence d'amiante dans les formations géologiques, numérotées de 0 (niveau d'aléa le plus faible) à 4 (niveau d'aléa le plus fort). Cette définition a été reprise dans le rapport de Daniau et *al.* (2008) relatif à « *l'exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale* ». Dans cette classification, les formations géologiques de type « serpentinites », classiquement porteuses d'amiante, sont dotées d'un aléa 3 (« *Forte probabilité de présence de minéraux amiantifères* ») et les anciennes exploitations et affleurements avérés d'amiante dotés d'un aléa 4 (« *Présence avérée de minéraux amiantifères* »).

Dans le cadre de l'établissement de la première phase de cartographie de l'aléa amiante environnemental en Haute-Corse, Lahondère (2006) proposait la prise en compte de 5 classes d'aléa sensiblement différentes de celles proposées par Dessandier et Spencer (2005).

Les cartographies de l'aléa réalisées en 2010 en Savoie (Blein et *al.*, 2010), en Haute-Corse (Lahondère et *al.*, 2010) et en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) ont permis d'adopter d'une manière définitive les niveaux d'aléas relatifs à la présence d'amiante dans les environnements naturels (Illustration 2).

La classe d'aléa de niveau 1 correspond aux formations géologiques dans lesquelles aucun indice d'amiante n'est actuellement connu et pour lesquelles la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères est nulle à très faible.

La classe d'aléa de niveau 2 correspond aux formations géologiques dans lesquelles des occurrences d'amiante très localisées et exceptionnelles sont connues.

La classe d'aléa de niveau 3 correspond aux formations géologiques dans lesquelles les occurrences d'amiante sont plus fréquentes mais encore localisées et non systématiques.

La classe d'aléa de niveau 4 correspond aux formations géologiques dans lesquelles les occurrences d'amiante sont très nombreuses et pour lesquelles la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères est forte.

**Ces quatre classes sont celles qui ont été prises en compte dans cette étude. Le terme aléa, retenu dans les premières études, a été remplacé par la notion de susceptibilité de présence d'amiante (Illustration 3).**

Cartographie de l'aléa Amiante environnemental en Haute-Corse		Recensement et classement des sites naturels et formations géologiques potentiellement amiantifères en France. Phase 2 : diagnostics de 20 sites		Cartographie de l'aléa Amiante environnemental dans les départements de la Haute-Corse, de la Loire-Atlantique et de la Savoie	
Lahondère (2006)		Maton et al. (2007)		Lahondère et al. (2010) Blein et al. (2010) Béchenec et al. (2010)	
Classe d'aléa	Définition de la classe d'aléa	Classe d'aléa	Définition de la classe d'aléa	Classe d'aléa	Définition de la classe d'aléa
1	Nul à très faible	0	Absence d'occurrence de minéraux amiantifères	1	Absence d'occurrence de minéraux amiantifères
2	Faible	1	Faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	2	Faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères
3	Moyen	2	Probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères	3	Probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères
4	Fort à très fort	3	Forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	4	Forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères
5	Variable	4	Présence avérée de minéraux amiantifères		

Illustration 2 : Définition des classes d'aléa retenues (colonnes de droite).

Cartographie de la susceptibilité de présence d'amiante dans le Massif Central	
Duron et al. (2020) Cagnard et al. (2020)	
Niveau de susceptibilité	Définition du niveau de susceptibilité
1	Absence d'occurrence de minéraux amiantifères
2	Faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères
3	Probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères
4	Forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères

Illustration 3 : Définition des niveaux de susceptibilité retenus.

### 2.1.3. Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales et des coupures géologiques à 1/50 000

De nombreuses études ont montré que les occurrences d'amiante étaient abondantes dans les roches ultrabasiques (ex : lherzolites, péridotites ± serpentinisées, serpentinites, ...) plus ou moins métamorphiques. Néanmoins, des fibres d'amiante peuvent également être présentes dans des roches basiques plus ou moins métamorphiques (gabbros, basaltes, andésites, ophites, etc.), dans des dolomies et des calcaires magnésiens métamorphiques, dans des formations

métamorphiques riches en fer (« *Banded Iron Formation* ») et, d'une manière plus anecdotique, dans des intrusions alcalines ou des carbonatites (Van Gosen, 2007 ; Hendricks, 2008 ; Lahondère et *al.*, 2010).

Des fibres d'amiante peuvent également être observées dans des formations meubles associées au démantèlement et à l'altération supergène des lithologies citées précédemment.

Aussi, en première approche, une recherche par mots-clés a été réalisée à partir de la notice explicative de la carte géologique départementale harmonisée à 1/50 000 et des notices explicatives des coupures géologiques à 1/50 000, de façon à obtenir une première sélection des formations potentiellement amiantifères.

Les mots-clés utilisés pour la zone d'étude sont indiqués ci-dessous (Illustration 4).

<b>Adjectifs</b>	basique
	ultrabasique
	méta-carbonaté
	méta-dolomitique
	serpentinisé
	fibreux
<b>Facès pétrographiques</b>	gabbro
	basalte
	lamprophyre
	roche volcanique
	tuf
	marbre
	méta-carbonate
	cipolin
	andésite
	serpentinite
	talcschiste
	skarn
	péridotite
	amphibolite
	éclogite
	chloritoschiste
	épisyénite
dolérite	
ophicalcite	
<b>Phases minérales</b>	actinolite
	trémolite
	amphibole
	crossite
	crocidolite
	serpentine
	lizardite
	antigorite
	chrysotile
	grunérite
	amosite
	riébeckite
	anthophyllite
talc	
<b>Termes génériques</b>	amiante
	asbeste

Illustration 4 : Principaux mots-clés utilisés dans l'analyse multicritère.

Une analyse multicritère a été réalisée pour les formations sélectionnées à l'issue de l'analyse des mots-clés. La méthodologie appliquée est détaillée en Annexe 1 de ce rapport.

## 2.2. RESULTATS DE L'ANALYSE

### 2.2.1. L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon

#### **Résultats de l'analyse par mots-clés :**

À l'issue de l'analyse par mots-clés, 8 caissons (ou formations géologiques) de la carte géologique harmonisée de Saint-Pierre-et-Miquelon ont été identifiés comme contenant au moins un de ces mots-clés. Ces 8 formations géologiques sont donc considérées comme susceptibles d'être les hôtes d'occurrences fibreuses asbestiformes. Ces formations, ainsi que les formations non identifiées comme contenant au moins un mot clé, ont été soumises à l'analyse multicritère.

#### **Résultats de l'analyse multicritère**

L'analyse multicritère a été réalisée sur la base de fichiers numériques ArcGis pour la carte géologique harmonisée de Saint-Pierre-et-Miquelon et de sa notice.

L'application de l'analyse multicritère a conduit aux résultats suivants :

- 21 formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible » ;
- 3 formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible » ;
- 5 formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen » ;
- Aucune formation géologique n'a été dotée d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ».

Par ailleurs, 3 formations géologiques ont été affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « variable » ; il s'agit de 3 formations superficielles correspondant à des formations alluvionnaires ou des moraines. Du fait de la variabilité des contenus lithologiques (blocs, galets) que peuvent contenir ces formations géologiques, il n'est pas possible de leur attribuer un niveau de susceptibilité de présence d'amiante, à l'échelle du 1/50 000. Ces formations géologiques ne seront donc pas traitées dans cette étude (Illustration 5).

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	NSPA-prévisionnel
10	2	Mz	Dépôts littoraux post-glaciaires : Sables et galets	999
30	5	Gyb	Till glaciaire et dépôts péri-glaciaires de Wisconsinien	999
61	9	<sup>1</sup> q	Sables grossiers à galets et blocs anguleux	999

Illustration 5 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « variable » (codes 998-999 sur la carte de NSPA prévisionnel).

Les 3 formations affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible » correspondent à des formations géologiques constituées de basaltes, d'andésites et de brèches volcaniques (Illustration 6).

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	Affleurements	NSPA-prévisionnel
32	11	vβ	Formation du Cap aux Morts : Basaltes vésiculés	975B016	2
45	18	<sup>6</sup> αβI	Formation de Belliveau : Andésites et brèches andésitiques	975B017	2
22	30	<sup>1</sup> β <sup>2</sup>	Formation de la Pointe du Diamant : Basaltes et brèches volcaniques	975B001 975B018	2

Illustration 6 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible ».

Les 5 formations affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen » correspondent à des formations géologiques constituées de filons de dolérites, de diorites et d'amphibolites (Illustration 7).

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	Affleurements	NSPA-prévisionnel
23	19	dβθ	Filons de dolérites et de gabbros de type I	975B002	3
24	20	dβ	Filons de dolérites de type II	975B003	3
4	31	dβ <sup>1</sup>	Filons de dolérites (Mésozoïque?)	975B008 975B015	3
7	33	η <sup>T</sup>	Diorite de l'Anse à la Vierge	975B011 975B012	32
52	36	δ	Amphibolites interstratifiées (sills et coulées)	975B004 975B005 975B006 975B007 975B019	2

Illustration 7 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ».

Aucune formation n'a été affectée d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort » sur l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

Une fois l'analyse multicritère réalisée, il a été possible de produire une première carte des niveaux de susceptibilité de présence d'amiante prévisionnels pour l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon. Les polygones caractérisés par un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible à très faible », « faible » et « moyen » sont respectivement représentés sur cette carte prévisionnelle en jaune clair, jaune orangé et orange. Les polygones auxquels un niveau de susceptibilité prévisionnel variable a été affecté sont représentés en bleu (Illustration 8). Cette carte est un document de travail préliminaire susceptible d'être largement modifié à l'issue des expertises des affleurements et des analyses acquises à partir des échantillons prélevés au cours des visites.

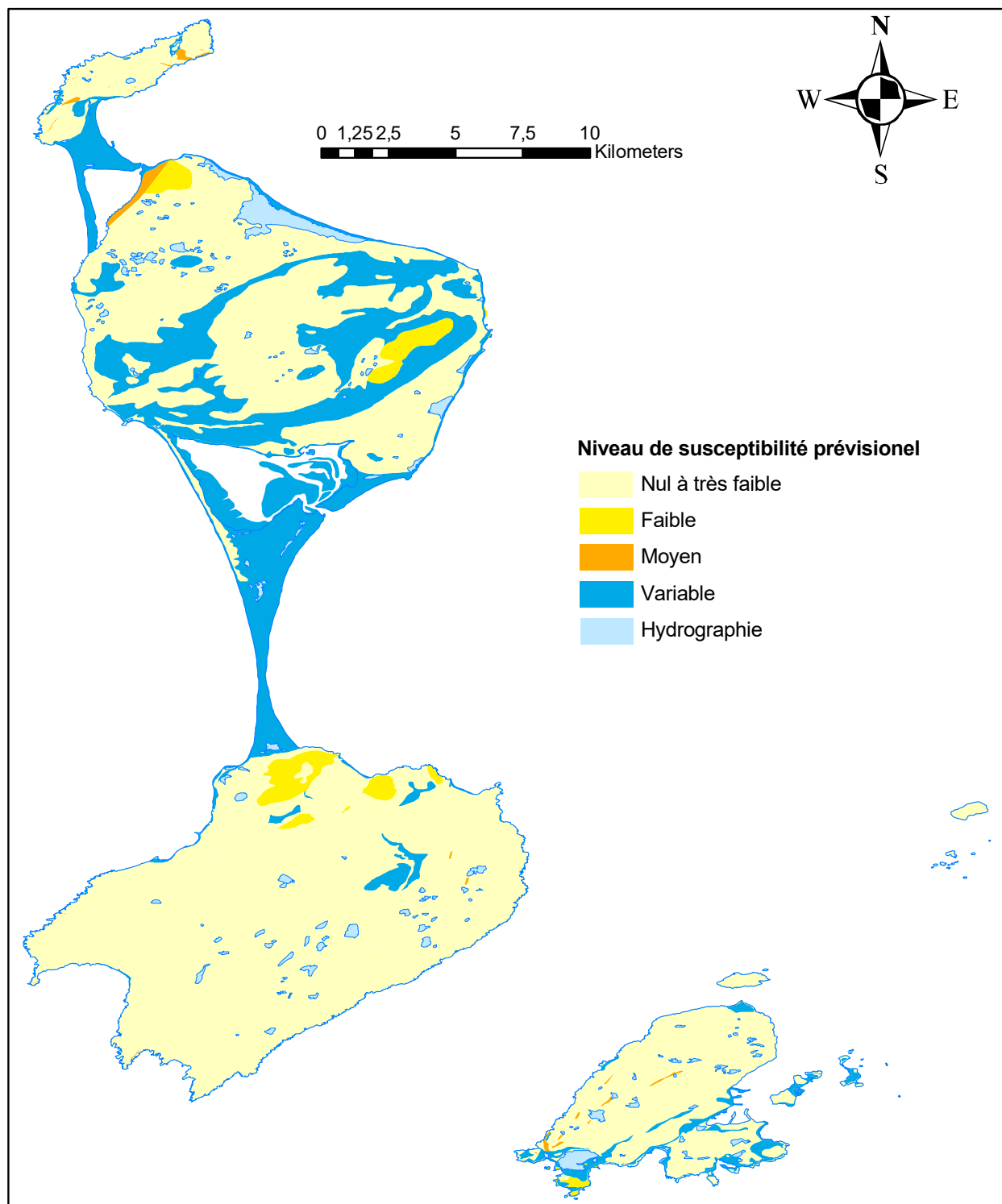


Illustration 8 : Carte de la susceptibilité prévisionnelle de présence d'amiante pour l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

### 2.2.2. Identification des cibles à expertiser et élaboration des fiches

La préparation des missions sur le terrain a donné lieu à l'établissement de fiches descriptives pour les cibles géologiques identifiées. Chaque fiche comporte la localisation de la cible sur une carte superposant la carte IGN et la carte géologique harmonisée du département concerné. La

localisation de cette fiche sur l'emprise du département concerné est également représentée. Ces fiches de travail ont par la suite été mises à jour pour présenter dans leur version définitive la localisation des sites visités et expertisés dans le cadre de l'étude. Ces fiches sont présentées dans leur intégralité en annexe 3 du présent rapport.

Les expertises de terrain ont donc été préparées de telle manière à permettre la reconnaissance d'une majorité des formations géologiques potentiellement amiantifères, et également de valider les différents niveaux de susceptibilité prévisionnels, préalablement affectés aux différentes formations géologiques de la carte géologique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.



### 3. Phase 2 : expertises de terrain et analyses en laboratoire

Les phases de contrôle de terrain ont été réalisées par O. Blein entre le 15 et le 27 Août 2022.

Les formations géologiques affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 2 et 3 (« faible » et « moyen ») ont été expertisées sur le terrain. Au cours de cette mission de terrain, 19 sites ont été visités et géoréférencés. Les coordonnées GPS des points d'affleurement visités sont indiquées dans l'Annexe 2 du présent rapport.

Trente lames minces polies (LM) ont été réalisées et étudiées par microscopie optique (MOLP : Microscopie Optique à Lumière Polarisée). 8 d'entre elles ont fait l'objet d'analyses ponctuelles effectuées à la microsonde électronique (MSE). Trois échantillons ont fait l'objet d'analyses au Microscope Electronique à Balayage (MEB).

Les trente lames minces ont été fabriquées à partir d'échantillons de roches provenant de différentes formations géologiques, prélevées dans l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

Les principales formations géologiques concernées correspondent principalement à :

- Des amphibolites
- Des dolérites
- Des gabbros
- Des diorites
- Des trondhjémites

Les analyses par microsonde électronique ont été réalisées sur une microsonde CAMECA SXFive à canon tungstène, équipée de 5 spectromètres à sélection d'énergie (WDS). Les analyses ont été réalisées à 15 kV / 12 nA. Le silicium (Si), l'aluminium (Al), le sodium (Na) et le magnésium (Mg) ont été analysés sur des cristaux TAP. Le potassium (K), le titane (Ti), le calcium (Ca) et le chrome (Cr) ont été analysés sur des cristaux PET. Le fer (Fe) et le manganèse (Mg) ont été analysés sur un cristal LiF. Tous les éléments ont été analysés en raie La, temps de comptage 10 sec / pic et 5 sec/fond continu.

Les analyses par microscopie électronique à balayage (MEB), à HV = 15 kV (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), ont été effectuées en utilisant un MEB TESCAN MIRA 3 XMU. Des images en électrons secondaires (SE) et/ou en électrons rétrodiffusés (BSE) sont réalisées pour chaque échantillon à des grossissements adaptés.

La liste des échantillons analysés par microscopie optique, microsonde électronique, et microscopie électronique à balayage est consultable dans le tableau ci-après (Illustration 9).

échantillon	lithologie	MOLP	MSE	MEB
975B01	basalte	x		
975B02A	gabbro + fibres	x	x	x
975B02B	gabbro + fibres	x		x
975B03	gabbro	x		
975B05	amphibolite	x		
975B06	pillow amphibolitique	x		
975B07	gabbro à épidote	x		
975B08A	dolérite	x		
975B08B	trondhjémite	x		
975B09A	quartzite	x		
975B09B	amphibolite	x	x	
975B10	amphibolite	x	x	
975B11	diorite	x	x	
975B12	diorite	x		
975B13	gabbro + veine fibres	x	x	
975B14A	amphibolite	x		
975B14B	quartzite	x	x	
975B15	gabbro + veine fibres	x		x
975B16	basalte	x		
975B17	basalte vésiculaire épidotisé	x		
975B18	tuf pyroclastique basique	x		
975B19	amphibolite	x	x	

Illustration 9 : Liste des échantillons prélevés dans l'Archipel de Saint Pierre et Miquelon et analysés par microscopie optique (MOLP), microsonde électronique (MSE), microscopie électronique à balayage (MEB)

### 3.1. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « FORT A TRES FORT »

Aucune formation présentant un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort » n'avait été identifiée dans l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon.

### 3.2. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « MOYEN »

Les cinq formations géologiques de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible » correspondent principalement à : (i) des amphibolites [52], (ii) des diorites tels « la Diorite de l'Anse à la Vierge » [7], et (iii) des dolérites [23], [24], [4] (Illustration 9).

### 3.2.1. Les amphibolites [52]

#### **Description sur le terrain**

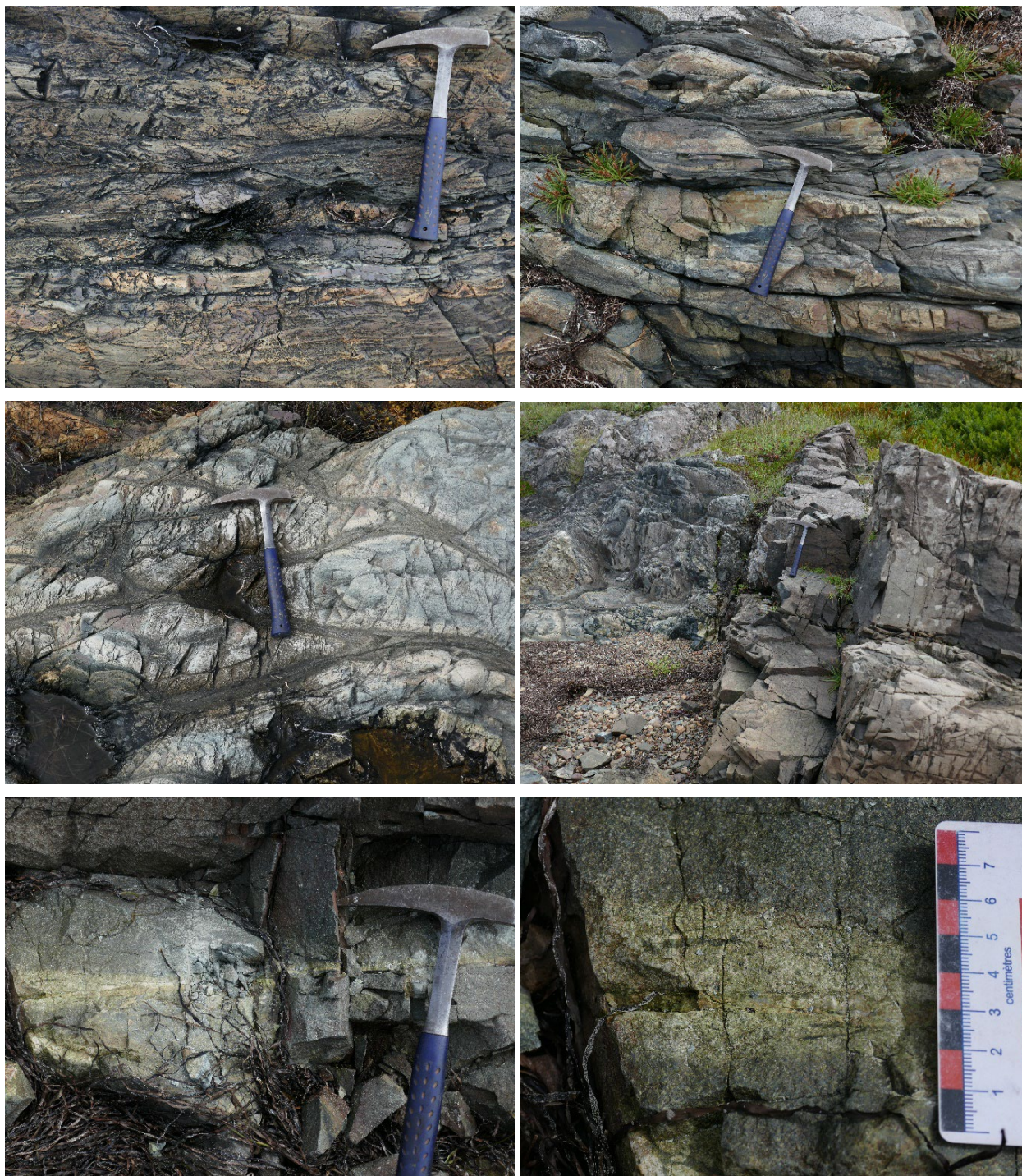
Les amphibolites affleurent largement dans le secteur du Cap Miquelon et sur Miquelon, au Sud du Grand Etang, sur de grandes surfaces. Ces faciès amphibolitiques se retrouvent également en niveaux métriques isolés au sein des métaquartzites qui forment l'essentiel des roches supracrustales formant le Cap Miquelon.

Au Sud du Grand Etang, le Groupe du Cap Miquelon se compose d'amphibolites et d'amphibolites à quartz, à degré de recristallisation variable, recoupés par des filons de dolérite et de diorite (Illustration 10). Dans les niveaux les moins recristallisés, des structures en pillow lava sont encore conservées (Illustration 10). Localement, on note la présence de veines riches en épidote liées à la circulation de fluides hydrothermaux (Illustration 10).

Les amphibolites représentent d'anciens basaltes faiblement porphyriques avec des lattes de plagioclases totalement recristallisées. Les amphibolites à quartz de distinguent des amphibolites par leur grain fin et la présence de quartz globuleux. Il pourrait s'agir d'anciens basaltes dont les vacuoles auraient été comblées par du quartz.

Des amphibolites et des amphibolites à quartz affleurent également à l'Est du Petit Bec, sur Cap Miquelon, en niveaux pluri-métriques au sein des métaquartzites (Illustration 11).

Ces amphibolites représentent d'anciens basaltes plus ou moins porphyriques.



*Illustration 10 : Amphibolites (haut-gauche, 975B005 ; haut-droite, 975B006) ; Amphibolites à structure en pillow déformés (milieu-gauche, 975B007) ; Filon de dolérite) intrusif dans les amphibolites (milieu droite, 975B007) ; Veines à épidote (bas-gauche et droite, 975B007).*



Illustration 11 : Secteur Est de la Pointe Petit Bec (Cap Miquelon) - Affleurement 975B019.

### Analyses en laboratoire

Au MOLP, **la lame mince 975B005** correspond à une amphibolite quartzo-feldspathique à quartz avec de petites amphiboles losangiques pléochroïques mais non fibreuses (Illustration 12). Une légère orientation des minéraux est visible. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP ni à la microsonde électronique. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

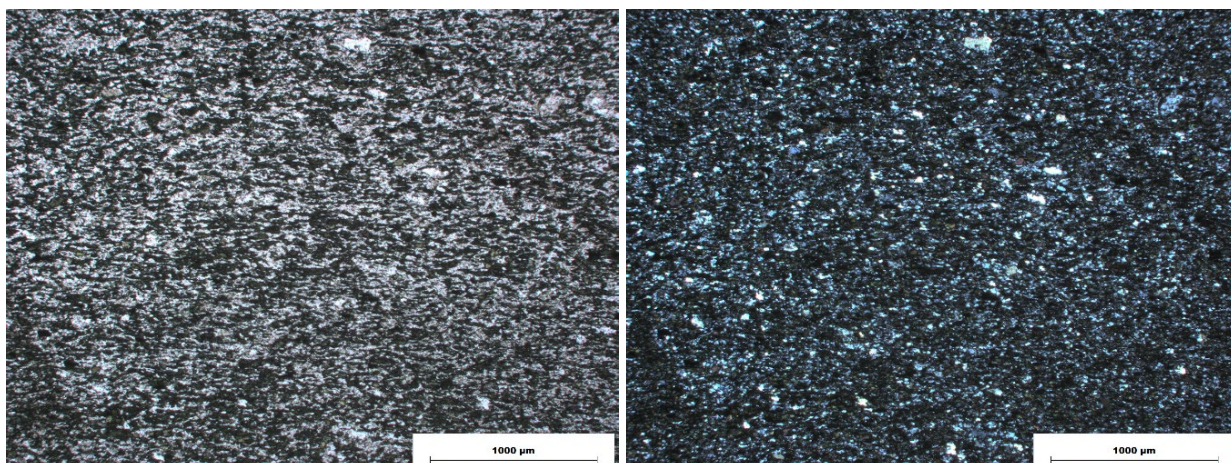


Illustration 12 : Amphibolite quartzo-feldspathique. Lame 975B005 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Au MOLP, **la lame mince 975B006** correspond à un faciès microgrenu à amphibole, clinopyroxène avec une forte chloritisation ( $\mu$ diorite/ $\mu$ gabbro) (Illustration 13). Quelques épidotes ont été observées. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP ni à la microsonde électronique. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

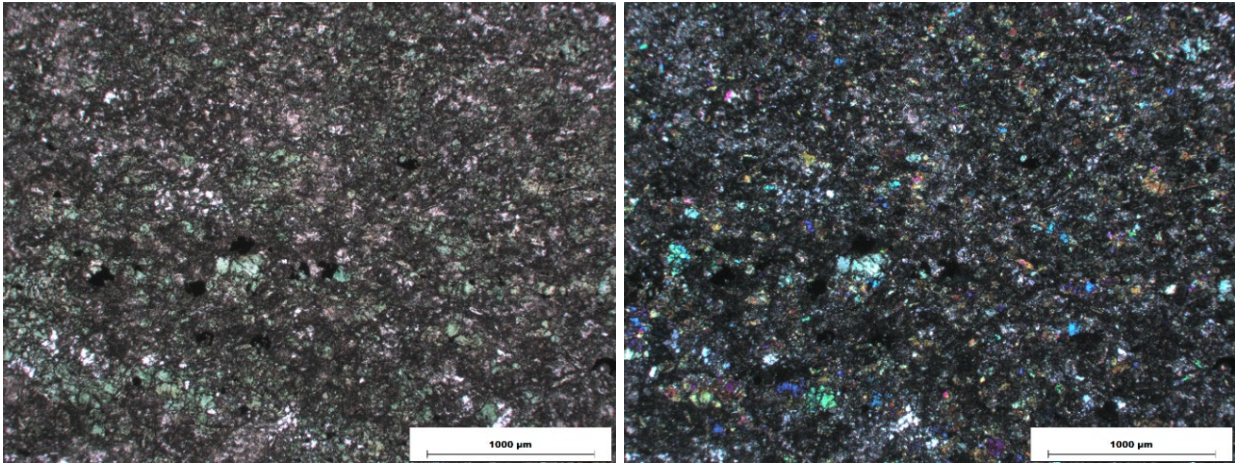


Illustration 13 : Meta  $\mu$ -diorite/gabbro amphibolitisé. Lame 975B006 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Au MOLP, la lame mince 975B019 correspond à une amphibolite. Les amphiboles se présentent en cristaux losangiques ou en fines baguettes fortement orientés (Illustration 14). Ils sont isolés ou en agrégats. Ils constituent plus de 60% de la roche. Les amphiboles observées au MOLP ont été analysées à la microsonde électronique. Ces amphiboles sont associées à des plagioclases, des oxydes, et quelques cristaux de quartz. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP et à la microsonde électronique.

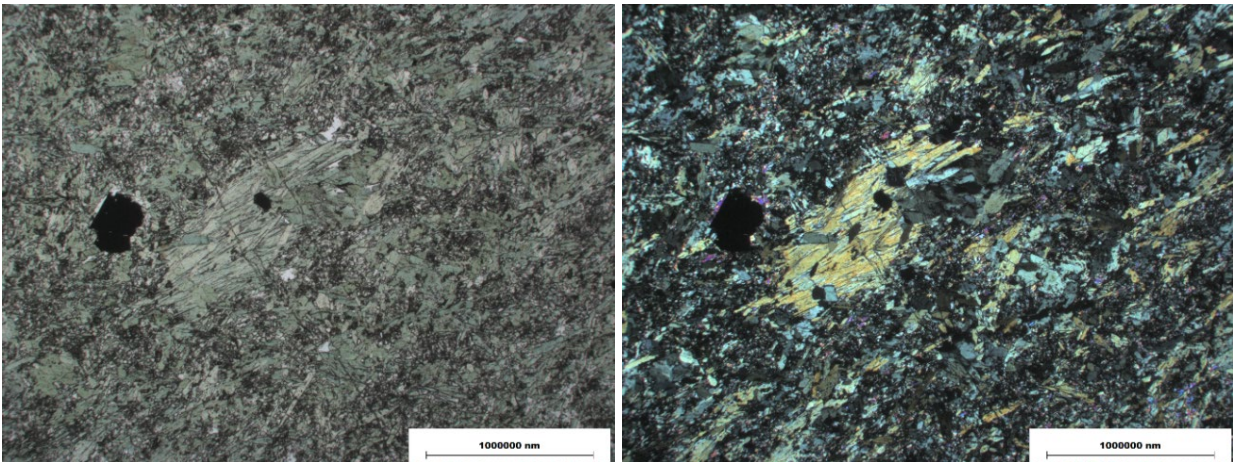


Illustration 14 : Amphibolite. Lame 975B019 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Les amphiboles de l'amphibolite 975B019 ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent des compositions de magnésio-hornblendes (Illustration 15).

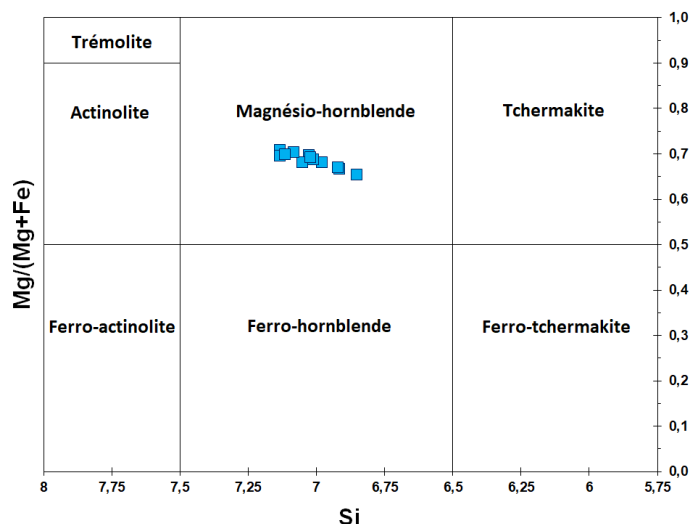


Illustration 15 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B019.

### Conclusions pour les amphibolites :

Les quelques amphiboles présentes dans l'échantillon 975B006 ne présentent pas les caractéristiques dimensionnelles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Cet échantillon n'est pas amiantifère.

Les amphiboles présentes dans l'échantillon 975B019 ont des compositions de magnésio-hornblendes, et ne correspondent pas à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante. De plus leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Cet échantillon n'est pas amiantifère.

### 3.2.2. La Diorite de l'Anse à la Vierge [7]

#### Description sur le terrain

Cette diorite forme deux petits massifs visibles dans les falaises et sur la crête dominant l'anse à la Vierge. Il s'agit d'une roche mélanocrate riche en amphibole, dans laquelle la biotite est en proportion variable. Le faciès du cœur du massif est une diorite à amphibole verte abondante et rare biotite. Sa texture est grenue, équante et xénomorphe. Les cristaux d'amphibole, généralement très frais, sont poëcilitiques autour de petites lattes de plagioclase, de quelques lamelles de biotite souvent chloritisée et d'opaques (magnétite). Entre les amphiboles, les plagioclases forment des assemblages polycristallins souvent affectés par une altération mixte (mica blanc et épidote), qui soulignent localement les cœurs plus calciques à contours francs et polygonaux des cristaux.

La diorite de l'Anse à la Vierge est localement associée à des faciès leucocrates de la trondhémite du Cap Blanc, dans une brèche magmatique (Illustration 16).



*Illustration 16 : Diorite dans une brèche magmatique sur les crêtes de Cap Miquelon (Affleurement 975B011 ; ligne haut, gauche & droite) et sur l'estran de l'Anse à la Vierge (Affleurement 975B012 ; ligne bas, gauche & droite).*

### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, **la lame mince 975B011** correspond à une diorite à texture grenue, non déformée (Illustration 17). Elle est constituée d'amphiboles vertes automorphes, de plagioclases, de biotites et de quelques quartz. L'amphibole est le minéral ferro-magnésien le plus abondant et elle se présente en grandes plages. Le plagioclase a un aspect brouillé dû à une forte altération caractérisée par l'association de micas blancs, d'épidote et de chlorite. La biotite est fortement chloritisée. La chlorite se présente également en plages interstitielles. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le sphène, les opaques, et l'épidote. Les amphiboles ne sont pas fibreuses au MOLP.

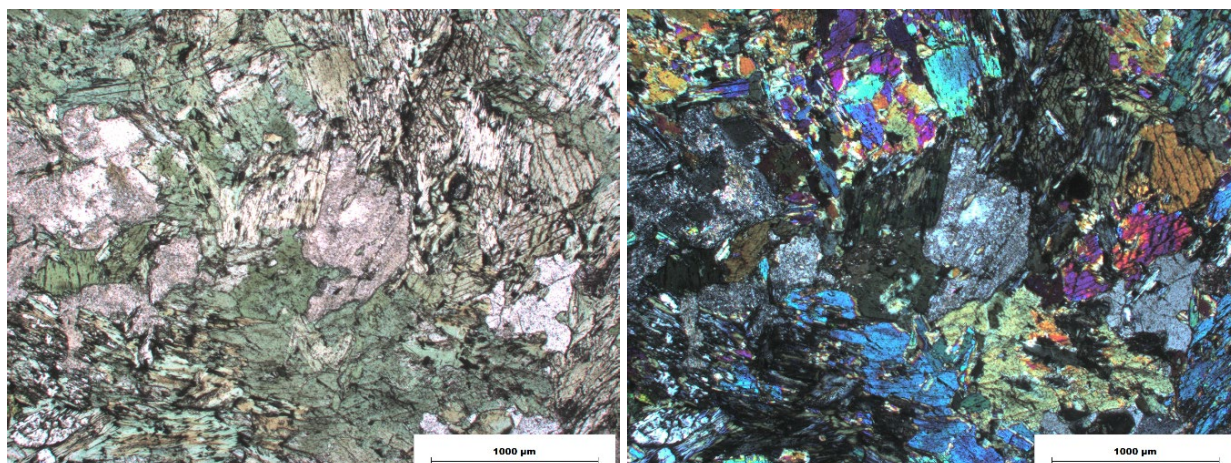


Illustration 17 : Diorite. Lame 975B011 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions d'anphophyllite et de magnésio-hornblende (Illustration 18).

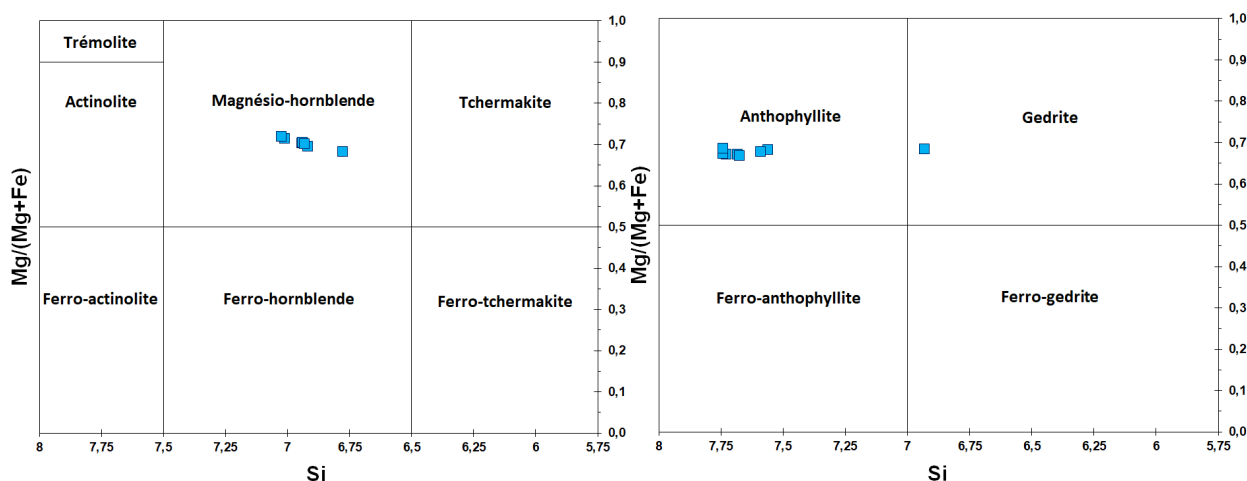


Illustration 18 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B011.

Au MOLP, la lame mince 975B012 correspond à une diorite à texture grenue, non déformée (Illustration 19). Elle est constituée d'amphiboles vertes automorphes, de plagioclases, de biotites et de quelques quartz. L'amphibole est le minéral ferro-magnésien le plus abondant et elle se présente en grandes plages. Le plagioclase a un aspect brouillé dû à une forte altération caractérisée par l'association de micas blancs, d'épidote et de chlorite. La biotite est fortement chloritisée. La chlorite se présente également en plages interstitielles. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le sphène, les opaques, et l'épidote. Les amphiboles de cette lame mince ne sont pas fibreuses au MOLP. Elles n'ont donc pas fait l'objet d'analyses complémentaires à la microsonde électronique.

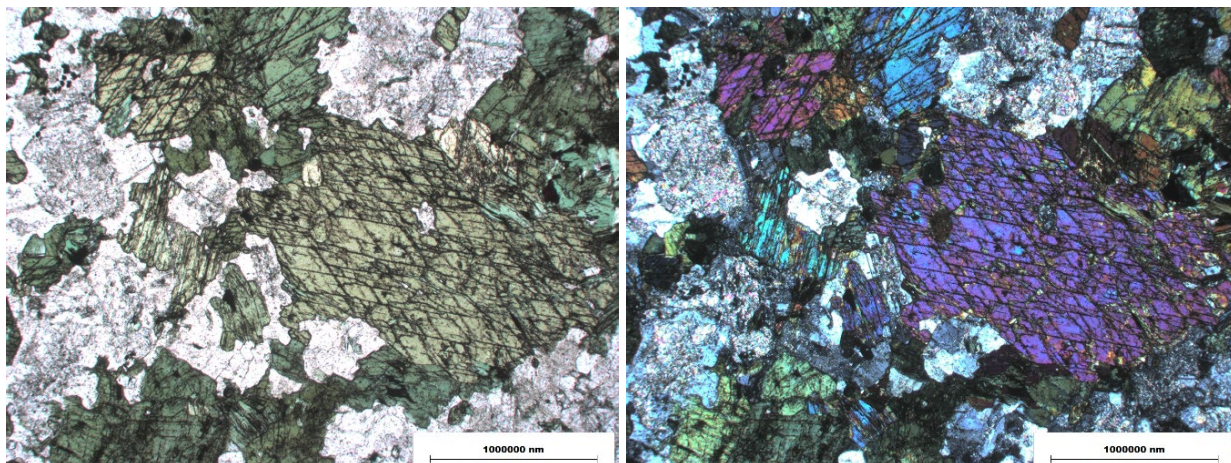


Illustration 19 : Diorite. Lame 975B012 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

**Conclusions pour les diorites d'Anse à la Vierge** : Les amphiboles présentes dans la lame mince 975B011 ont des compositions de magnésio-hornblendes et d'anthophyllites correspondant à une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Cet échantillon ne présente pas de fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Toutefois il est susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage peuvent correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'amiante de par leur composition chimique d'anthophyllite.

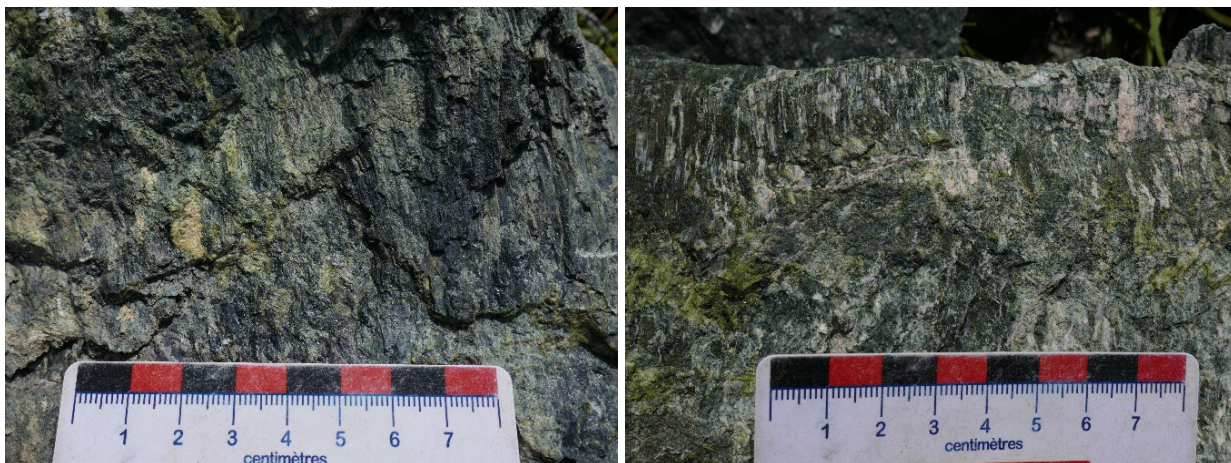
### 3.2.3. Les filons de dolérites et de gabbros de type I [23]

#### **Description sur le terrain**

Les filons de gabbros sont abondant entre la Verrue (nord de la Pointe de Savoyard) et la Pointe de Savoyard. Ils recoupent les tufs pyroclastiques acides de la Formation du Cap aux Basques, mais ne semblent pas recouper les formations sus-jacentes de la Vigie, du Cap Rouge et du Trépied. Il s'agit de dykes basiques et de petites intrusions métriques à plurimétriques, voire décamétriques. Les observations ont été effectuées principalement sur la côte au Cap à Brossard.

Au Cap à Brossard (Illustration 20), un large filon de gabbro massif recoupe des ignimbrites bréchiques. Il s'agit d'un gabbro mélanocrate massif avec des plans de déformations caractérisés par la présence d'épidote, de calcite et d'amphiboles fibreuses.

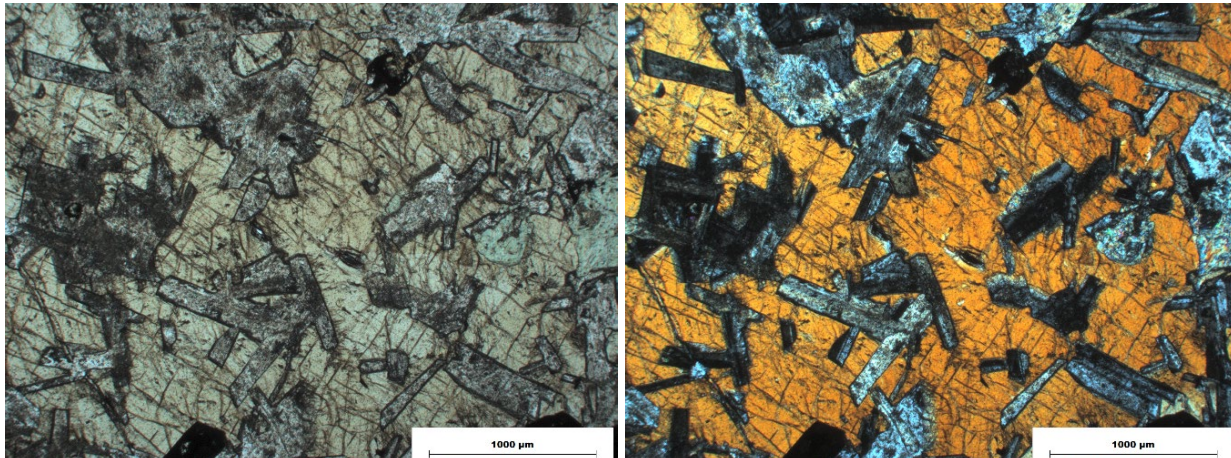




*Illustration 20 : Filon de gabbro affleurant sur l'estran au niveau du Cap à Brossard (haut-gauche ; 975B002) ; Plans de déformation affectant le gabbro et caractérisés par la présence de chlorite, d'épidote et de minéraux fibreux, pouvant faire penser à des actinolites fibreuses (haut-droite ; bas). Affleurement 975B002.*

### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, la lame **975B002A** correspond à un gabbro à texture grenue constitué de clinopyroxènes, de plagioclases et d'opacques (Illustration 21). Les clinopyroxènes se présentent en grandes plages englobant les plagioclases. Les plagioclases sont séricitisés. Les clinopyroxènes sont frais dans ce faciès de gabbro massif. En position interstitielle, de la chlorite peut être observée localement. L'amphibole n'a pas été observée dans cette lame mince au MOLP. Les minéraux accessoires sont l'apatite et l'épidote.



*Illustration 21 : Gabbro cumulatif à plagioclase et clinopyroxène. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B002A (gauche et droite : LPNA).*

Ce gabbro doléritique est recoupé par des plans dont certains portent des minéraux fibreux. Les fibres massives vertes de certains plans ont été étudiées au MEB, de façon à caractériser leur morphologie et leur composition. Les images acquises au microscope électronique à balayage montrent la présence de fibres massives non asbestiformes, et présentent une composition de chlorite (Illustration 22).

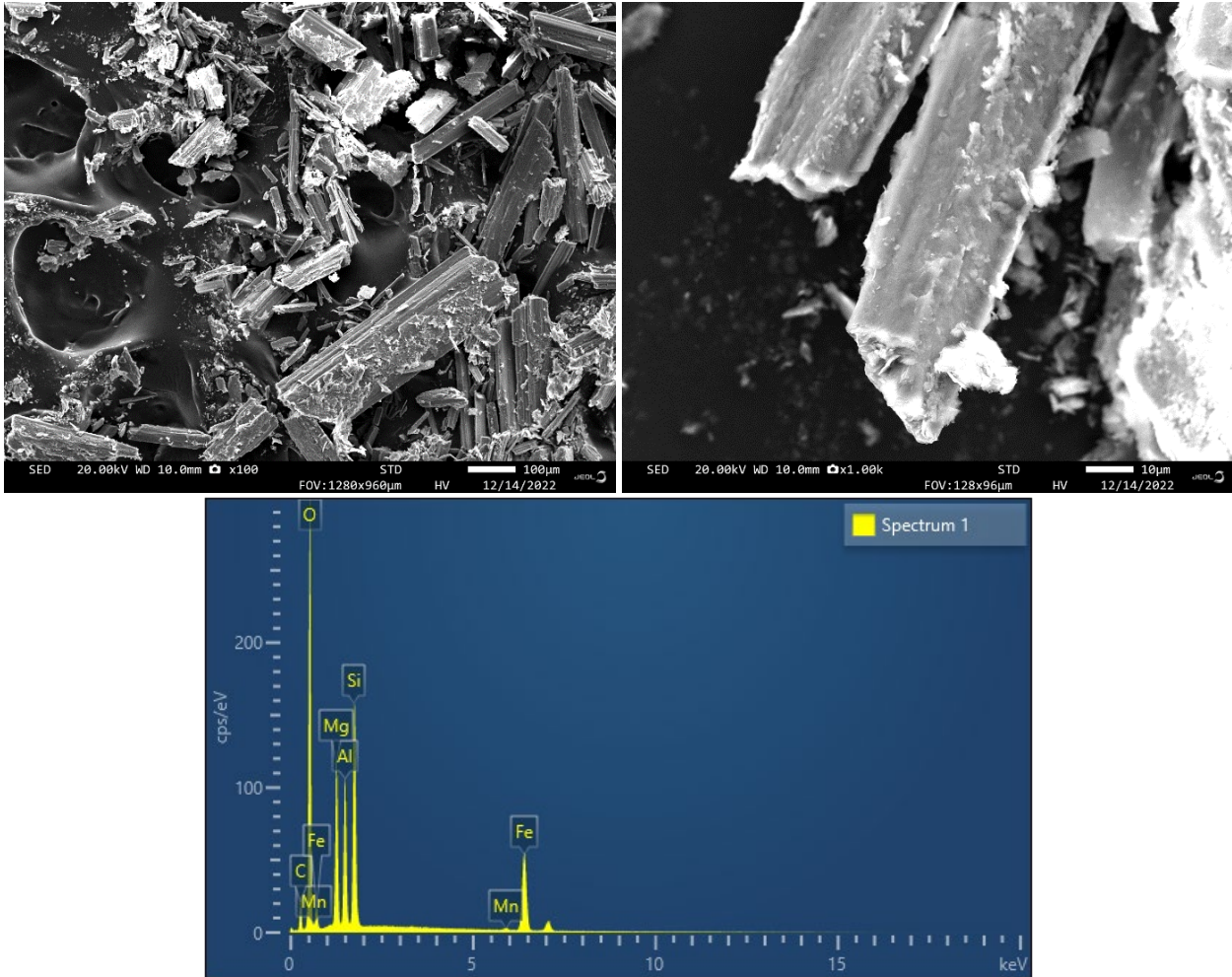


Illustration 22 : Images et exemple de spectre obtenu au MEB sur l'échantillon 975B002A.

Au MQLP, la lame 975B002B correspond à un gabbro à texture grenue constitué de clinopyroxènes, de plagioclases et d'opacques (Illustration 23). Les clinopyroxènes se présentent en grandes plages englobant les plagioclases. Les plagioclases sont fortement séricitisés. Les clinopyroxènes présentent parfois une bordure liée à une altération hydrothermale. Cette bordure est constituée de minéraux d'aspect fibreux, vraisemblablement des amphiboles (Illustration 23). En position interstitielle, de l'épidote et de la chlorite sont observables. Ce gabbro présente une forte altération hydrothermale. Ce gabbro est parcouru également par des veines constituées d'épidote de d'actinolite fibreuse (Illustration 23). Les minéraux accessoires sont l'apatite et l'épidote.

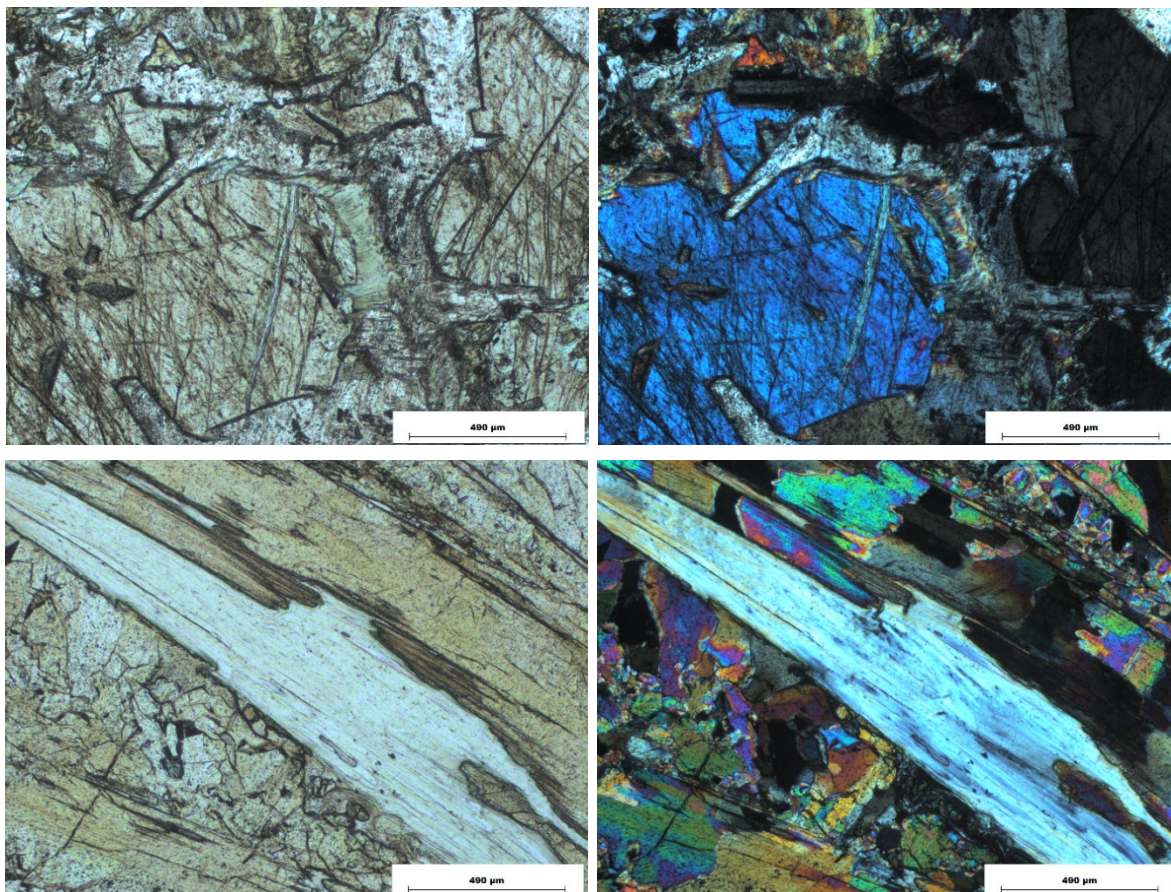


Illustration 23 : Gabbro cumulatif présentant une forte altération hydrothermale. lame 975B002B (haut-gauche : LPNA ; haut-droite : LPA). Plan à actinolite fibreuse et épidote (bas-gauche : LPNA ; bas-droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions d'actinolite, de ferro-actinolite et de magnésio-hornblende (Illustration 24). Les actinolites correspondent aux minéraux fibreux associés aux épidotes sur certains plans, ainsi qu'à la frange de petits minéraux fibreux observables autour de certains clinopyroxènes.

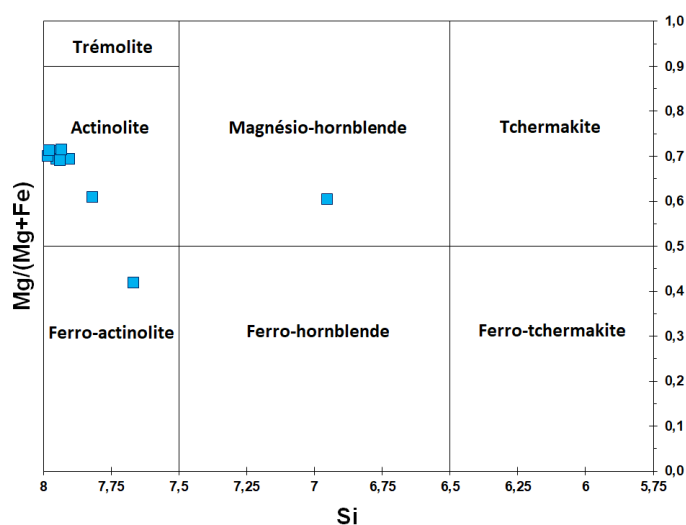


Illustration 24 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B002B.

Des fibres, observées sur certains plans recoupant les gabbros doléritiques, ont été échantillonnées pour être étudiées au MEB, de façon à caractériser la morphologie et la composition de ces dernières. Les images acquises au microscope électronique à balayage montrent la présence de fibres avec un rapport d'allongement supérieur à 20, des fibrilles très fines, des fibres parallèles regroupées en faisceaux, des agglomérats de fibres individuelles enchevêtrées et des fibres incurvées (Illustration 25). Ces fibres répondent aux critères recommandés par l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) pour la définition de la morphologie d'un minéral asbestiforme. Les spectres EDS enregistrés sont compatibles avec la nature de ces fibres (amphiboles calciques de type actinolite).

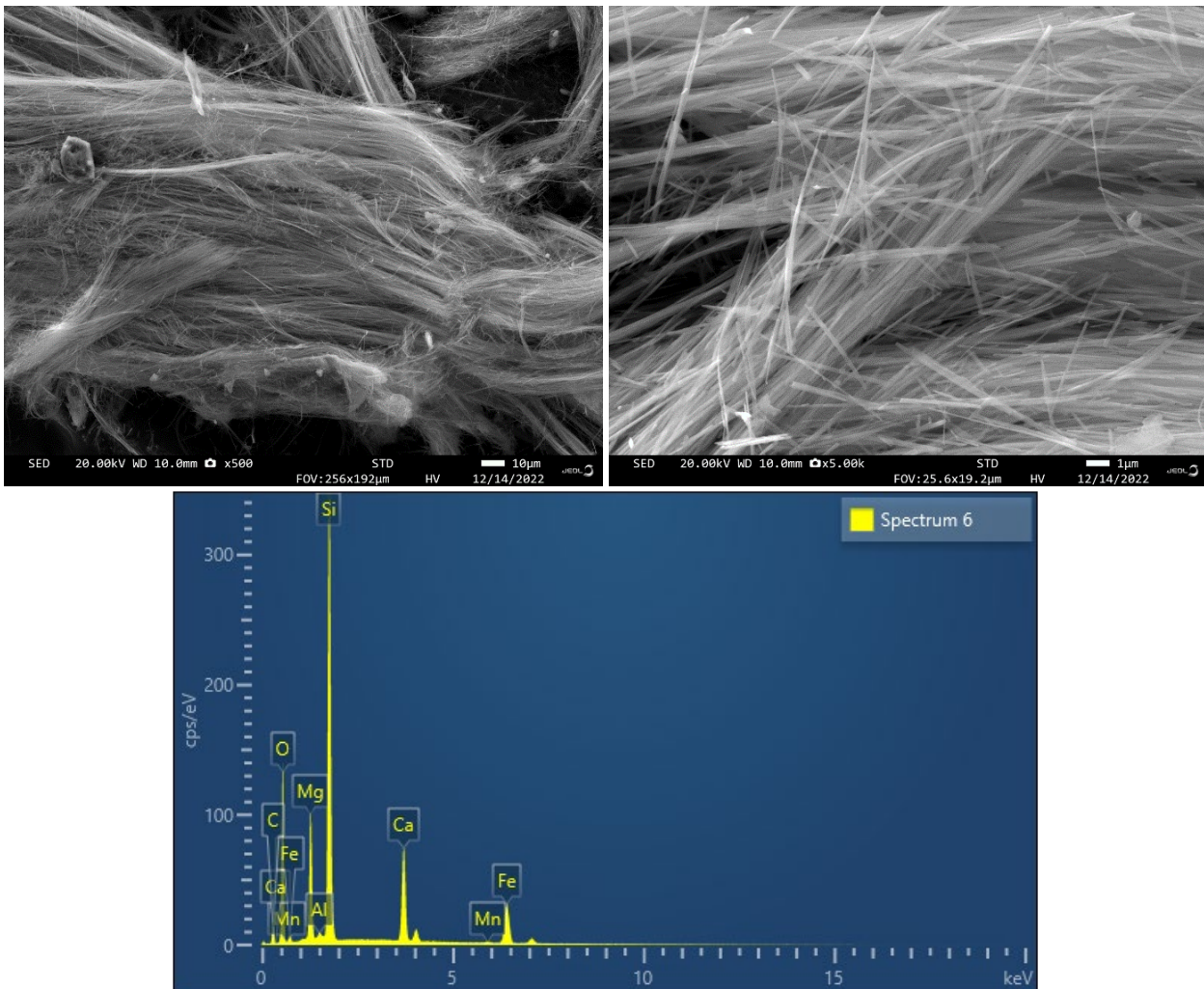


Illustration 25 : Images et exemple de spectre obtenu au MEB sur l'échantillon 975B002B.

**Conclusions pour les dolérites de type I :** Ces filons de dolérites sont caractérisés par la présence de zones de déformation associées à une circulation hydrothermale. Dans ces zones de déformation, les gabbros doléritiques sont recoupés par des plans avec des fibres. Ces fibres ont des compositions d'actinolite avec des caractéristiques dimensionnelles qui sont celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Ces métagabbros doléritiques sont donc parfois amiantifères.

### 3.2.4. Les filons de dolérites de type II [24]

#### **Description sur le terrain**

Ces filons (dykes) de dolérites et gabbros pluri-métriques recoupent les tufs et brèches pyroclastiques du membre de Galantry de la Formation de la Vigie, et les ignimbrites rhyolitiques du membre du Pain de Sucre de la Formation de la Vigie (Illustration 26).

Les observations ont été effectuées principalement dans le secteur de l'étang de Richepomme. Il s'agit de filons de gabbros à plagioclase, clinopyroxène, chlorite, épidote, pumpellyite, et opaques.



Illustration 26 : Filon de gabbro doléritique - Affleurement 975B003

#### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, la lame mince 975B003 correspond à un gabbro à texture grenue constitué de clinopyroxènes, de plagioclases et d'opaques (Illustration 27). Les clinopyroxènes se présentent en grandes plages englobant les plagioclases. Les plagioclases sont séricitisés. Les clinopyroxènes sont frais dans ce faciès de gabbro massif. Les minéraux accessoires sont l'apatite, l'allanite, et les oxydes. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

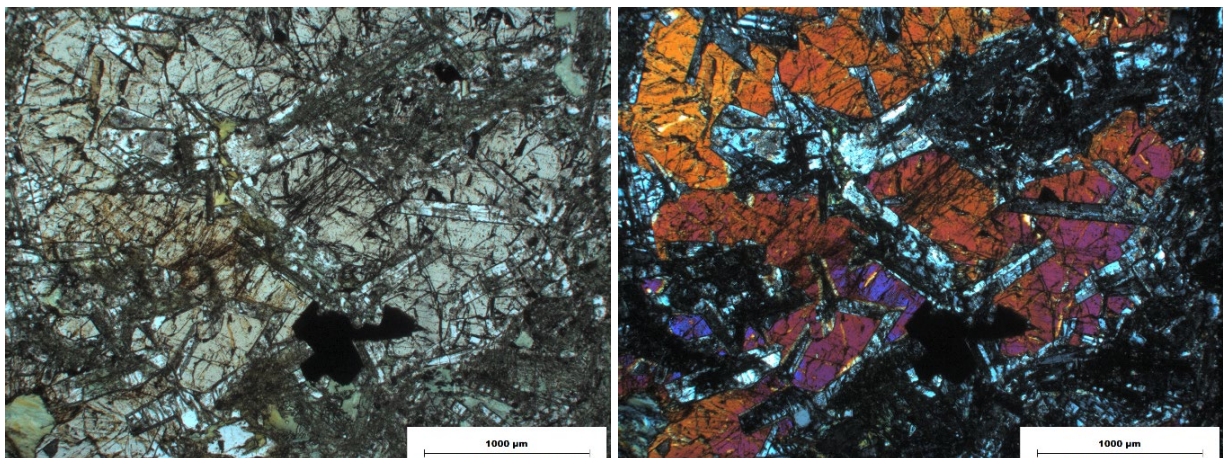


Illustration 27 : Gabbro cumulatif à clinopyroxènes et plagioclases. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B003 (gauche : LPNA et droite : LNA).

**Conclusions pour les dolérites de type II :** Dans ces gabbros doléritiques, aucune amphibole n'a été observée. Toutefois, leur composition est semblable à celle des dolérites de type I qui présentent localement des fibres asbestiformes associées à des zones de déformation.

### 3.2.5. Les filons de dolérites (Mésozoïque ?) [4]

#### **Description sur le terrain**

Ces filons (dykes) de dolérites et gabbros ont été observés au Cap Miquelon, ainsi que sur Langlade. Au Cap Miquelon, ces filons recoupent les méta-quartzites à lits de magnétite et la trondhémite du Cap Blanc. Au niveau du Cap Blanc, ce sont des dykes d'épaisseurs plurimétriques qui se suivent sur plusieurs dizaines de mètres (Illustration 28). Ces dolérites sont à plagioclase et clinopyroxène.

À Langlade, ces filons de dolérites recoupent les siltites de la Formation de Chapel Island (Illustration 29), les quartzites de la Formation de Random, ou les conglomérats et grès de la Formation du Cap Sauveur. À la Pointe Plate, un filon de gabbro recoupe les siltites de la Formation de Chapel Island. Ces gabbros sont caractérisés par une forte altération hydrothermale caractérisée par une forte variation de teinte des gabbros et la présence de veines riches en épidote bien visibles (Illustration 29). Ces sont des filons de gabbros cumulatifs à plagioclases et clinopyroxènes.



Illustration 28 : Dyke de dolérite recoupant la trondhémite du Cap Blanc - Affleurement 975B008.

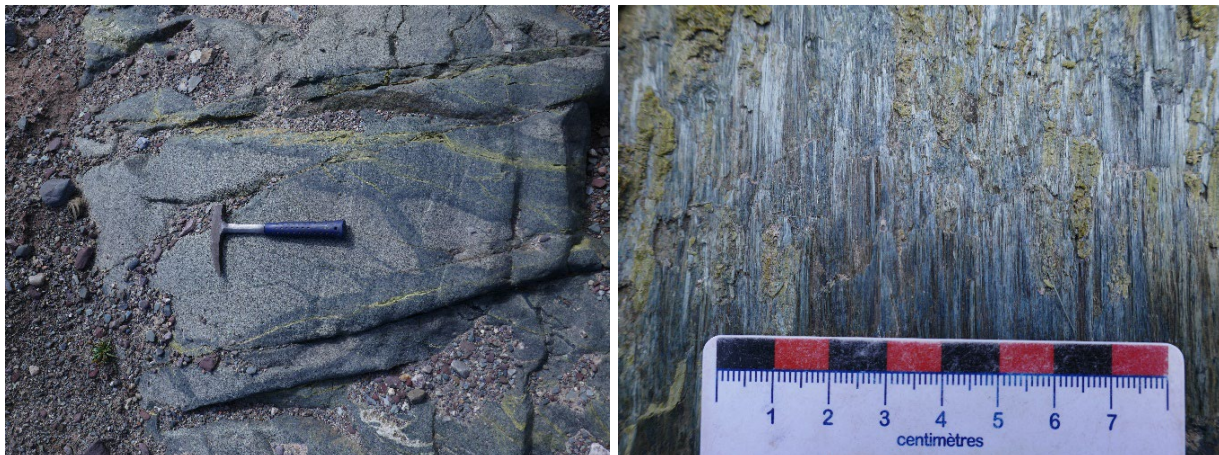
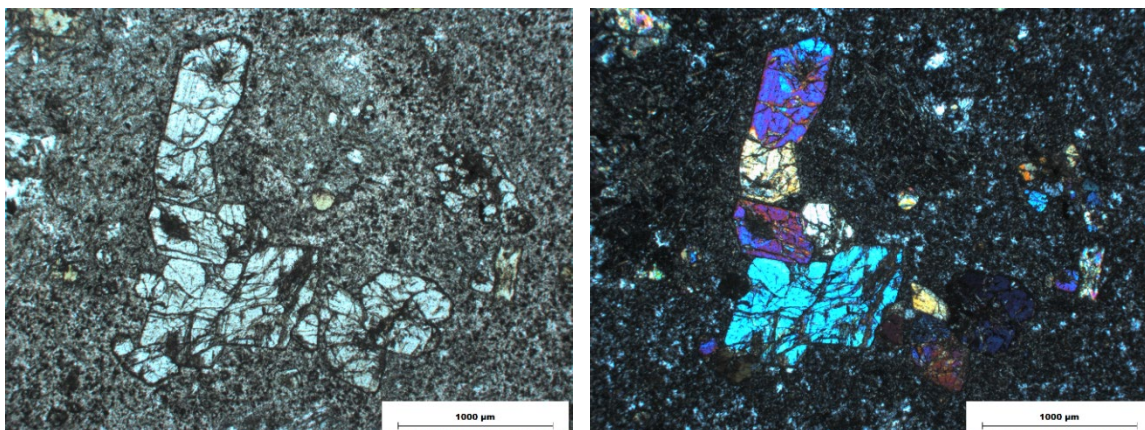


Illustration 29 : Gabbro présentant une forte altération hydrothermale recoupant des siltites (Affleurement 975B015, gauche) ; Plans caractérisés par l'association d'épidotes et de fibres claires (Affleurement 975B015, droite).

### **Analyses en laboratoire**

**La lame 975B008A** correspond à un basalte porphyrique à clinopyroxène (Illustration 30). La mésostase est composée de nombreux microlites de plagioclases, de clinopyroxènes et d'oxydes. Ce basalte présente une altération hydrothermale avec localement le développement de chlorite et d'épidote. Les oxydes sont accessoires. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.



*Illustration 30 : Basalte porphyrique. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B008A (gauche : LPNA ; droite : LPA).*

**La lame 975B015** correspond à un gabbro à texture grenue cumulative (Illustration 31). Les cristaux de plagioclase sont fortement altérés. Les clinopyroxènes se présentent en grandes plages scellant les plagioclases, avec une forte altération, des zones fraîches sont encore toutefois préservées. En bordure de certains clinopyroxènes, nous pouvons observer le développement d'une frange de minéraux fibreux, certainement des amphiboles. Ce gabbro est caractérisé par de nombreuses fentes à épidote. On voit également des fentes caractérisées par une association d'épidote avec des minéraux fibreux, vraisemblablement des actinolites. Localement, nous observons des plages riches en chlorite dans lesquelles nous avons des minéraux aciculaires. L'apatite et les oxydes sont accessoires. L'amphibole est présente sous forme de fibres sur certains plans. Cet échantillon est susceptible d'être amiantifère.

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions de ferro-actinolites, d'actinolites, de ferro-anthophyllites, d'anthophyllites et de gédrites (Illustration 32).

Des fibres observées sur certains plans ont été échantillonnées pour être étudiées au MEB, de façon à caractériser la morphologie et la composition de ces dernières. Les images acquises au microscope électronique à balayage montrent la présence de fibres avec un rapport d'allongement supérieur à 20, et des fibrilles très fines (Illustration 33). Toutefois, nous n'observons pas des fibres incurvées, d'agglomérats de fibres individuelles enchevêtrées, ou des fibres parallèles regroupées en faisceaux. Nous avons des fibres aciculaires très fines dont la désagrégation produit un grand nombre de fibres répondant aux critères de l'OMS pour les fibres amiantifères. Les spectres EDS enregistrés sont compatibles avec la nature probable de ces fibres (amphiboles calciques de type actinolite).

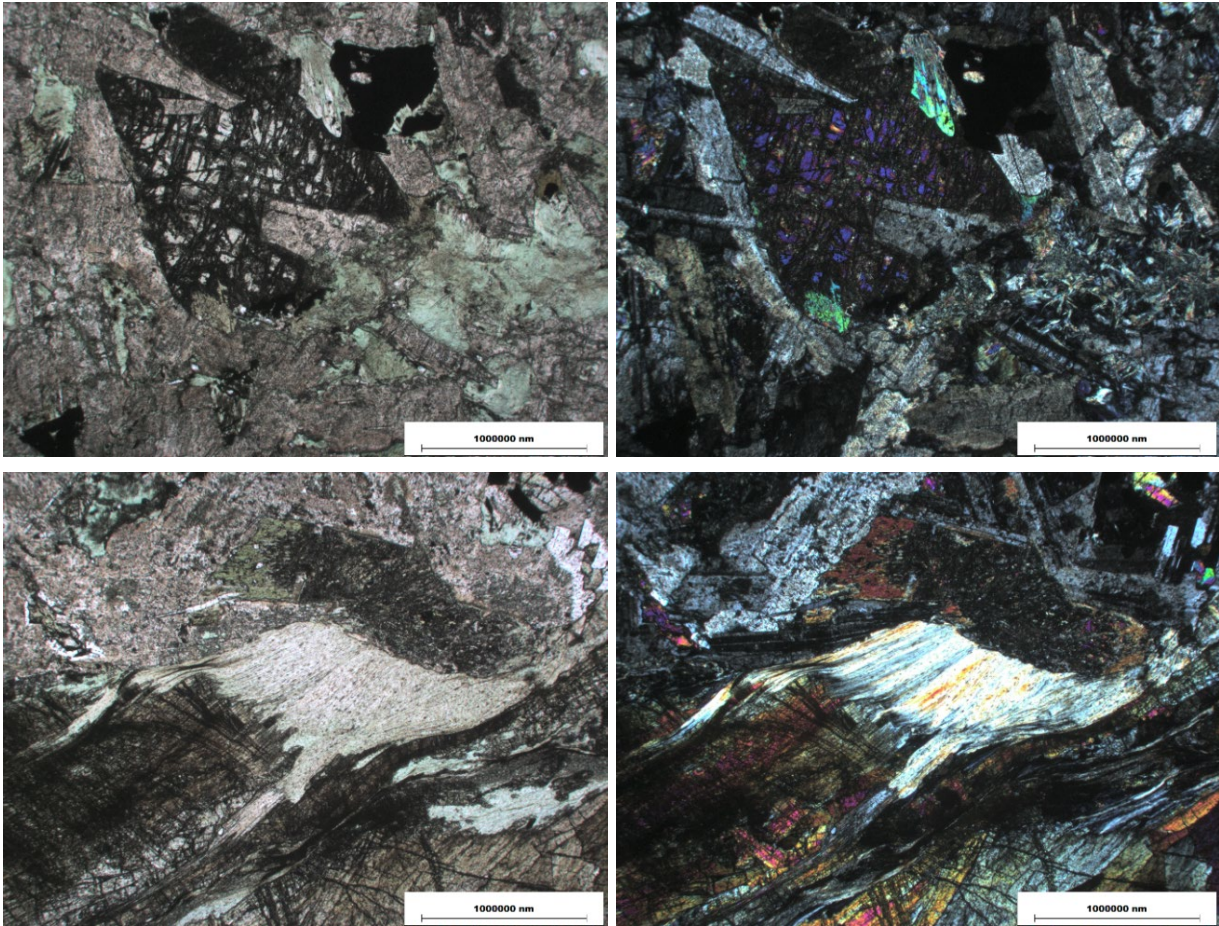


Illustration 31 : Gabbro cumulatif présentant une forte altération hydrothermale. lame 975B015 (haut-gauche : LPNA ; haut-droite : LPA). Fente à épidote et fibres d'actinolite. lame 975B015 (bas-gauche : LPNA ; bas-droite : LPA).

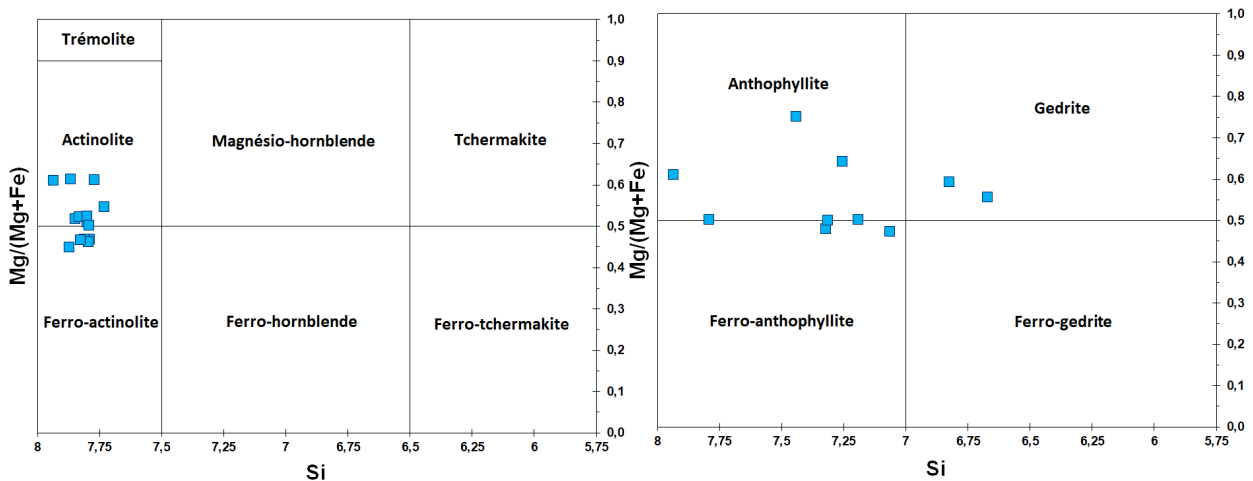


Illustration 32 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B015.

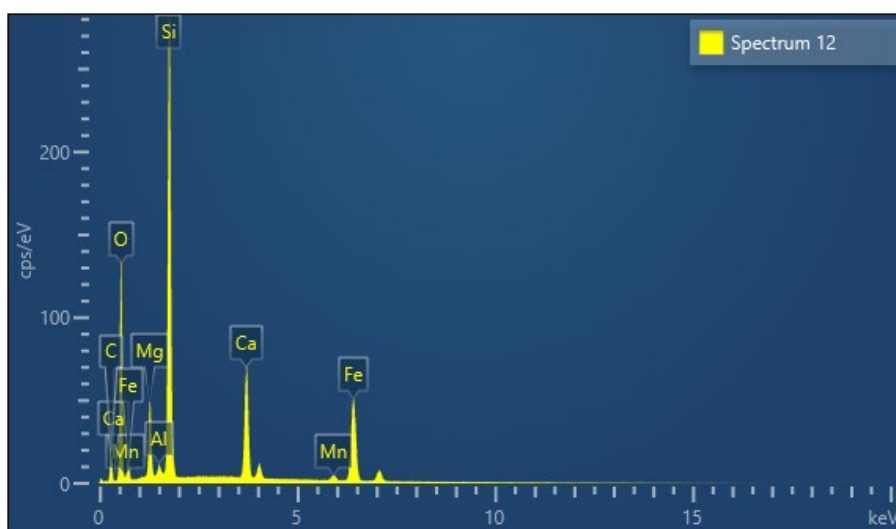
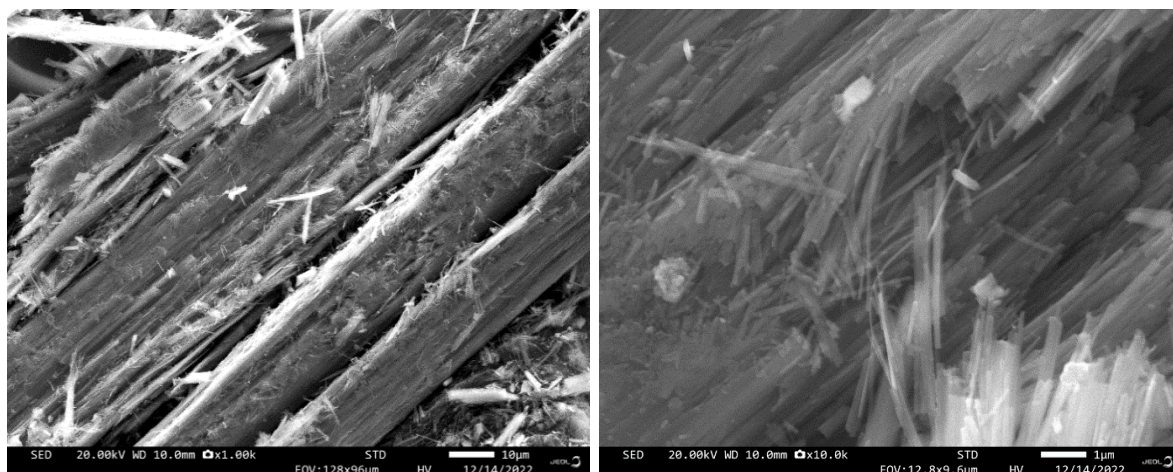


Illustration 33 : Images et exemple de spectres obtenus au MEB sur l'échantillon 975B015.

**Conclusions :** Les amphiboles présentes dans le filon de gabbro 975B015 de la Pointe Plate ont des compositions chimiques (actinolite ; anthophyllite) correspondant à deux des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Cet échantillon est amiantifère, et il est également susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'amiante.

### 3.3. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « FAIBLE »

Les trois formations géologiques de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible » correspondent principalement à : (i) des basaltes tels que « les basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts » [32] ou les « basaltes de la Formation de la Pointe du Diamant » [22], et (ii) des andésites tels que « les andésites de la Formation de Belliveau » [45] (Illustration 34).

3.3.1. Les basaltes et les brèches volcaniques de la Formation de la Pointe du Diamant [22]

**Description sur le terrain**

Les termes basiques représentent l'essentiel de la Formation de la Pointe du Diamant. Cette formation constitue la base du Groupe de Saint-Pierre. Cette formation géologique affleure sur l'île de Saint-Pierre au niveau de la Pointe du Diamant et de la Pointe à Henry. À la Pointe du Diamant, ces roches sont représentées par des coulées et par des pyroclastites, tufs et brèches (Illustration 34). À la Pointe à Henry, affleurent essentiellement des brèches pyroclastiques. Le volcanisme acide est présent seulement en fragments anguleux dans les brèches (Illustration 34).



*Illustration 34 : Basalte aphyrique recoupé par un filon à épidoite, Pointe Diamant (haut-gauche : 975B001) ; Basalte fortement épidoitisé, Pointe Diamant (haut-droite) ; Brèche pyroclastique basaltique, Pointe à Henry (bas-gauche, 975B018) ; Fragment basique (bas- droite).*

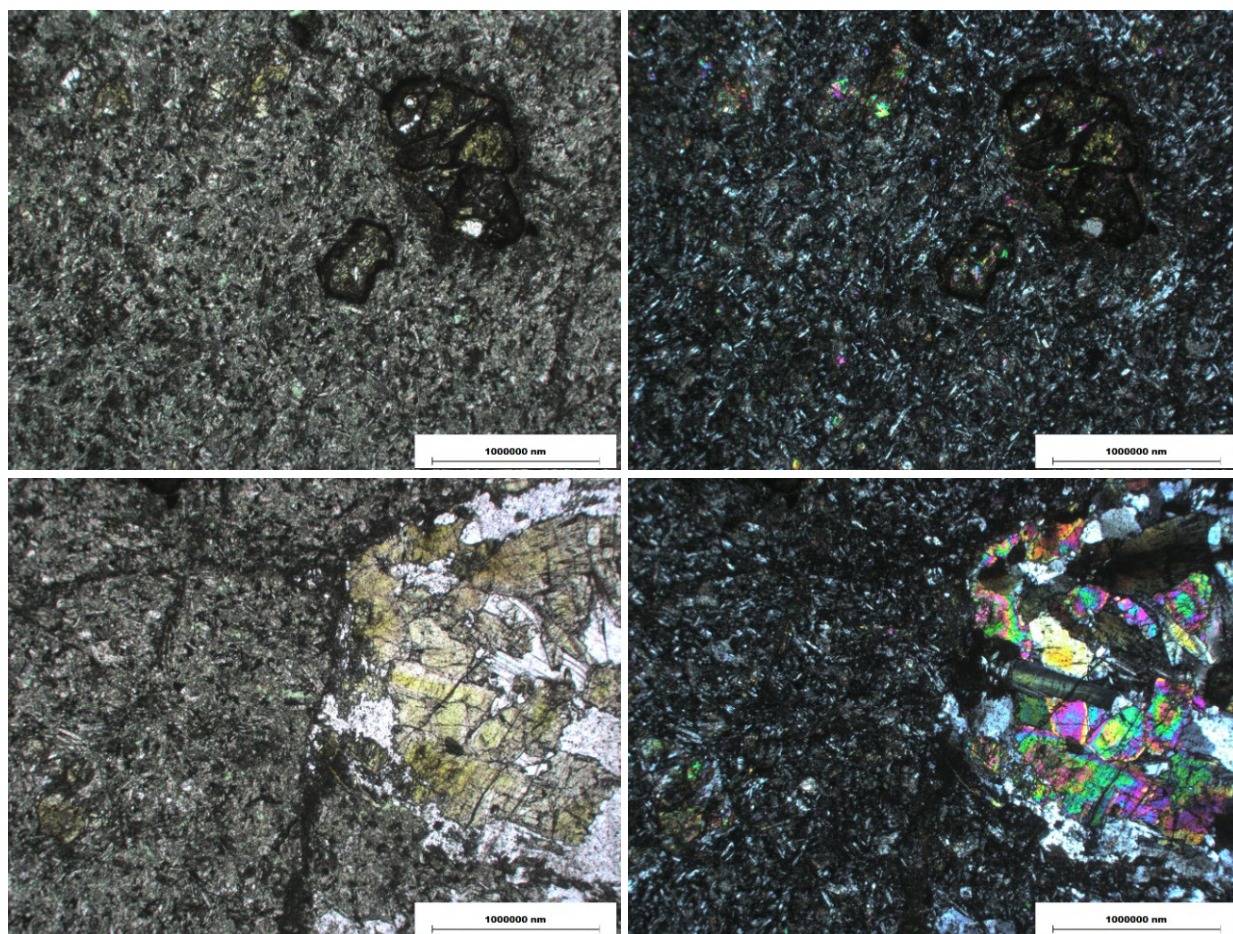
Les coulées basiques, plurimétriques, bien visibles à la Pointe du Diamant, sont massives, à texture scoriacée ; elles sont parfois bréchiques à leur toit. Des structures en coussins (« pillow lava ») sont localement exposées. De couleur violacée à vert sombre, les laves ont des compositions basaltiques, souvent riches en amygdales (chlorite, calcite), avec une texture microlitique. Les cristaux qui les composent sont essentiellement des plagioclases, des clinopyroxènes et quelques olivines.

Entre les coulées s'intercalent des niveaux métriques à plurimétriques de brèches et de tufs pyroclastiques à matrice basique à intermédiaire. Les brèches sont fortement hétérométriques, mal classées et polygéniques, mais avec uniquement des fragments de roches d'origine

volcanique. Ces niveaux ont toujours un aspect chaotique, sans organisation interne avec des éléments toujours anguleux.

### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, **la lame mince 975B001** correspond à un basalte microlitique faiblement porphyrique (Illustration 35), avec quelques phénocristaux totalement pseudomorphosés (vraisemblablement des olivines). La mésostase est composée de nombreux microlites de plagioclases, qui présentent une légère orientation d'origine magmatique. La matrice est également très riche en opaques. Elle est également caractérisée par la présence d'épidote, de chlorite et de sphène. Aucune évidence d'amphibole n'a été observée au MOLP. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP ni à la microsonde électronique. Cet échantillon n'est pas amiantifère.



*Illustration 35 : Basalte de la Formation de la Pointe du Diamant. Aucune amphibole n'a été observée au MOLP dans cette lame mince. Lame 975B001 (gauche : LPNA ; droite : LPA).*

Au MOLP, **la lame mince 975B018** correspond à un basalte porphyrique très altéré (Illustration 36). Les phénocristaux de plagioclases sont totalement altérés, et inclus dans une matrice riche en opaques et en microlites de plagioclases. On observe également des phénocristaux totalement pseudomorphosés, certainement des olivines. La matrice présente également de la chlorite, de l'épidote et du sphène. Aucune évidence d'amphibole n'a été observée au MOLP. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

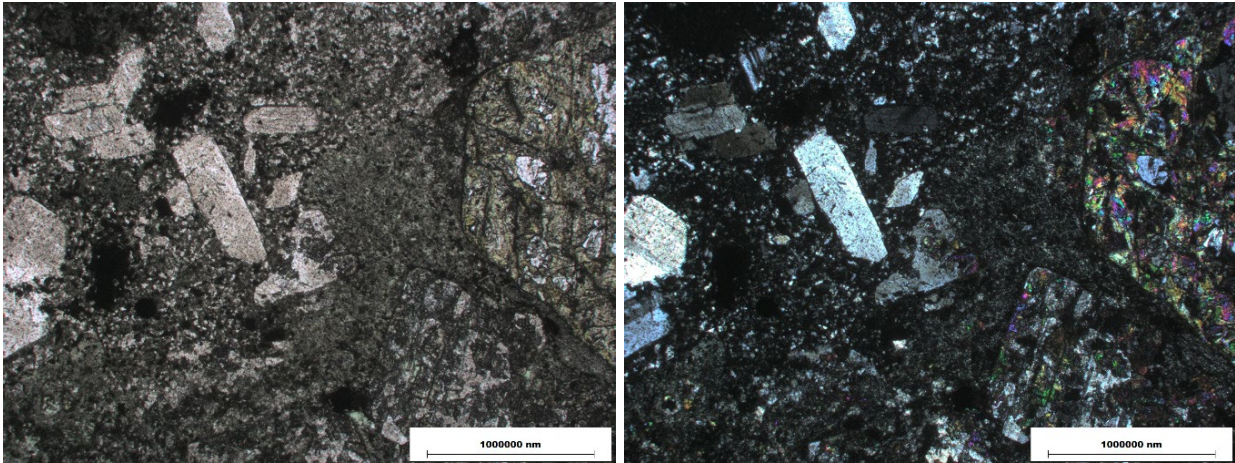


Illustration 36 : Basalte de la Formation de la Pointe du Diamant. Aucune amphibole n'a été observée au MOLP dans cette lame mince. Lame 975B018 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

**Conclusions pour les basaltes et brèches volcaniques de la Formation de la Pointe du Diamant [22]** : Les basaltes et les brèches volcaniques de la Formation de la Pointe du Diamant sont caractérisés par une altération hydrothermale et la présence d'épidote. Toutefois, aucune amphibole n'a été observée dans ces faciès volcaniques basiques. Ces basaltes ne sont pas amiantifères.

### 3.3.2. Les andésites de la Formation de Belliveau [45]

#### **Description sur le terrain**

Les andésites forment des affleurements discontinus le long de la côte, entre l'étang de la Loutre et l'étang du Cap Vert. Elles forment également les pointes de Belliveau, ainsi que les buttes en retrait de la côte jusqu'au Morne de Bellevue.

La première pointe de Belliveau est formée de coulées d'andésite vacuolaire ou porphyrique à clinopyroxène (Illustration 37). Quelques brèches volcaniques sont interstratifiées entre les coulées. Les vacuoles ont une taille centimétrique et sont presque systématiquement remplies de quartz blanc formant de grosses amygdales.

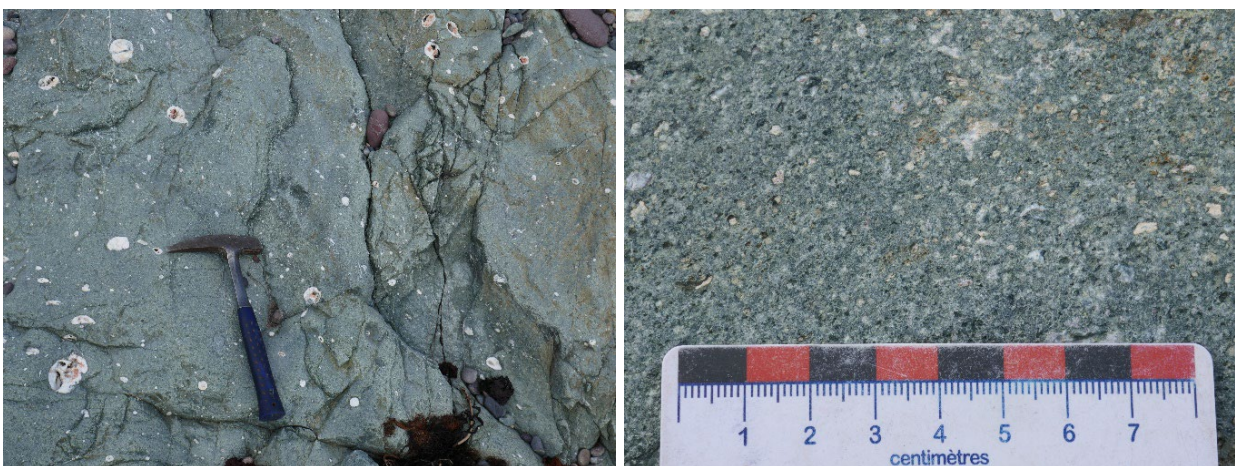
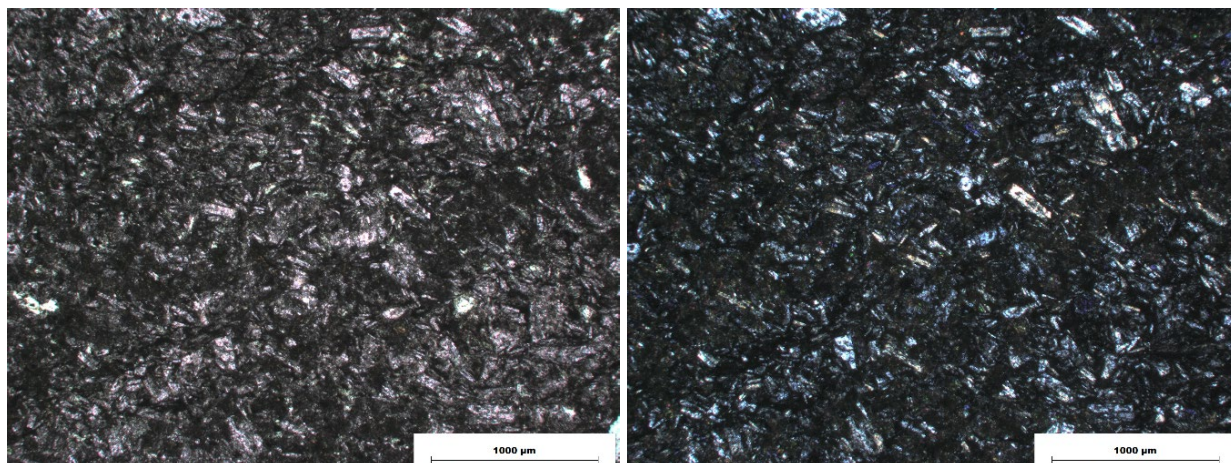


Illustration 37 : Basalte andésitique de la Formation de Belliveau - Affleurement 975B017.

### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, la lame **975B017** correspond à un basalte andésitique porphyrique riche en phénocristaux de plagioclases (Illustration 38). Les phénocristaux de plagioclase, recristallisés en albite + séricite, présentent une orientation d'origine magmatique. A ces plagioclases sont associés quelques phénocristaux de clinopyroxènes fortement altérés. La matrice est riche en microlites de plagioclases et en opaques.

Aucune évidence d'amphibole n'a été observée au MOLP. Aucune serpentine n'a été observée ni analysée au MOLP. Cet échantillon n'est pas amiantifère.



*Illustration 38 : Basalte andésitique de la Formation de Belliveau. Lame 975B017 (gauche : LPNA ; droite : LPA).*

**Conclusions pour les andésites de la Formation de Belliveau [45]** : Les andésites de la Formation de Belliveau sont caractérisées par une altération hydrothermale et la présence de vacuoles remplies de calcite. Toutefois, aucune amphibole n'a été observée dans ces faciès andésitiques. Ces andésites ne sont pas amiantifères.

#### 3.3.3. Les basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts [32]

##### **Description sur le terrain**

Les basaltes de la Formation du Cap aux Morts s'observent sur Langlade dans l'anse du Gouvernement dans le secteur dit du Fond de l'Anse. Les basaltes forment l'essentiel de la côte rocheuse du Cap à la Vierge. Ce sont des basaltes aphyriques, généralement vésiculaires (Illustration 25). Ces vésicules sont remplies de minéraux secondaires. Ces basaltes sont recouverts par les conglomérats de la Formation dévono-carbonifère du Cap Sauveur.



Illustration 39 : Basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts - Affleurement 975B016.

### **Analyses en laboratoire**

Au MOLP, la lame **975B016** correspond à un basalte aphyrique caractérisé par l'absence totale de phénocristaux (Illustration 40). La matrice est constituée de microlites de plagioclases, avec quelques clinopyroxènes, de la chlorite et des opaques abondants. Ce basalte est affecté par une altération hydrothermale se caractérisant par une forte hématisation de la matrice. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

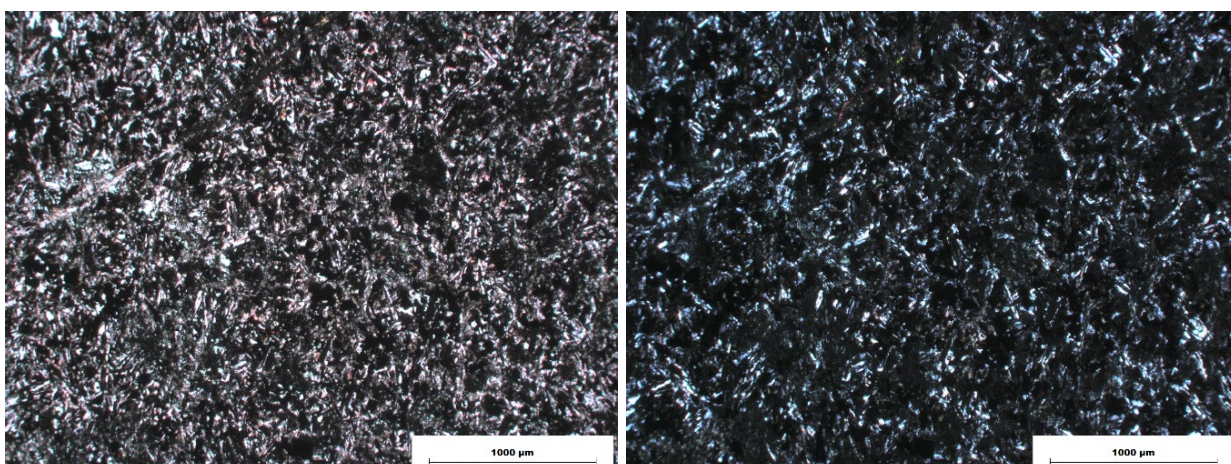


Illustration 40 : Basalte à texture microlitique et vésiculaire avec une forte altération hydrothermale. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B016 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

**Conclusions pour les basaltes vésiculés de la Formation du Cap aux Morts** : Les basaltes vésiculaires de la Formation du Cap aux Morts sont caractérisés par une forte altération hydrothermale avec cristallisation d'hématite. Toutefois, aucune amphibole n'a été observée dans ces basaltes. Ces basaltes ne sont pas amiantifères.

### **3.4. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITE PREVISIONNEL « NUL A TRES FAIBLE »**

Le Cap Miquelon est constitué de méta-quartzites et de micaschistes à muscovite à cordiérite. Ces métasédiments sont caractérisés par la présence localement de niveaux métriques d'amphibolites qui ne sont pas cartographiables. Seuls les affleurements les plus massifs d'amphibolites ont été cartographiés. Ces métasédiments sont également recoupés par des filons

de dolérites qui ne sont pas systématiquement cartographiés, à l'échelle du 1/50 000. Pour avoir une idée du contenu minéralogique et de la répartition des amphibolites, des dolérites et des trondhjémites au sein des métasédiments, quelques lithologies ont été expertisées sur le terrain (Illustration 41). Ces lithologies métasédimentaires (métaquartzites, micaschistes) ne contiennent en elles même, aucun minéral fibreux et sont donc affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel de présence d'amiante « nul à très faible ».

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	Affleurements	NSPA-prévisionnel
8	34	$\gamma^5$	Trondhjémite du Cap Blanc	975B008	1
50	38	$\xi$	Micaschistes à muscovite et cordiérite	975B010	1
5	39	X	Métaquartzites à lits de magnétite (muscovite, biotite, cordiérite) nombreuses figures sédimentaires	975B009, 975B013, 975B014	1

Illustration 41 : Liste des affleurements visités correspondant aux formations géologiques de Saint-Pierre-et-Miquelon préalablement affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible ».

### 3.4.1. La Trondhjémite du Cap Blanc [8]

#### **Description sur le terrain**

La trondhjémite du Cap Blanc forme un massif peu étendu, visible essentiellement sur l'estran du Cap Blanc (Illustration 42). À l'affleurement, elle présente une foliation magmatique discrète, et est caractérisée par un faciès à grain moyen à biotite.

Il s'agit d'une trondhjémite à texture grenue hypidiomorphe (plagioclase, et biotite automorphes, quartz et feldspath potassique xénomorphes), dont la tendance planaire est matérialisée par la disposition et l'orientation préférentielle des lamelles de biotite, des grains opaques et des lattes de plagioclase dans un plan principal qui souligne la foliation magmatique. Aucune évidence d'occurrence de minéraux fibreux n'a été observée sur le terrain au sein de cette lithologie.



Illustration 42 : Trondhjémite du Cap Blanc - Affleurement 975B008.

#### **Analyses en laboratoire**

La lame 975B008B correspond à une trondhjémite, à texture grenue hypidiomorphe (Illustration 43). Les cristaux de plagioclase sont zonés, avec récurrence ; leur cœur a une composition d'andésine. La biotite forme de grandes lamelles brun-vert, souvent accompagnées de cristaux automorphes d'oxydes, alignées dans le plan de foliation. Le quartz est généralement sous forme de plages interstitielles polycristallines, généralement de grande taille, tandis que le feldspath

potassique, aussi en position interstitielle, est très peu abondant. L'altération de la roche est marquée par la chloritisation de la biotite et par la transformation progressive du plagioclase en séricite, albite et épidote, à partir du cœur des cristaux. L'apatite, le zircon, l'allanite, et les oxydes sont accessoires. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

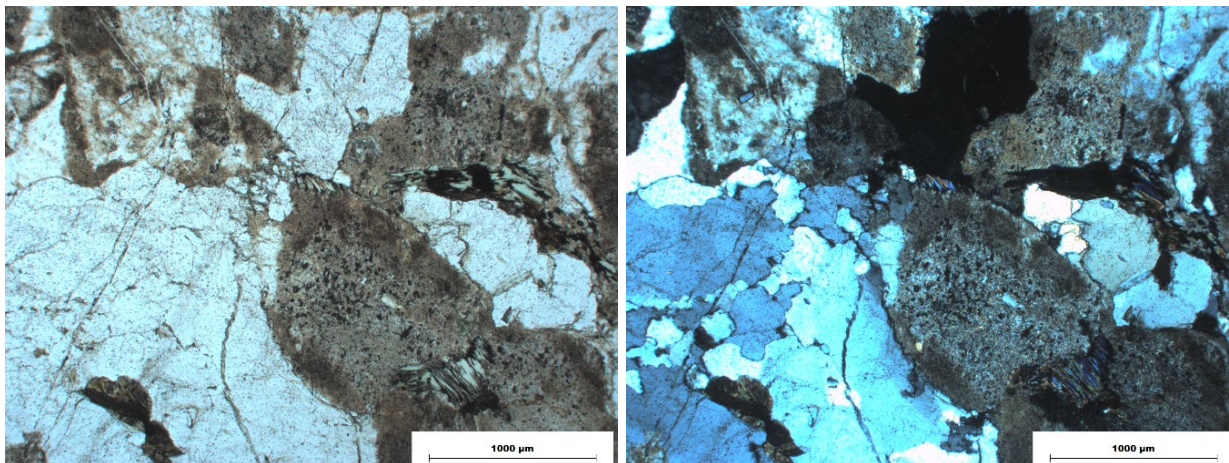


Illustration 43 : Trondhjémite (quartz, plagioclase, biotite, chlorite). Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B008B (gauche : LPNA ; droite : LPA).

**Conclusions pour les trondhjémites du Cap Blanc** : Les amphiboles sont absentes de cette trondhjémite. Cette roche n'est pas amiantifère.

#### 3.4.2. Les Micaschistes à muscovite et cordiérite [50]

##### **Description sur le terrain**

Les micaschistes sont à grains fins et riches en quartz avec une foliation soulignée par la biotite. La cordiérite et l'andalousite sont abondantes dans les niveaux micacés. Des niveaux d'amphibolites métriques s'interstratifient dans ces micaschistes (Illustration 44).

Ces métasédiments sont recoupés par deux massifs intrusifs, de composition dioritique au niveau de l'Anse à la Vierge, et de composition trondhjémitique au niveau du Cap Blanc.



Illustration 44 : Amphibolites au sein des micaschistes à muscovite et cordiérite (gauche). Amphibolite (droite) - Affleurement 975B010.

### Analyses en laboratoire

La lame 975B010 correspond à une amphibolite. Cette amphibolite est composée essentiellement de plagioclases et d'amphiboles (Illustration 45). Les plagioclases sont fortement altérés, séricitisés. Les amphiboles se présentent en cristaux aciculaires, parfois en gerbes, et ne présentent pas d'orientation préférentielle. Il n'y a pas de foliation marquée. Il y a localement une alternance de niveaux très riches en amphiboles et des niveaux très riches en plagioclases.

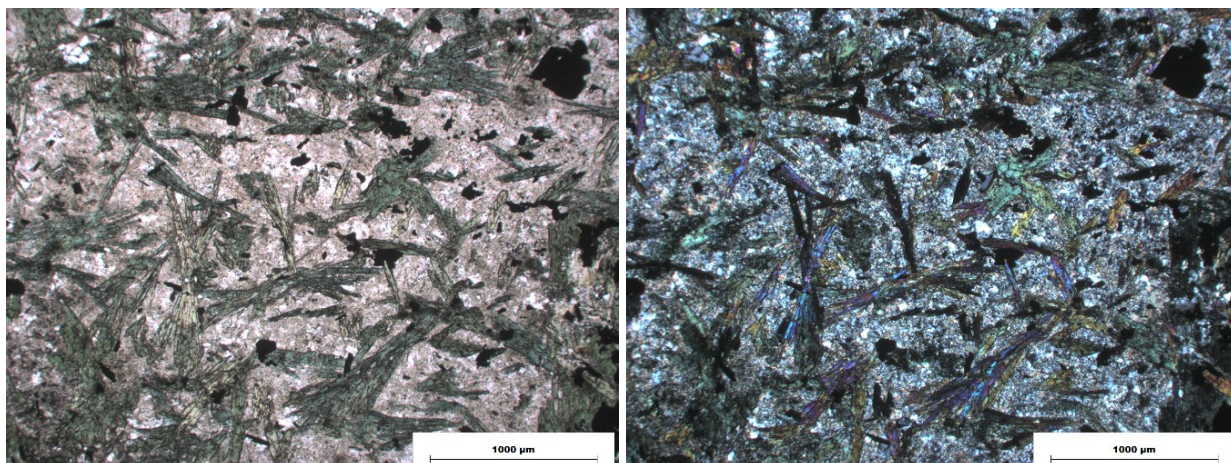


Illustration 45 : Amphibolite. Lame 975B010 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions d'actinolites, de ferro-actinolites et de magnésio-hornblendes (Illustration 46).

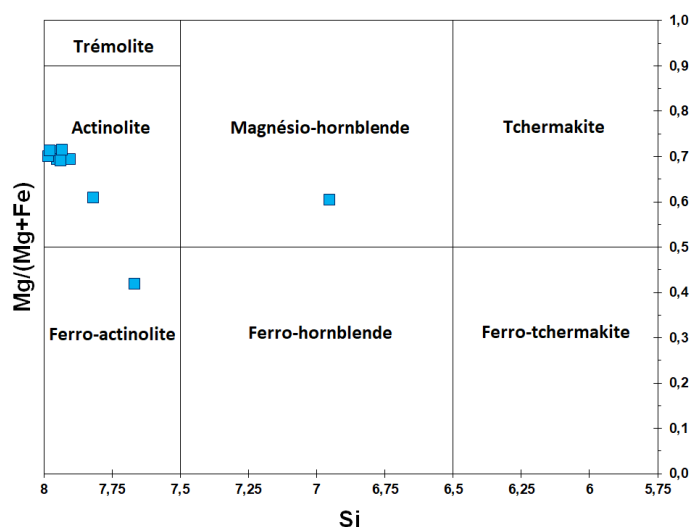


Illustration 46 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B010.

**Conclusions pour les micaschistes à muscovite et cordiérite :** Les amphiboles, présentes dans des niveaux métriques d'amphibolites alternant avec des micaschistes à muscovite et cordiérite, ont des compositions d'actinolites, de ferro-actinolites et de magnésio-hornblendes. Elles ne se présentent pas d'habitus fibreux, mais sont souvent présentes sous forme aciculaires. Leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Cet échantillon n'est pas amiantifère mais il est susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'amiante, en particulier par application du protocole du 1<sup>er</sup> octobre 2019.

### 3.4.3. Les Métaquartzites à lits de magnétite (muscovite, biotite, cordiérite) [5]

#### **Description sur le terrain**

Les métaquartzites représentent le principal composant du Groupe du Cap Miquelon. Ces métaquartzites présentent des figures sédimentaires comme des rides de courant, des structures entrecroisées. Le granoclassement est bien préservé, et souligné par l'accumulation de minéraux lourds en niveaux fins. Ces métaquartzites sont constituées de grains de quartz, de feldspath séricitisé, de muscovite et de biotite, généralement chloritisée. La formation métamorphique est toujours bien exprimée.

Des niveaux amphibolitiques sont interstratifiés dans ces métaquartzites. Ces sont des amphibolites feldspathiques ou mélanocrates, de dimensions très variables, allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de large. Le grain de ces amphibolites est variable.

Ces métaquartzites sont également recoupées par des filons métriques de gabbros. Ces gabbros de petite taille n'apparaissent qu'occasionnellement sur la carte géologique, à l'échelle 1/50 000.



*Illustration 47 : Métaquartzites avec niveaux amphibolitiques (haut-gauche : 975B009). Amphibolite (haut-droite : 975B009). Filon de gabbro (bas-gauche : 975B013). Amphibolite au sein de métaquartzites (bas-droite : 975B014).*

#### **Analyses en laboratoire**

La lame **975B009A** correspond à un quartzite. Cette quartzite à grains fins est composée essentiellement de quartz, de feldspaths et de biotite (Illustration 48). Cette quartzite est fortement

déformée, avec une forte orientation des cristaux. Le zircon et les oxydes sont accessoires. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

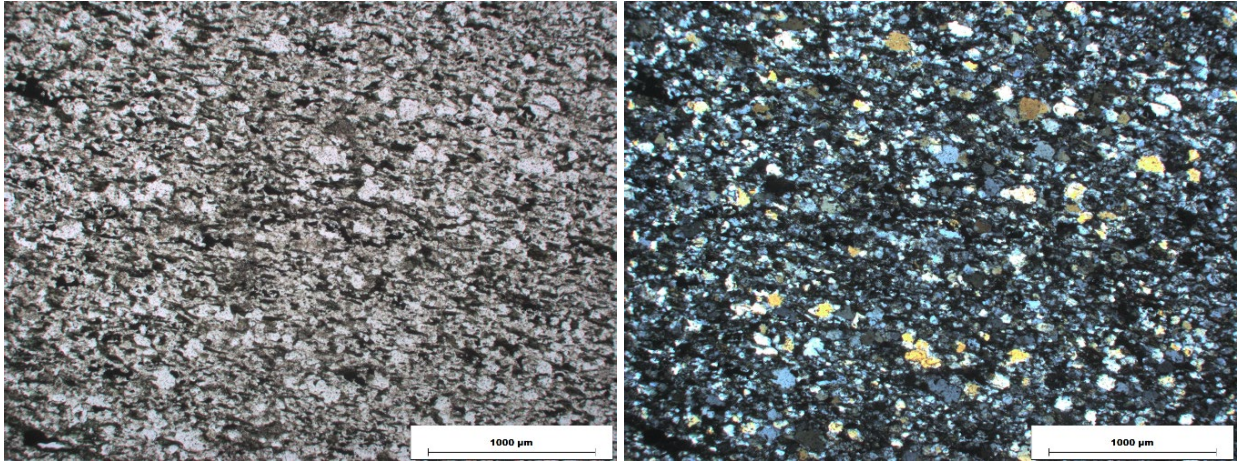


Illustration 48 : Quartzite (quartz, plagioclase, biotite, chlorite). Aucune amphibole n'a été observée. lame 975B009A (gauche : LPNA ; droite : LPA).

La lame 975B009B correspond à une amphibolite. Les amphiboles représentent plus de 50% de la roche (Illustration 49). Nous observons une alternance de niveaux riches en amphiboles, avec des niveaux plus riches en minéraux quartzo-feldspathiques. Ces amphiboles se présentent en baguettes, parfois aciculaires. Aucune fibre n'a été observée au microscope. Le zircon et les oxydes sont accessoires.

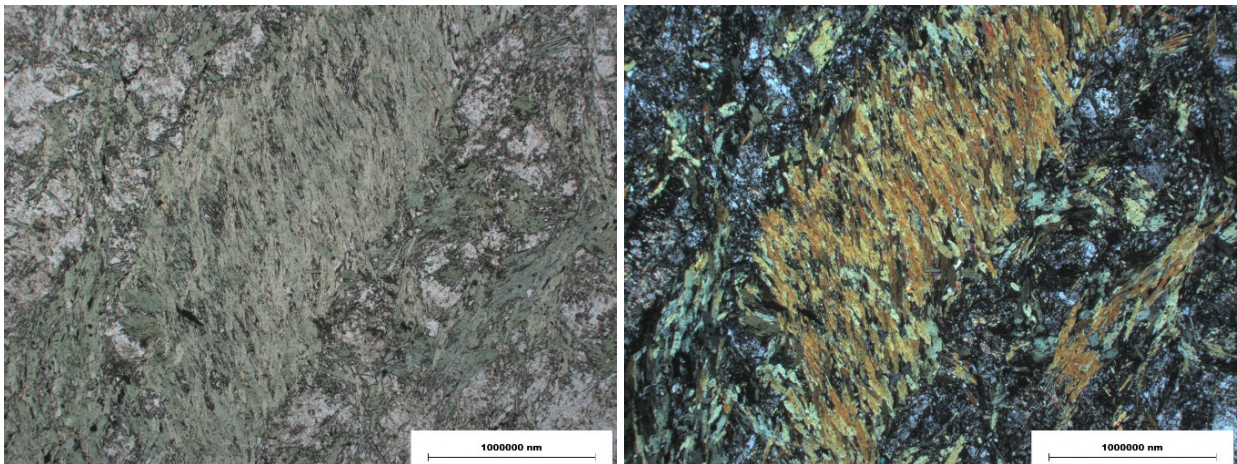


Illustration 49 : Amphibolite. lame 975B009B (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions de magnésio-hornblendes (Illustration 50).

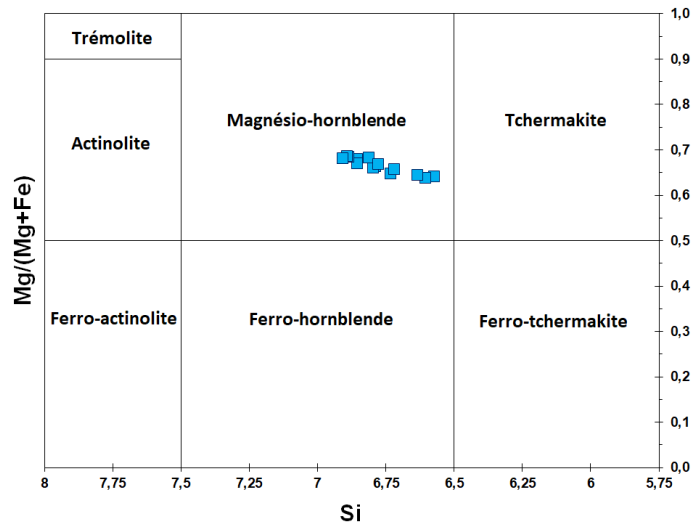


Illustration 50 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B009B.

La lame **975B013** correspond à un gabbro. Ce gabbro présente une texture grenue orthocumulative avec des lattes de plagioclases scellées par de grandes plages de clinopyroxènes (Illustration 51). Les grands phénocristaux de feldspaths et de clinopyroxènes sont frais. Localement, nous observons des zones d'altération hydrothermale avec des minéraux aciculaires. Les oxydes sont accessoires. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

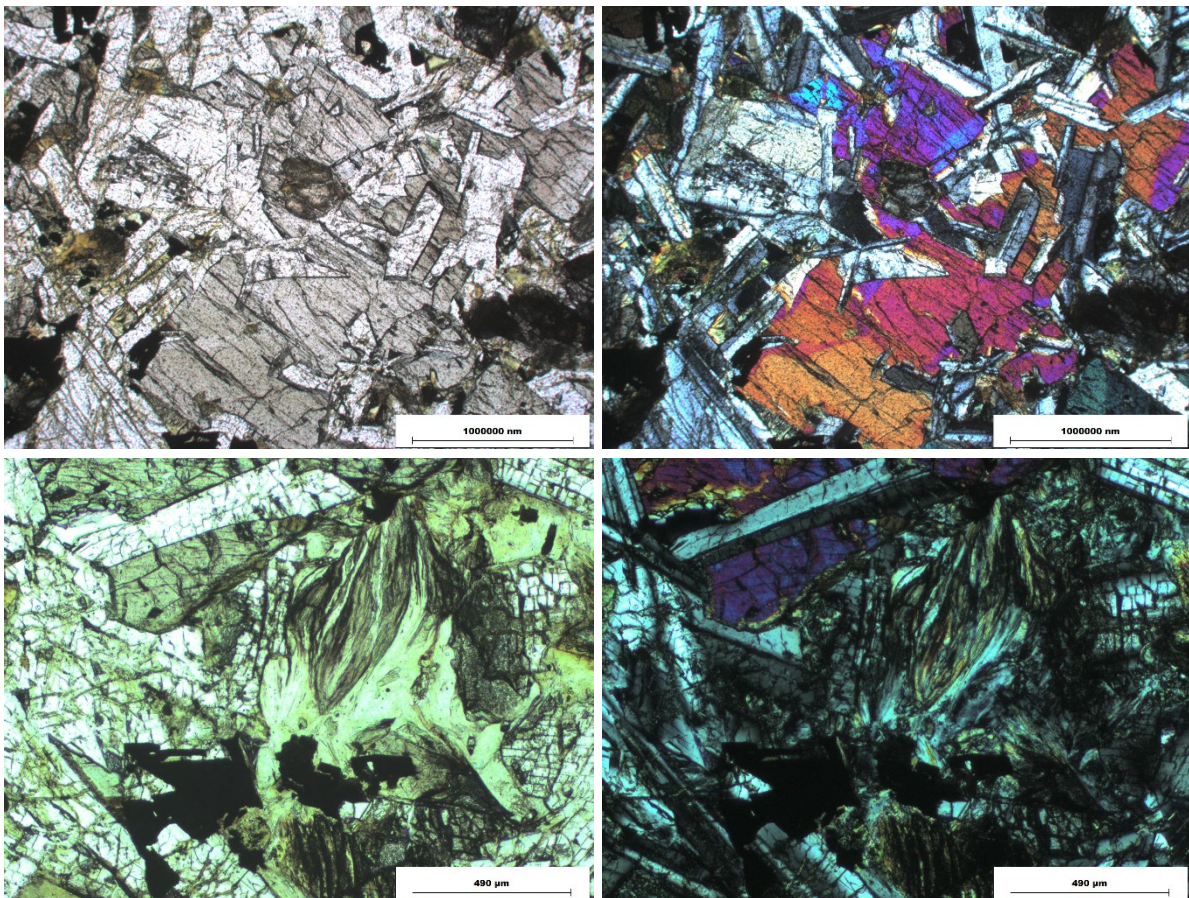


Illustration 51 : Gabbro à clinopyroxènes et plagioclases. Lame 975B013 (haut gauche : LPNA ; haut droite : LPA) ; zone d'altération fibreuse. Lame 975B013 (bas gauche : LPNA ; bas droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions de barroisite et de ferro-anthophyllite (Illustration 52).

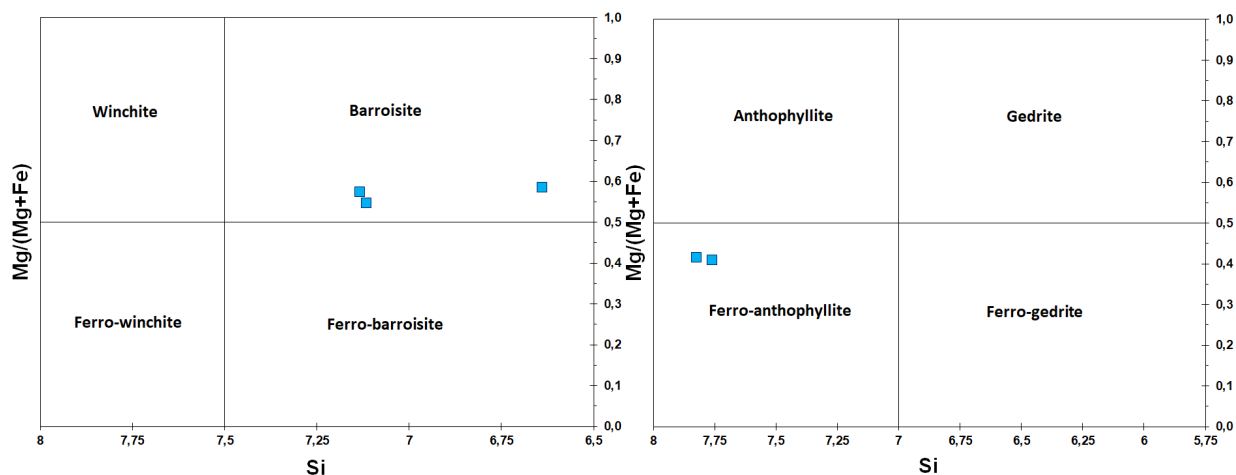


Illustration 52 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B013.

**La lame 975B014A** correspond à un basalte porphyrique interstratifié dans les métaquartzites. Il est composé principalement de phénocristaux de clinopyroxènes et de quelques plagioclases. La matrice est riche en microlithes de plagioclases et en oxydes. Les phénocristaux sont chloritisés. L'amphibole est absente. Cet échantillon n'est pas amiantifère.

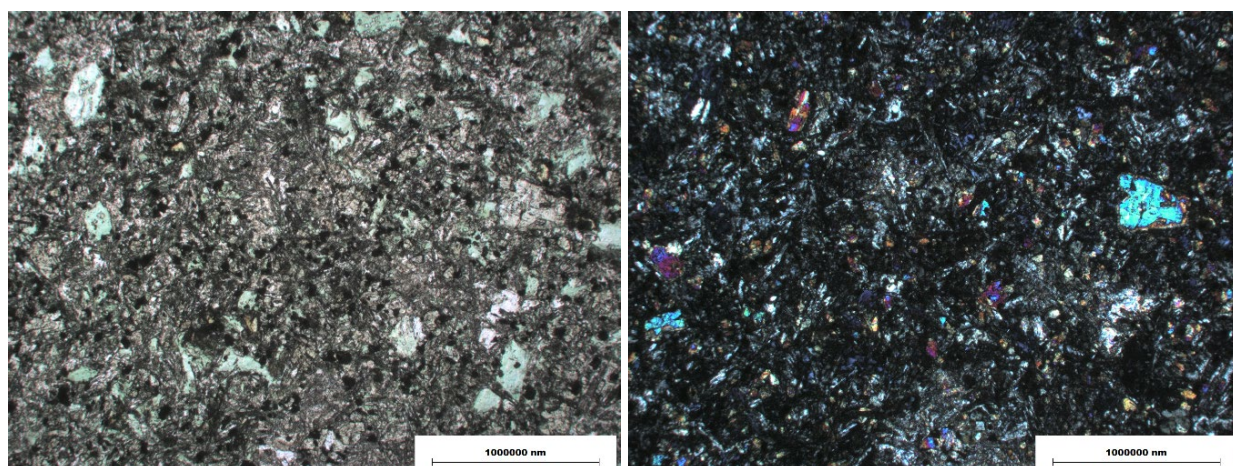


Illustration 53 : Basalte porphyrique riche en phénocristaux chloritisés. Aucune amphibole n'a été observée. Lame 975B014 (gauche : LPNA ; droite : LPA).

**La lame 975B014B** correspond à une quartzite. Cette quartzite à grains fins à moyens est composée essentiellement de quartz, d'amphiboles, de biotites, de plagioclases et d'oxydes. Les amphiboles sont en baguettes orientées pouvant atteindre 1 millimètre de longueur. Les grains de quartz présentent des tailles variées. Cette quartzite est fortement déformée, avec une forte orientation des cristaux. L'apatite, le zircon, l'allanite, les oxydes sont accessoires.

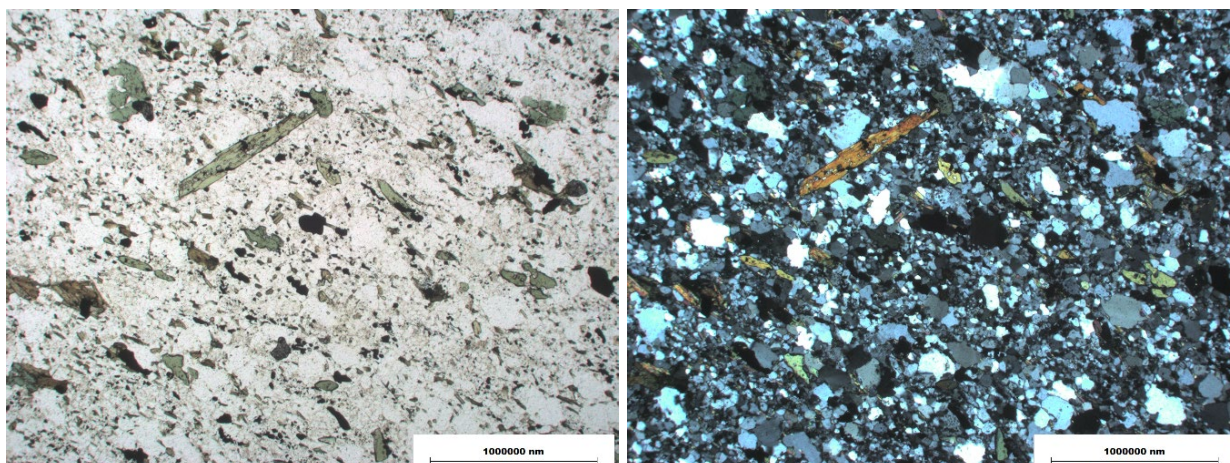


Illustration 54 : Métaquartzite à amphibole. Lame 975B014B (gauche : LPNA ; droite : LPA).

Les amphiboles ont été analysées à la microsonde électronique. Elles présentent essentiellement des compositions de magnésio-hornblendes (Illustration 55).

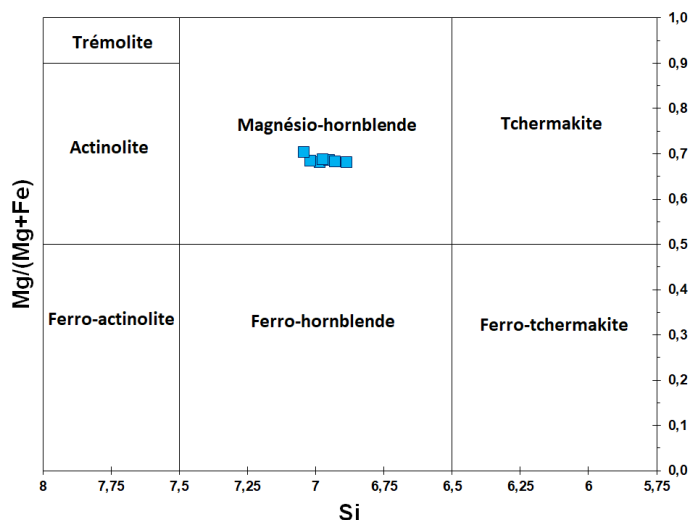


Illustration 55 : Diagramme de classification des amphiboles (Leake, 1997) de l'échantillon 975B014B.

**Conclusions pour les métaquartzites à lits de magnétite :** Les amphiboles présentes très localement dans les métaquartzites ont des compositions chimiques de magnésio-hornblendes. Les filons de gabbros recoupant ces métaquartzites ont des amphiboles avec des compositions chimiques de barrosite et de ferro-anthophyllite. Les niveaux métriques d'amphibolites présents dans ces métaquartzites ont des compositions de magnésio-hornblendes. Les amphiboles observées n'ont pas la composition d'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante, et leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Ces échantillons ne sont pas amiantifères mais ils sont susceptibles de libérer des fragments de clivage d'amphibole en cas d'agression mécanique.

## 4. Établissement de la carte de susceptibilité consolidée

La phase 3 a vu la réalisation des produits contractuels attachés à la convention, soit :

- une carte de la susceptibilité de présence d'amiante pour les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon ;
- un rapport de synthèse correspondant aux travaux réalisés, intégrant les principaux résultats obtenus pour la zone étudiée (ce rapport).

### 4.1. DETERMINATION DES NIVEAUX DE SUSCEPTIBILITE CONSOLIDES

Les niveaux de susceptibilité représentés sur la carte finale, affectés à chacune des formations géologiques, sont des niveaux de susceptibilité dits « consolidés » qui prennent en compte les données de terrain et les résultats des analyses faites en laboratoire. Les données géologiques numériques utilisées correspondant à la carte géologique à l'échelle 1/50 000 de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon (Blein et al., 2015) ont été retraitées de façon à générer une nouvelle couche d'information dédiée à la représentation de cette susceptibilité de présence d'amiante consolidée.

Dans l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, aucune formation géologique n'a été affectée d'une susceptibilité consolidée de niveau 4 (« fort à très fort »).

Dans l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, deux formations géologiques ont été affectées d'une susceptibilité consolidée de niveau 3 (« moyen »). Il s'agit des filons de dolérites et de gabbros de type I [23], ], et (v) des filons de dolérites (Mésozoïque ?) [4], les seules formations géologiques caractérisées par la présence très localement de fibres asbestiformes d'actinolite-amiante.

Sept formations géologiques sont affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé 2 (« faible »).

Les formations géologiques (i) des amphibolites interstratifiées (sills et coulées) [52], (ii) de la diorite de l'Anse à la Vierge [7], et (iv) des filons de dolérites de type II [24, initialement associée à un niveau de susceptibilité prévisionnel moyen (3) ont été déclassée vers un niveau de susceptibilité **consolidé** faible (2) (Illustration 56).

Enfin, les formations des métaquartzites à lits de magnétite et nombreuses figures sédimentaires [5], des micaschistes à muscovite et cordiérite [50], des paragneiss à muscovite et cordiérite à nombreux indices de fusion partielle [5], et des métaquartzites à nombreux indices de fusion partielle [51] initialement associée à un niveau de susceptibilité prévisionnel nul à très faible (1) a été surclassée vers un niveau de susceptibilité **consolidé** faible (2) (Illustration 56).

La consolidation du niveau de susceptibilité « faible » de ces différentes lithologies est justifiée soit : (i) par les investigations de terrain et les analyses réalisées en laboratoire au sein de formations géologiques, ayant indiqué une absence de minéraux asbestiformes mais une présence d'amphiboles dont la composition chimique peut être proche de celle de l'actinolite ou de l'anthophyllite voire correspondant à de l'actinolite ou à de l'anthophyllite, (ii) à la présence fréquente de filons de dolérites métriques ou de niveaux métriques d'amphibolites non

cartographiables (à l'échelle du 1/50 000), qui sont caractérisés par la présence d'amphiboles dont la composition chimique peut être proche de celle de l'actinolite ou de l'anthophyllite.

Ces formations sont susceptibles de libérer une fraction de fragments de clivage de composition actinolitique répondant aux critères dimensionnels des fibres OMS et assimilables à des fibres d'amiante, en particulier par application du protocole du 1<sup>er</sup> octobre 2019.

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	NSPA-prévisionnel	NSPA-FINAL
24	11	$d\beta$	Filons de dolérites de type II	3	2
7	11	$\eta^T$	Diorite de l'Anse à la Vierge	3	2
52	11	$\delta$	Amphibolites interstratifiées (sills et coulées)	3	2
51	11	$M\chi$	Métaquartzites à magnétite, indices de fusion partielle peu abondants	1	2
6	11	$p\zeta$	Paragneiss à muscovite et cordiérite, nombreux indices de fusion partielle	1	2
50	11	$\xi$	Micaschistes à muscovite et cordiérite	1	2
50	30	X	Métaquartzites à lits de magnétite (muscovite, biotite, cordiérite) nombreuses figures sédimentaires	1	2

Illustration 56 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « faible ».

**Trois formations géologiques** affectées d'une susceptibilité prévisionnelle de niveau 2 ont été déclassées vers un niveau de susceptibilité consolidé 1 (« nul à très faible ») (Illustration 57). Ce déclassement est justifié par les investigations de terrain, les analyses réalisées en laboratoire ainsi que par des études bibliographiques complémentaires menées au sein de ces deux formations géologiques, ayant indiqué une absence de minéraux asbestiformes au sein des lithologies concernées.

CODE	CODE_LEG	NOTATION	DESCRIPTION	NSPA-prévisionnel	NSPA-FINAL
32	11	$v\beta$	Formation du Cap aux Morts : Basaltes vésiculés	2	1
45	18	${}^6\alpha\beta I$	Formation de Belliveau : Andésites et brèches andésitiques	2	1
22	30	${}^1\beta^2$	Formation de la Pointe du Diamant : Basaltes et brèches volcaniques	2	1

Illustration 57 : Formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 2 (« faible ») déclassées en niveau de susceptibilité consolidé 1 (« nul à très faible »).

## 4.2. PRESENTATION DE LA CARTE DE L'ARCHIPEL DE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON

### 4.2.1. Présentation générale

La cartographie de la susceptibilité de présence d'amiante correspondant à la zone de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, établie dans le cadre de la présente étude, est présentée ici (Illustration 58).

Cette carte présente les différents niveaux de susceptibilité de présence d'amiante consolidés (1, 2, 3 et 4) appliqués aux formations géologiques de la carte au 1/50 000 (Blein et al., 2015).

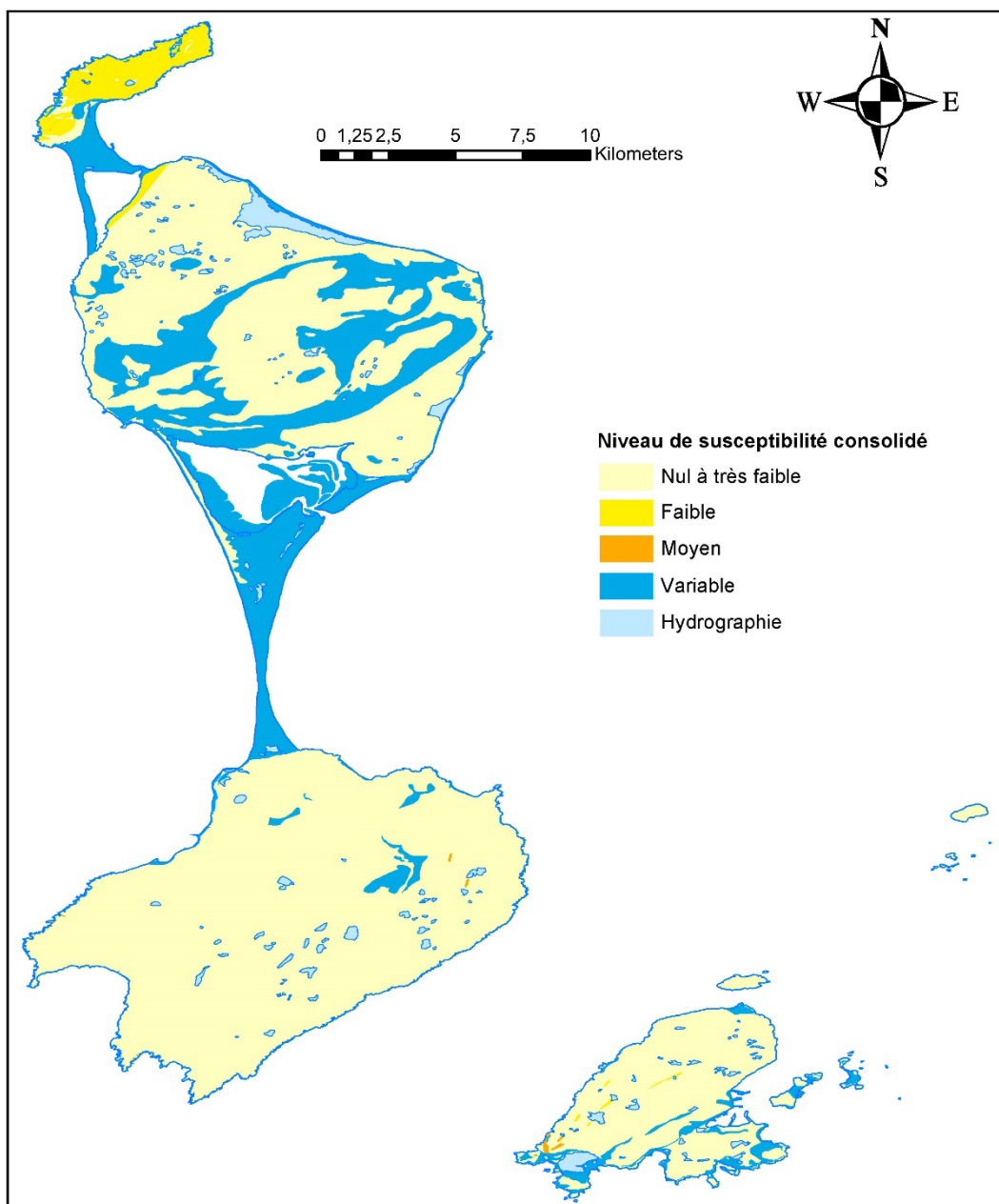


Illustration 58 : Carte des niveaux de susceptibilité d'amiante **consolidés** pour l'archipel de Saint Pierre et Miquelon.

#### 4.2.2. Limites d'utilisation

La carte géologique de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, à l'échelle 1/50 000, offre une information condensée où 1 mm sur la carte représente 50 m sur le terrain. Cette carte géologique à 1/50 000 constitue aujourd'hui le document le plus précis et le plus pertinent en termes d'évaluation et de caractérisation du risque amiantifère. À ce titre, elle doit être consultée d'une manière systématique dès lors que des travaux sont envisagés au niveau d'une formation potentiellement amiantifère du substrat rocheux.

Le BRGM attire spécialement l'attention sur l'utilisation qui sera faite des extraits agrandis des cartes géologiques à 1/50 000, notamment en ce qui concerne la précision des limites géologiques représentées sur ces cartes. Ces limites constituent des éléments linéaires dont la précision est directement liée à la qualité et à la densité des informations géologiques disponibles à la surface. La précision varie pour une même limite de quelques mètres (secteurs avec affleurements nombreux) à plusieurs dizaines de mètres (zones avec affleurements peu nombreux et substratum masqué par des dépôts superficiels). En tout état de cause, lors de l'établissement d'une carte à 1/50 000, le pas d'échantillonnage, cohérent avec cette échelle, est de l'ordre de la cinquantaine à la centaine de mètres. Une limite contenue dans une bande de 50 m de largeur (soit 1 mm sur la carte géologique à l'échelle 1/50 000) peut être considérée comme une limite « précise ». Dans la plupart des cas cependant, cette bande sera plus large (entre 100 et 200 m, soit 2 à 4 mm sur la carte géologique à 1/50 000). Une limite géologique contenue dans une bande de 4 mm sur la carte géologique à 1/50 000 sera contenue dans une bande de 4 cm dans le cas d'un document agrandi à 1/5 000 et de 20 cm dans le cas d'un agrandissement à 1/1 000.

Par ailleurs, la cartographie à l'échelle 1/50 000 ne permet pas, en théorie, de représenter les objets géologiques d'épaisseur et de longueur respectivement inférieure à 50 et 100 m (correspondant sur la carte à une enveloppe de 1 x 2 mm). Dans la pratique, un tel objet géologique est parfois représenté quand les auteurs de la carte estiment qu'il présente un intérêt particulier et/ou quand il permet une meilleure compréhension du document. Mais dans le cas général, les petits objets sans intérêt particulier ne sont pas représentés. Il est donc important de noter que des passées de roches potentiellement amiantifères peuvent ne pas avoir été représentées sur la carte géologique car de taille trop petite. Cartographier les objets géologiques dans un but de caractériser leur potentiel à émettre des fibres amiantifères nécessiterait de travailler à une échelle très petite, de l'ordre du 1/1 000 (1 mm sur la carte représentant 1 m sur le terrain). Quand bien même ce travail serait entrepris et achevé, la carte finale ne vaudrait que pour les zones affleurantes et directement accessibles à l'observation, et ne concernerait pas les secteurs dans lesquels le substratum potentiellement amiantifère est masqué par une pellicule superficielle plus ou moins épaisse, d'origine naturelle (sols, éboulis, colluvions, alluvions, etc.) ou anthropique (cas des remblais), susceptible d'être entièrement décapée à l'occasion de travaux. De plus, cette information n'intéresserait que la surface observable des affleurements et ne préjugerait pas de l'existence ou non, sous quelques mètres voire quelques centimètres de profondeur, de passées amiantifères non détectées car non présentes en surface. Le bref résumé suivant rappelle ce qu'est une carte géologique, son intérêt mais aussi ses limites.

Une carte géologique (2D) représente la projection sur un plan de l'intersection des formations géologiques (3D) avec la surface topographique (3D). Elle se définit géométriquement comme un ensemble de courbes fermées qui délimitent les aires de répartition des formations identifiées, chaque formation étant affectée d'une couleur symbolisant sa nature lithologique et/ou son âge.

L'intégration, au sein d'une courbe fermée, des points de caractéristiques identiques qui résultent d'observations de terrain, nécessite de les relier entre eux malgré le caractère discontinu des possibilités d'observation, dû au recouvrement superficiel qui masque en partie les affleurements

rocheux. Il est donc nécessaire de formuler des hypothèses pour relier entre eux les points de caractères identiques en argumentant cette liaison, notamment sur la base de raisonnements géologiques mais aussi à partir de l'interprétation de données géophysiques, géochimiques ou satellitaires.

La recherche des limites entre les différentes formations se solde généralement par la mise en évidence de zones au niveau desquelles la probabilité de présence des discontinuités recherchées est la plus grande, sans que ces dernières ne soient directement observables par manque d'affleurement propice. Les rapports géométriques des contacts entre formations avec la topographie, ainsi que les caractéristiques géologiques et structurales intrinsèques des formations, permettent d'extrapoler les formes des volumes rocheux en trois dimensions sur une profondeur qui est fonction de la maille et de la densité des informations collectées en surface.

Par sa nature même, toute carte géologique impose une démarche réductrice et donc sélective. On ne peut pas en effet représenter sur la surface d'une feuille de papier ou d'un écran, le contenu en vraie grandeur de ce que contient un terrain de dimension 50 000 fois supérieure (cas de la carte régulière de la France à 1/50 000). La conception même de la carte impose donc un processus mental « d'élagage » et de regroupement synthétique des données dans lequel intervient nécessairement un concept organisateur dominant.

La carte géologique, instrument indispensable à toute approche du terrain, constitue donc une synthèse cohérente de toutes les observations et mesures faites par les géologues, mais reste un document interprétatif.



## 5. Conclusion et perspectives

L'étude qui fait l'objet de ce rapport s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au MTES dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante naturellement présent dans l'environnement. Cette étude est en adéquation avec les objectifs du PNSE 1, « *action 1 : Renforcer la prévention et la maîtrise des risques sanitaires liés à l'environnement ; 1.3, Prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers. Réduire les expositions de la population à l'amiante en maintenant la vigilance sur l'application stricte de la réglementation concernant la prévention du risque amiante en milieu de travail et en population générale* », repris par le PNSE 2 « *action 1 : Réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; 1.5, Réduire l'exposition aux cancérigènes d'origine naturelle présents dans l'environnement. Amiante naturel* ».

Cette étude sur l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon s'inscrit dans le cadre d'un ensemble de projets ayant concerné la cartographie des roches susceptibles de contenir de l'amiante, dans différentes zones du Massif Central (la zone « Limousin » : Duron et *al.*, 2020a ; la zone « Monts du Lyonnais » : Duron et *al.*, 2020b ; la zone Auvergne : Duron et *al.*, 2020c ; la zone « Morvan » : Duron et *al.*, 2020d ; la zone « Albigeois » : Cagnard et *al.*, 2020a ; la zone « La Marche » : Cagnard et *al.*, 2020b), dans les Pyrénées, la Haute-Corse, la Savoie, l'Isère, les Hautes-Alpes, la Loire-Atlantique et le Massif Armoricaïn (e.g. Blein et *al.*, 2010 ; Lahondère et *al.*, 2010-2012a-2012b, Béchenec et *al.*, 2010-2013 ; Cagnard et *al.*, 2015) et plus récemment dans les Vosges (Duron et Baptiste, 2020) ; les Deux Sèvres (Duron et *al.*, 2020) ; l'Ubaye (Plunder et *al.*, 2021a), la zone du Mercantour (Cagnard et *al.*, 2022), les Aiguilles Rouges et le Mont Blanc (Cagnard et *al.*, 2022), les Maures-Tanneron (Plunder et *al.*, 2021b). Cette étude a été menée dans le cadre d'une convention entre le MTES/DGPR et le BRGM. Le programme de la présente étude inclut trois phases successives.

La première phase du projet a permis l'évaluation du « potentiel amiantifère » des formations géologiques présentes dans la zone concernée, à partir d'une synthèse de données bibliographiques et cartographiques pertinentes. Cette évaluation a été faite en prenant en compte tous les paramètres favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes, tels que la composition chimique et minéralogique des roches, l'importance des circulations de fluides, la nature des contacts géologiques et les évolutions structurale et métamorphique subies par les roches en question. Des analyses multicritères (AMC) ont été réalisées qui ont permis d'attribuer, à l'issue de cette première phase et pour chaque formation identifiée sur la carte géologique harmonisée départementale, un niveau de susceptibilité prévisionnel décliné en quatre classes (1 : « nul à très faible », 2 : « faible », 3 : « moyen », 4 : « fort à très fort »).

La seconde phase du projet comporte deux modules. Le premier module est destiné aux contrôles de terrain, menés prioritairement sur un ensemble de cibles identifiées à l'issue de la première phase. Ces opérations ont permis de reconnaître les principaux sites amiantifères, d'établir une typologie de ces sites et de prélever des échantillons à des fins analytiques.

Le second module correspond à un volet analytique au laboratoire et à l'identification précise des espèces minérales fibreuses, asbestiformes ou potentiellement asbestiformes, collectées sur les principaux sites visités.

Les analyses acquises dans le cadre des projets de cartographie ont pour objectif de préciser le niveau de susceptibilité de présence d'amiante et non pas de définir le statut réglementaire des matériaux analysés. Pour rappel : l'identification d'amiante dans les matériaux « contenant

naturellement de l'amiante » est régie par l'arrêté du 1<sup>er</sup> octobre 2019, actuellement en cours de révision.

La dernière phase du projet a permis de synthétiser l'ensemble des résultats obtenus sur le terrain et en laboratoire pour réaliser la carte de susceptibilité consolidée de présence d'amiante. Cela s'accompagne de la rédaction du présent rapport et de la publication de la carte de susceptibilité de présence d'amiante sur InfoTerre.

Les principaux résultats de cette étude montrent que :

- (1) Les roches ultrabasiques, de type péridotite serpentinisée/serpentine, sont absentes de l'archipel.
- (2) Les filons de dolérites et de gabbros sont caractérisés localement par le développement d'altération hydrothermale. Cette altération hydrothermale se traduit par l'altération de clinopyroxènes en actinolites, et par le développement local de fentes à actinolite et épidote. Ces actinolites peuvent présenter parfois des habitus asbestiformes. Ces lithologies sont les seules de l'archipel dans lesquelles des occurrences d'actinolite-amiante ont été caractérisées. De manière générale, une attention particulière devra donc être apportée à ces filons s'ils sont concernés par des travaux. Ces filons sont de petite taille (souvent inférieure au mètre), ce qui ne permet pas de les représenter systématiquement sur une carte à l'échelle du 1/50 000.
- (3) Les amphibolites se présentent en affleurements cartographiables (à l'échelle 1/50 000) au Cap Miquelon, ou en niveaux métriques dans les micaschistes et les métaquartzites (non représentés à l'échelle du 1/50 000). Elles sont constituées principalement de hornblendes mais peuvent contenir parfois des actinolites. Les cristaux d'actinolite observés dans ces amphibolites ne présentent pas une morphologie asbestiforme.
- (4) Les diorites du Cap Miquelon contiennent des amphiboles calciques, lesquelles correspondent principalement à des magnésio-hornblendes et à des anthophyllites. Toutefois, aucune occurrence à anthophyllite-amiante n'a été observée dans ces diorites.
- (5) Les métaquartzites et les micaschistes sont des lithologies non susceptibles de renfermer des occurrences amiantifères. Ces formations sont néanmoins caractérisés par la présence de niveaux métriques d'amphibolites et recoupées par des filons de dolérite et/ou de gabbros et de diorites dont la taille ne permet pas de les cartographier systématiquement à l'échelle du 1/50 000. Ces dernières lithologies (dolérites, amphibolites, diorites) peuvent contenir des amphiboles ayant des compositions d'actinolite et parfois d'anthophyllite.

Cette étude montre que l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon constitue une zone globalement peu impactée par la problématique de l'amiante environnemental. Les seules occurrences de minéraux asbestiformes observées sont associées à des filons de dolérites et/ou de gabbros caractérisés par une altération hydrothermale. La difficulté réside ici dans le fait que ces objets sont de petite taille, et ne sont donc pas systématiquement représentables - et donc souvent non représentés - à l'échelle du 1/50 000. Leur répartition sera aussi aléatoire, et donc peu prévisible. Il conviendra donc de porter une attention particulière à ces lithologies. Des amphiboles ayant des compositions chimiques d'anthophyllite et/ou d'actinolite ont été observées dans les diorites et les amphibolites. Une attention particulière sera apportée aux amphibolites qui se sont par cartographiées lorsqu'elles se présentent en niveaux métriques dans les micaschistes et les métaquartzites.

## 6. Bibliographie

**Amandus, H.E., Wheeler, R.,** (1987). Morbidity and mortality of vermiculite miners and millers exposed to tremolite-actinolite: *American Journal of Industrial Medicine*, v. 11, pp. 15–26.

**Aubert de la Rüe, E.,** (1950). Carte géologique des îles Saint-Pierre-et-Miquelon (1/50 000), feuille et sa notice explicative, Cahiers de l'Office de la Recherche Scientifique d'Outre-mer, Paris, 75 p.

**Auribault, M.,** (1906). Note sur l'hygiène et la sécurité des ouvriers dans les filatures et tissages d'amiante. *Bulletin de l'inspection du travail*, pp. 120-132.

**Bandli, B.R., Gunter, M.E.,** (2006). A review of scientific literature examining the mining history, geology, mineralogy, and amphibole asbestos health effects of the rainy creek igneous complex, Libby, Montana, USA: *Inhalation Toxicology*, v. 18, pp. 1–14.

**Baris, Y.I., Sahin, A.A., Ozesmi, M., Kerse, I., Ozen, E., Kolacan, B., Altinors, M., Goktepe, A.,** (1978). An outbreak of pleural mesothelioma and chronic fibrosing pleurisy in the village of Krain.Urgüp in Anatolia. *Thorax*, 33, pp. 181-192.

**Baris, Y.I.,** (1991). Fibrous zéolite (erionite)-related diseases in Turkey. *Am. J. Ind. Med.*, 19, pp. 374-378.

**Bazas, T., Oakes, D., Gilson, J.C., Bazas, B., McDonald, J.C.,** (1985). Pleural calcification in northwest Greece. *Environ. Res.*, 38(2), pp. 239-247.

**Béchenec, F., Aertgeerts, G., Lahondère, D., Cagnard, F., Berthier, H., Noel, S.,** (2010). Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de la Loire-Atlantique. Rapport final BRGM/RP-59108-FR, 116 pages + annexes.

**Béchenec, F., Aertgeerts, G., Lahondère, D.,** (2013). Cartographie de l'aléa amiante environnemental dans les départements du Massif armoricain. Rapport final BRGM/RP- 62079 - FR, 182 pages + annexes

**Blein, O., Cagnard, F., Lahondère, D., Zammit, C., Berthier, H.,** (2010). Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de la Savoie. Rapport final BRGM/RP-59101-FR, 89 pages + annexes.

**Blein, O., Rabu, D., Courbouleix, S.,** avec la collaboration de **Audru, J.-C.,** (2015). Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Pierre-et-Miquelon. Orléans : BRGM. Notice explicative par Blein O., Rabu D., Courbouleix S., Audru J.-C. (2015), 154 p.

**Boman, G., Schubert, V., Svane, B., Westerholm, P., Bolinder, E., Rohl, A.N., Fishbein, A.,** (1982). Malignant mesothelioma in Turkish immigrants in Sweden. *Scand. J. Work Environ. Health*, 8, pp. 108-112.

**Boutin, G., Viallat, J.R., Steinbauer, J., Dufour, G., Gaudichet, A.,** (1989). Bilateral pleural plaques in Corsica: a marker of non-occupational asbestos exposure. In: *Non occupational exposure to mineral fibers*, Bignon, J., Peto, J., Saracci, R., (Eds), Lyon, IARC, pp. 406-410.

**Caballero, Y., Bodéré, G., Nay, K.M.,** (2005). Cartographie de la densité de fracturation des roches potentiellement amiantifères en Haute-Corse. Répartition communale. Rapport final. BRGM/RP-54341-FR, 19p., 5 ill., 1 ann.

**Cagnard F., Le Bayon B., Lahondère D., Duron J., Bouroullec I., Caritg-Monnot S., Allanic C.,** (2015). Cartographie de l'aléa amiante environnemental dans les Pyrénées. Rapport final. BRGM/RP-65249-FR, 344 p., 191 ill., 7 ann., 1 ann.

**Cagnard F., Lahondère D., Duron J.** avec la collaboration de **Wille G., Lahfid A., Alleki M., Berthier H** (2020a) – Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Albigeois ». Rapport final. BRGM/RP-67735-FR, 188 p., 70 ill., 3 ann.

**Cagnard F., Lahondère D., Duron J.** avec la collaboration de **Wille G., Duée C., Alleki M., Berthier H.** (2020b) - Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « La Marche ». Rapport final. BRGM/RP-68939-FR, 152 p., 81 ill., 3 ann.

**Cagnard F., Plunder, A., Wille G., Duée, C., Alleki M.,** (2022) – Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Mercantour. Rapport final. BRGM/RP-71573-FR, 197 p., 99 ill., 4 ann.

**Constantopoulos, S.H., Goudevenos, J.A., Saratzis, N., Langer, A.M., Selikoff, I.J., Moutsopoulos, H.M.,** (1985). Metsovo lung: pleural calcification and restrictive lung function in Northwestern Greece. Environmental exposure to mineral fiber as etiology. Environ. Res., 38, pp. 319-331.

**Constantopoulos, S.H., Saratzis, N., Kontogiannis, D., Karantanas, A., Goudevenos, J.A., Katsiotis, P.,** (1987). Tremolite whitewashing and pleural calcifications in the Ophiolite belts of Greece. Chest., 99, 1158-1161.

**Coplu, L., Dumortier, P., Demir, A.U., et coll.** (1996). An epidemiological study in an Anatolian village in Turkey environmentally exposed to tremolite asbestos. J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol., 15(2-4), pp. 177-182

**Cosquéric, M., Juncy, G., Hervé, J.Y., Lamy, N., Le Bars, P.,** (1997). Nature et distribution des roches potentiellement amiantifères en Corse. Rapport BRGM R39354.

**Coutin, C., Cagnard F., Lahondère D.** (2020). Reconnaissance de zones naturelles amiantifères sur quatorze communes de Ponte-Leccia (Haute Corse) : Castineta, Morosaglia, Valle-di-Rostino, Castello-di-Rostino, Canavaggia, Bisinchi, Campile, Lento, Bigorno, Campitello, Volpajola, Scolca, Vignale, Murato. Rapport final. BRGM/RP-69546-FR, 403 p., 252 fig., 15 tabl. 3 ann.

**Daniau C., Cosson J., Dor F.,** (2008). Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale. Rapport final. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, 73 p.

**Dessandier, D., Spencer, C.** (2005). Recensement et classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France. Rapport BRGM/RP-53599-FR, 59 p., 12 fig., 3 tab., 3 ann.

**Duron J., Cagnard F., Lahondère D.** avec la collaboration de **Wille G., Lahfid A., Alleki M., Berthier H.** (2020a) - Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Limousin ». Rapport final. BRGM/RP-67798-FR, 196 p., 76 ill., 3 ann.

**Duron J., Cagnard F., Lahondère D.** avec la collaboration de **Wille G., Duee C., Alleki M., Berthier H.** (2020b) – Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Monts du Lyonnais ». Rapport final. BRGM/RP-67799-FR, 284 p., 125 ill., 3 ann.

**Duron J., Cagnard F., Lahondère D.** avec la collaboration de **Wille G., Duee C., Alleki M., Berthier H.** (2020c) - Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Auvergne ». Rapport final. BRGM/RP-68602-FR, 200 p., 104 ill., 3 ann.

**Duron J., Lahondère D., Cagnard F.** avec la collaboration de **Wille G., Duee C., Alleki M., Berthier H.** (2020d) - Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Morvan ». Rapport final. BRGM/RP-68592-FR, 172 p., 68 ill., 3 ann.

**Duron J.**, avec la collaboration de **Cagnard F., Lahondère D., Berthier H., Wille G., Duee C., Alleki M.** (2020). Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Deux-Sèvres. Rapport final. BRGM/RP-69837-FR, 153 p., 73 ill., 4 ann.

**Duron J., Baptiste J.**, avec la collaboration de **Lahondère D., Cagnard F., Berthier H., Wille G., Duee C., Maubec N.** (2020). Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques des Vosges. Rapport final. BRGM/RP-69935-FR, 183 p., 98 ill., 3 ann.

**EPA** (Environmental Protection Agency) (1993). Test method: method for determination of asbestos in bulk building materials. EPA/600/R-93/116

**Goldberg, P., Luce, D., Billon-Galland, M.A., Quenel, P., Salomon-Nekiriai, C., Nicolau, J., Brochard, P., Goldberg, M.**, (1995). Rôle potentiel de l'exposition environnementale et domestique à la trémolite dans le cancer de la plèvre en Nouvelle-Calédonie. Rev. Epidemiol. Santé Publique, 43, pp. 444-450.

**Gutierrez T., Lahondère D., Cagnard F.** (2016). Reconnaissance des zones naturelles amiantifères sur neuf communes de la région du Nebbio (Haute-Corse). Rapport final. BRGM/RP-66345-FR, 185 pages, 125 figures, 1CD.

**Hendricks, M.**, (2008). Naturally occurring asbestos in eastern Australia: a review of geological occurrence, disturbance and mesothelioma risk. Environ Geol (2009) 5, pp. 909–926

**Inserm** (Institut National de la Santé et de la recherche médicale) (1999). Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante (expertise collective). Rapport établi à la demande de la Direction Générale de la Santé et de la Direction des Relations du Travail (Ministère de l'Emploi et de la solidarité). 429 pp. Paris, France.

**Lahondère, D.**, (2006). Cartographie de l'aléa Amiante environnemental en Haute-Corse. Rapport BRGM/RP-55119-FR, 57 pages.

**Lahondère, D.**, (2007). Cartographie et minéralogie de l'amiante environnemental sur la commune de Murato (Haute-Corse). Rapport BRGM/RP-55142-FR, 63 pages.

**Lahondère, D., Cagnard, F., Zammit, C., Berthier, H.**, (2010). Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » sur le département de la Haute-Corse. Rapport final BRGM/RP-58847-FR, 162 pages.

**Lahondère, D., Cagnard, F., Maton, D.**, (2011a). Cartographie et minéralogie de l'amiante environnemental sur la commune de Bustanico (Haute-Corse). Rapport BRGM/RP-60356-FR, 136 pages, 116 ill.

**Lahondère, D., Cagnard, F., Maton, D.,** (2011b). Cartographie et minéralogie de l'amiante environnemental sur la commune de Corte (Haute-Corse). Rapport BRGM/RP-59981-FR, 134 pages, 117 ill.

**Lahondère, D., Blein, O., Cagnard, F.,** (2012a). Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de l'Isère. Rapport BRGM/RP-61438-FR, 198 pages, 101 ill.

**Lahondère, D., Cagnard, F., Blein, O.,** (2012b). Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département des Hautes-Alpes. Rapport BRGM/RP-61294-FR, 196 pages, 117 ill.

**Lahondère, D., Cagnard, F., Maton, D.,** (2013). Reconnaissance des zones naturelles amiantifères sur huit communes de la région de Bastia. Rapport BRGM/RP-62198-FR, 202 pages, 195 ill.

**Lahondère D., Cagnard F., Coutin C.** (2020). Reconnaissance de zones naturelles potentiellement amiantifères sur douze communes du Cap Corse (Haute-Corse) – Pino, Luri, Barrettali, Cagnano, Canari, Pietracorbara, Ogliastro, Sisco, Olcani, Nonza, Olmeta di Capocorso, Farinole. Rapport final. BRGM/RP-70672-FR, 307 p., 170 fig., 20 tab., 3 ann.

**Langer, A.M., Nolann, R.P., Costantopoulos, S.H., Mousopoulos, H.M.,** (1987). Association of Metsovo lung and pleural mesothelioma with exposure to tremolite containing white wash. *Lancet.*, 1, pp. 965-967.

**Luce, D., Brochard, P., Quesnel, P., Salomon-Nekiriai, C., Goldberg, P., billon-Galland, M.A., Goldberg, M.,** (1994). Malignant pleural mesothelioma associated with exposure to tremolite. *Lancet.*, 344, 1777.

**Luo, S., Liu, X., Mu, S., Tsai, S.P., Wen, C.P.,** (2003). Asbestos related diseases from environmental exposure to crocidolite in Dao-yao, China. *Int. Review of exposure and epidemiological data. Occup. Environ. Med.*, 60, pp. 35-42.

**Manda-Stachouli, C., Dalavanga, Y., Daskalopoulos, G., Leontaridi, C., Vassiliou, M., Constantopoulos, S.H.,** (2004). *Chest.*, 126(2), pp. 617-621.

**Maton D., Colombano S.,** (2007). Propositions de réduction du risque lié à la présence de zones d'affleurement de roches amiantifères et de dépôts de déblais sur la commune de Murato (Haute-Corse). BRGM/RP-55425-FR, 68 p., 1 fig., 1 tabl., 5 ann.

**McDonald, J.C., Liddell, F.D.K., Gibbs, G.W., et coll.** (1980). Dust exposure and mortality in chrysotile mining, 1910-1975. *British Journal of industrial medicine*, 37, pp. 11-24.

**McDonald, J.C., McDonald, A.D., Armstrong, B., Sébastei, P.,** (1986). Cohort study of mortality of vermiculite miners exposed to tremolite: *British Journal of Industrial Medicine*, v. 43, pp. 436–444.

**Metintas, M., Metintas, S., Hillerdal, G., Ucgun, I., Erginel, S., Alatas, F., Yildirim, H.,** (2005). Nonmalignant pleural lesions due to environmental exposure to asbestos: a field-based, cross-sectional study, *Eur. Respir. J.*, 26 (5), pp. 875-880.

**MSHA (Mine Safety and Health Administration)** (2005). Asbestos exposure limit ; proposed rule. Fed Reg. July 29: 43950-43989 Date accessed: June 30, 2008.

**Plunder, A.** (2021a). Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye (Alpes-de-Haute-Provence, 04). Rapport final. BRGM/RP-71411-FR, 169 p., 65 ill., 14 tab., 5 ann.

**Plunder, A.** (2021b). Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques des massifs des Maures et du Tanneron (Var, 83). Rapport final. BRGM/RP-71412-FR, 161 p., 67 ill., 5 ann.

**Rey, F., Viallat, J.R., Boutin, C., Farisse, P., Billon-Galland, M.A., Hereng, P., Dumortier, P., De Vuyst, P.,** (1993). Les mésothéliomes environnementaux en Corse du Nord-Est. *Rev., Mal. Resp.*, 10, pp. 339-345.

**Rey, F., Boutin, C., Viallat, J.R., Steinbauer, J., Alessandrini, P., Jutisz, P., Di Giambattista, D., Billon-galland, M.A., Hereng, P., Dumortier, P., De Vuyst, P.,** (1994). Environmental asbestotic pleural plaques in Northeast Corsica: correlations with airborne and pleural mineralogic analysis. *Environ. Health Persp.*, 102, pp.

**Scherbakov, S.V., Kashansky, S., Domnin, S.G., Kogan, F.M., Kozlov, V., Kochelayev, V.A., Nolan, R.P.,** (2001). The health effects of mining and milling chrysotile: the Russian experience. In: *The Health Effects of Chrysotile Asbestos: Contribution of Science to Risk-Management Decisions*. *Can. Mineral., Spec. Publ.* 5, pp. 187–198.

**Selçuk, Z.T., Coplu, L., Emri, S., Kalyoncu, A.F., Sahin, A.A., Baris, Y.I.,** (1992). Malignant pleural mesothelioma due to environmental mineral fiber exposure in Turkey. Analysis of 135 cases. *Chest.*, 102, pp. 790-796.

**Sichletidis, L., Daskalopoulou, E., Tsarou, V., Pnevmatikos, I., Chloros, D., Vamvalis, C.,** (1992). Five cases of pleural mesothelioma with endemic pleural calcifications in a rural area in Greece. *Med. Lav.*, 83, pp. 326-329.

**Siegrist, H.G., Wylie, A.G.,** (1980). Characterizing and discriminating the shape of asbestos particles. *Environ. Res.* 23, 348–361.

**Sullivan, P.,** (2007). Vermiculite, respiratory disease and asbestos exposure in Libby, Montana: Update of a cohort mortality study. *Environ Health Perspect* online 3 Jan 2007.

**Van Gosen, B.S.,** (2007). The geology of asbestos in the United States and its practical applications. *Environmental & Engineering Geoscience*, XIII, 1, 55–68.

**Wozniak, H., Wiecek, E., Stetkiewicz, J.,** (1988). Fibrogenic and carcinogenic effects of antigorite. *Polish Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 1: pp. 192-202.

**Wozniak, H., Wiecek, E.,** (1991). Evaluation of occupational exposure of workers engaged in mining of rock raw materials in the Sleza massif. *Med Pr.* 42(6), pp. 411-417.

**Yazicioglu, S., Oktem, K., İlçyato, R., Balci, K., Sayli, B.S.,** (1978). Association between malignant tumors of the lungs and pleura and asbestosis. A retrospective study. *Chest.*, 73, pp. 52-56.

**Yazicioglu, S., İlçyato, R., Balci, K., Sayli, B.S., Yorulmaz, B.,** (1980). Pleural calcification, pleural mesotheliomas and bronchial cancers caused by tremolite dust. *Thorax.*, 35, pp. 564-569.

**Zolov, C., Bourilkov, T., Babadjov, L., (1967).** Pleural asbestosis in agricultural workers.  
Environ. Res. 1, 3, 287-292.

## Annexe 1.

# Analyse multicritère réalisée pour les formations sélectionnées à l'issue des analyses des mots-clés

### Définition de l'analyse multicritère (AMC) :

Une analyse multicritère (AMC) combine simultanément l'analyse de différents critères et paramètres, et permet d'établir une note globale et un classement relatif en fonction du poids et de l'importance des différents critères. L'AMC donne la possibilité d'intégrer sous différentes formes (pondération, valeur, note, etc.) l'importance inégale des différents critères qui sont utilisés lors de cette analyse.

Lors d'une analyse multicritère, les premiers paramètres fixés sont définis comme des « *critères* » et correspondent aux paramètres d'évaluation. Une AMC peut intégrer de 1 à n critères. Chaque critère va être constitué d'une ou plusieurs « *alternatives* » qui correspondent aux différents choix disponibles au sein d'un critère.

L'importance relative d'un critère et/ou d'une alternative par rapport aux autres dans l'analyse multicritère est quantifiée par l'attribution de « *poids* » (pour classer l'importance relative des critères entre eux) et de « *valeurs* » (pour classer l'importance relative des alternatives entre elles). Les valeurs et les poids sont généralement définis par un nombre réel ou un intervalle de nombres réels (positifs ou négatifs).

### Objectifs de l'analyse multicritère (AMC) :

Dans la présente étude, l'objectif de l'analyse multicritère est d'établir, à partir des données disponibles extraites des cartes géologiques départementales harmonisées et des coupures géologiques à 1/50 000, une estimation des niveaux de susceptibilité prévisionnels de l'amiante dans l'environnement naturel pour la sélection de caissons résultant de l'analyse des mots-clés. L'estimation de ces niveaux de susceptibilité prévisionnels par AMC revient à estimer la susceptibilité des formations géologiques à renfermer des occurrences de minéraux amiantifères. Plusieurs paramètres géologiques, *a priori* favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes, ont été pris en compte dans cette AMC. Ces paramètres concernent :

- la composition chimique et minéralogique des roches ;
- les caractéristiques et l'intensité des déformations affectant ces roches ;
- l'existence signalée ou avérée de minéraux asbestiformes ;
- l'importance des circulations fluides ;
- la nature des contacts géologiques.

Chacun de ces paramètres a été pondéré selon différents critères pour permettre la mise en œuvre de l'AMC. Ces critères sont issus, en partie, des données attributaires des bases de données associées aux cartes géologiques harmonisées utilisées.

## **Définition des critères et des alternatives de l'AMC et attribution des poids et des valeurs associés :**

Les quatre critères choisis pour l'AMC sont les suivants :

- (1) La lithologie ;
- (2) La minéralogie de la roche ;
- (3) Le type de déformation affectant les roches de la formation géologique ;
- (4) L'intensité de la déformation affectant les roches de la formation géologique.

Le poids relatif de chacun de ces quatre critères les uns par rapport aux autres a ensuite été estimé. Cela revient à hiérarchiser, d'après nos connaissances d'experts et les données de la littérature, l'importance relative de ces critères dans les processus de cristallisation de fibres asbestiformes. La composition chimique des roches étant primordiale, un poids de 3 a été attribué aux critères « lithologie » et « minéralogie ». Les critères concernant la déformation des roches ont été considérés comme moins primordiaux, bien qu'importants, pour favoriser la cristallisation de fibres asbestiformes. De ce fait, un poids de 2 a été attribué au critère « type de déformation » et un poids de 1 a été attribué au critère « intensité de la déformation ».

À chacun des quatre critères précédemment définis ont été attribuées plusieurs alternatives. Ces alternatives ont ensuite été hiérarchisées les unes par rapport aux autres, en fonction de leur importance relative dans les processus de formation de fibres asbestiformes.

Pour établir cette hiérarchie, des valeurs différentes ont été attribuées à chaque alternative.

### **Critère 1 : Lithologie de la roche**

Les alternatives choisies sont présentées ci-dessous (Illustration 57).

<i>lithologies (MC)</i>	<i>alternatives</i>
blaviérite	2
cinérite	2
dacite	2
diabase	2
diorite	2
diorite quartzifère	2
gabbro	2
kératophyre	2
lamprophyre	2
leptynite	2
marbre	2
métacarbonate	2
métadolomie	2
microdiorite	2
monzodiorite	2
rhyodacite	2
rhyolite	2
spilite	2
syénite	2
tuf	2
tuf rhyolitique	2
amphibolite	5
cipolin	5
éclogite	5
méta-basite	5
talcschiste	5
méta-andésite	7
méta-dolérite	7
skarn	7
péridotite	10
ultrabasite	10
serpentinite	10

*Illustration 59 : Valeurs attribuées aux alternatives « Lithologie » (cf. explication dans le texte ci-après).*

Les valeurs attribuées à chacune des alternatives sont égales à 2, 5, 7 ou 10. La valeur maximale « 10 » a été attribuée aux lithologies ultrabasiques telles que les péridotites, les ultrabasites et les serpentinites, roches pour lesquelles la probabilité de trouver de l'amiante est la plus forte.

Les lithologies telles que les métagabbros, les gabbros amphibolitisés et les métadolérites ont été dotées d'une valeur 7. En effet, des amphiboles de la série actinolite-trémolite sont fréquemment décrites dans ces roches, dès lors qu'elles sont affectées par un métamorphisme de type HT-BP et/ou par un métamorphisme dans le faciès des schistes verts (métamorphisme régional ou hydrothermalisme). Les alternatives concernant certaines roches métamorphiques telles que les pyroxénites et les éclogites amphibolitisées par exemple ont été dotées d'une valeur 5.

Enfin, les lithologies *a priori* les moins favorables à l'existence de minéraux amiantifères mais pouvant exceptionnellement en contenir ont été dotées d'une valeur 2 (métacarbonate, diabase, diorite, gabbro, kéraatophyre, lamprophyre, leptynite, rhyodacite, rhyolite, spilite, syénite, granodiorite, tonalite, etc.).

## Critère 2 : Minéralogie de la roche

Pour la minéralogie de la roche, quatre alternatives ont été choisies. Les valeurs attribuées à ces alternatives sont respectivement de 0 (minéralogie incompatible avec la présence d'amiante), 3 (minéralogie faiblement compatible avec la présence d'amiante), 7 (minéralogie moyennement compatible avec la présence d'amiante) et 10 (minéralogie fortement compatible avec la présence d'amiante) (Illustration 58).

<i>descriptions (minéralogie)</i>	<i>alternatives</i>
Minéralogie incompatible avec la présence d'amiante et/ou minéralogie connue, fiable, confirmant l'absence de fibres potentiellement amiantifères	0
Minéralogie faiblement compatible avec la présence d'amiante et/ou minéralogie connue ± fiable, n'indiquant pas la présence de fibres potentiellement amiantifères	3
Minéralogie moyennement compatible avec la présence d'amiante et/ou minéralogie connue ± fiable, indiquant la présence de fibres potentiellement amiantifères	7
Minéralogie fortement compatible avec la présence d'amiante et/ou minéralogie connue ± fiable, confirmant la présence de fibres potentiellement amiantifères	10

Illustration 60 : Valeurs attribuées aux alternatives « Minéralogie ».

## Critère 3 : Types de déformation

Les connaissances préalablement acquises dans le cadre de plusieurs études intéressant notamment la chaîne des Alpes (Haute-Corse, Isère, Hautes-Alpes, Savoie) et la Nouvelle-Calédonie ont montré que les roches affectées par une déformation ductile constituaient souvent des sites favorables à la cristallisation de fibres asbestiformes (notamment localisées dans les plans de foliation, les veines syncinématiques et les zones de cisaillement). Les roches affectées par des déformations à la transition fragile-ductile peuvent également contenir des structures

favorables à la cristallisation de fibres asbestiformes, sous la forme notamment de veines tardives (Lahondère et *al.*, 2010 ; Lahondère et *al.*, 2011a, b ; Lahondère et *al.*, 2012a, 2012b). Les roches uniquement affectées par des déformations fragiles peuvent également être recoupées par des veines amiantifères, mais de façon plus occasionnelle.

Quatre alternatives ont été choisies (Illustration 59). Les valeurs attribuées à chacune de ces alternatives correspondent à 0 (absence de déformation), 3 (déformation fragile), 7 (déformation fragile/ductile) et 10 (déformation ductile).

<b>descriptions (déformation)</b>	<b>alternatives</b>
Absence de déformation	0
Déformation fragile	3
Déformation fragile-ductile	7
Déformation ductile	10

Illustration 61 : Valeurs des alternatives « Déformation ».

#### **Critère 4 : Intensité de la déformation**

Quatre alternatives ont également été choisies pour ce critère (Illustration 60). Les valeurs attribuées à chacune de ces alternatives sont : 0 (intensité nulle), 3 (intensité faible), 7 (intensité moyenne) et 10 (intensité forte). Ces valeurs intègrent la corrélation positive qui existe entre l'intensité des déformations subies et l'importance des cristallisations asbestiformes.

<b>descriptions (intensité de la déformation)</b>	<b>alternatives</b>
Intensité nulle et/ou absence de déformation	0
Intensité faible	3
Intensité moyenne	7
Intensité forte	10

Illustration 62 : Valeurs des alternatives « Intensité de la déformation ».

#### **Calcul de la note finale et classification des résultats**

Dans cette analyse multicritère, la méthode des sommes pondérées (« *Weight Sum Method* » ou WSM) a été utilisée pour attribuer une note de susceptibilité aux formations sélectionnées. La formule mathématique est la suivante :

$$Notefinale = \sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j \quad (1)$$

Dans cette équation, *a<sub>ij</sub>* correspond à la valeur de l'alternative *i* pour le critère *j* et *w<sub>j</sub>* correspond au poids de ce même critère.

À l'issue de cette analyse multicritère, des intervalles de notes finales ont été définis pour chacun des niveaux de susceptibilité prévisionnels (*nul à très faible, faible, moyen et fort à très fort*). Ces classes de susceptibilité prévisionnel correspondent à la probabilité pour que des minéraux asbestiformes soient présents dans la formation géologique.

Le calcul dans le cadre de l'AMC a été effectué pour toutes les formations géologiques de la carte géologique harmonisée de la zone « Aiguilles Rouges et Mont-Blanc », y compris pour le groupe des formations géologiques de niveau de susceptibilité prévisionnel *a priori* « nul à très faible » dans lequel ont été intégrées toutes les formations géologiques non sélectionnées comme « prioritaires » à l'issue de l'analyse thématique par mots-clés.

Les bornes des intervalles correspondant aux quatre catégories du niveau de susceptibilité prévisionnel ont été obtenues par le calcul de l'AMC et sont indiquées ci-dessous (Illustration 61).

<b><i>Aléa prévisionnel</i></b>	
Nul à très faible (1)	<34
Faible (2)	(35-51)
Moyen (3)	(52-71)
Fort (4)	>72

Illustration 63 : Intervalles retenus pour les niveaux de susceptibilité prévisionnels.



## Annexe 2.

### Coordonnées GPS des points d'observation

<b>points</b>	<b>lat WGS84</b>	<b>long WGS84</b>
975B001	46,75198	-56,22071
975B002	46,76941	-56,23201
975B003	46,78247	-56,21047
975B004	47,07110	-56,37837
975B005	47,07860	-56,37623
975B006	47,07927	-56,37530
975B007	47,08508	-56,36879
975B008	47,10400	-56,40047
975B008	47,10400	-56,40047
975B009	47,10590	-56,40107
975B010	47,10972	-56,40039
975B011	47,13240	-56,35273
975B012	47,13155	-56,34753
975B013	47,13126	-56,37829
975B014	47,11819	-56,37241
975B015	46,82231	-56,40299
975B016	46,89095	-56,28615
975B017	47,04461	-56,25237
975B018	46,81557	-56,16600
975B019	47,13126	-56,37349

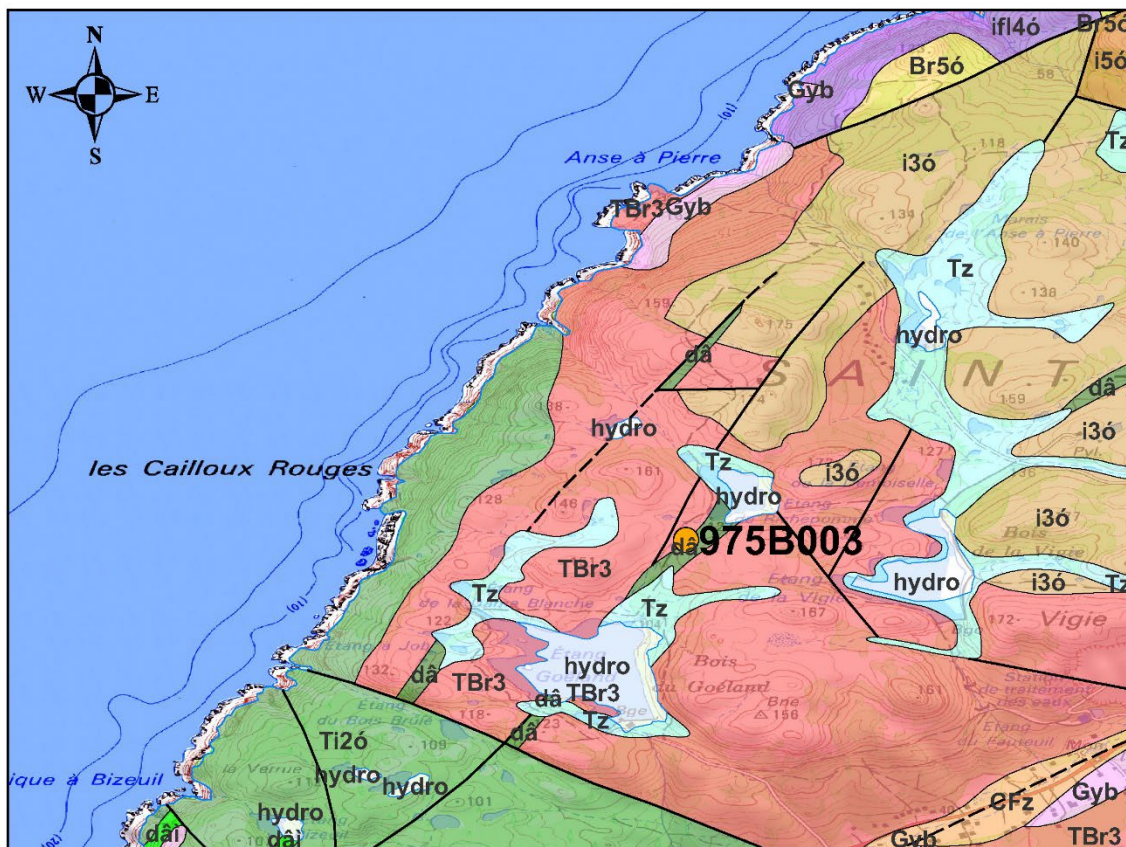


## **Annexe 3.**

# **Fiches de localisation des affleurements expertisés sur le terrain**

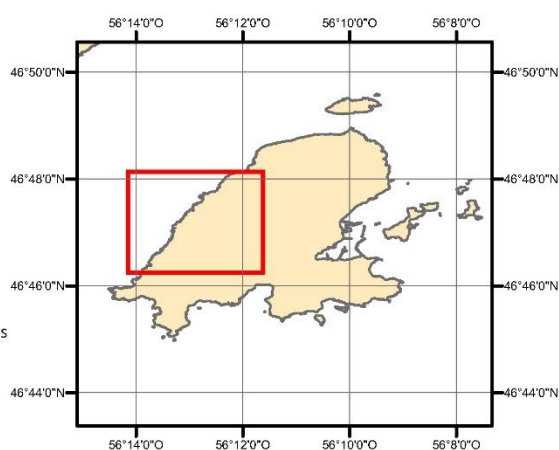


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon

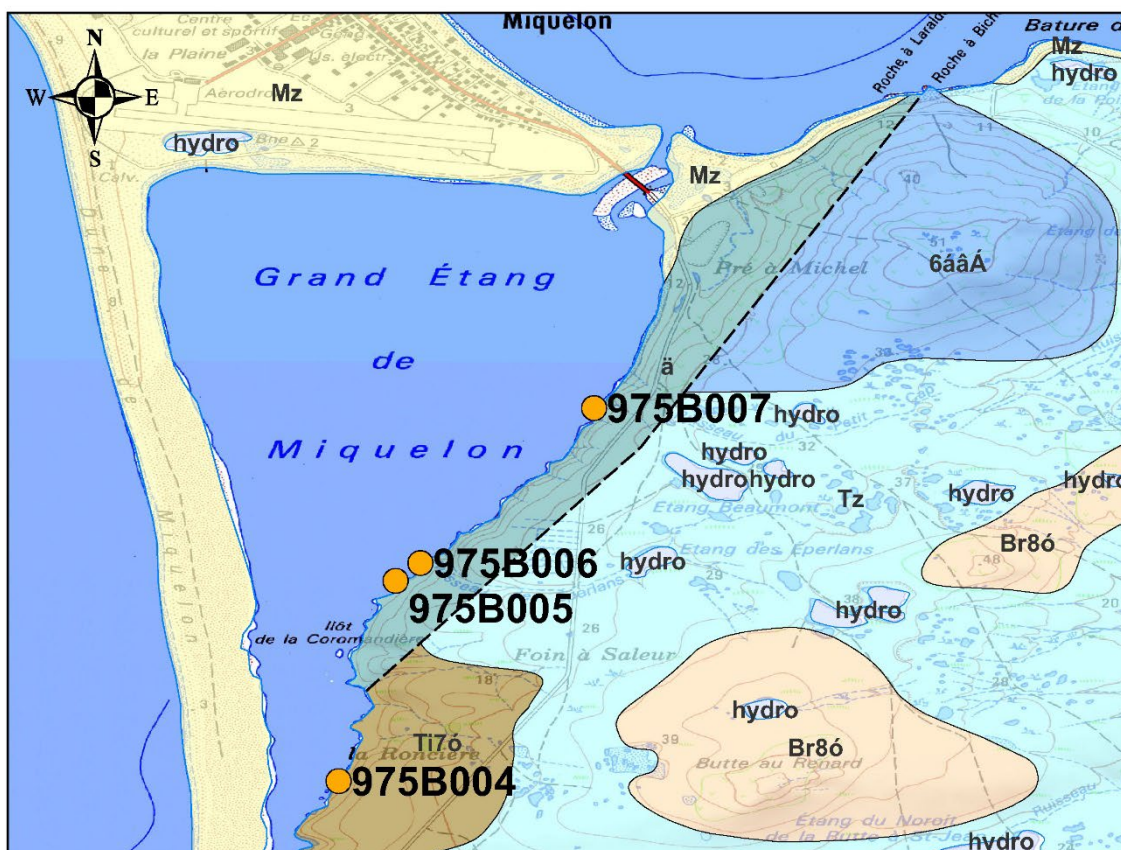


### Légende

- CFz, Alluvions et colluvions post-glaciaires (Holocène) : Sables, siltites
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tillis glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe de Saint-Pierre (Ediacarien)
  - dβ0, Filons de dolérites et de gabbros de type I
  - dβ, Filons de dolérites et de gabbros de type II
- i5p, Fm. du Trépied : Rhyolites ignimbrétiques rubanées
- Br5p, Fm. du Trépied : Brèches pyroclastiques
- ifl4p, Fm. du Cap Rouge : Rhyolites ignimbrétiques roses fluidales
- TBr3, Fm. de la Vigie, Mbr. de Galantry : Tufs et brèches pyroclastiques
- i3p, Fm. de la Vigie, Membre du Pain de Sucre : Rhyolites ignimbrétiques
- Ti2p, Fm. du Cap aux Basques : Tufs pyroclastiques et rhyolites ignimbrétiques fiammées

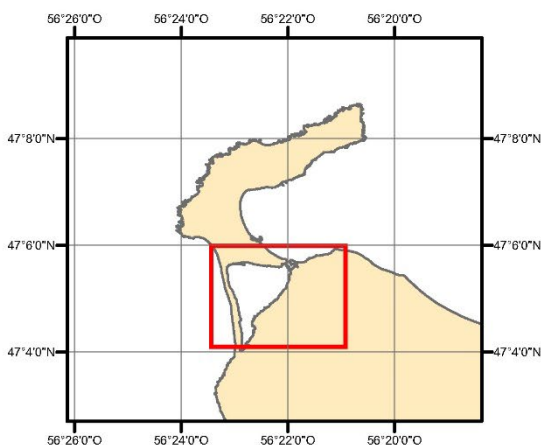


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon

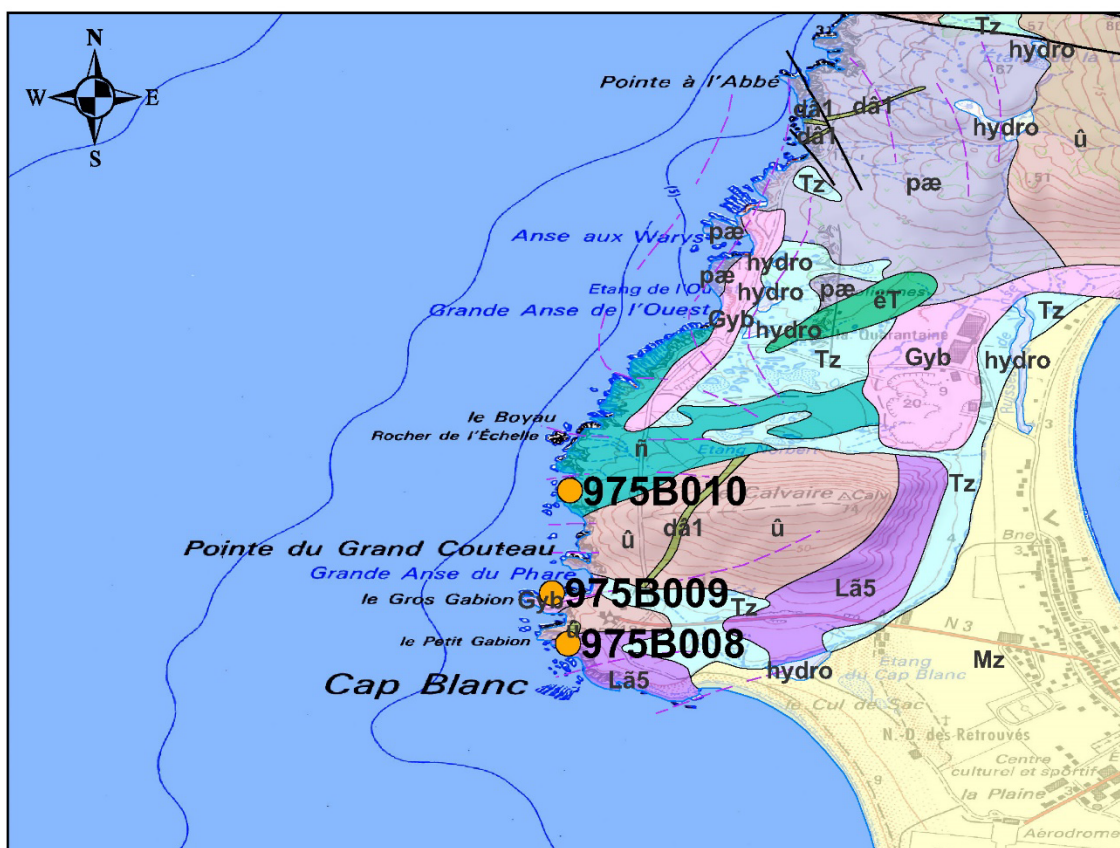


### Légende

- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Groupe de Miquelon (Ediacarien)
  - TI7p, Fm. de la Pointe à la Jument : Tufs et ignimbrites fiammées
  - 6αβI, Fm. de Belliveau : Andésites et brèches andésitiques
- Groupe du Cap Miquelon (Néoprotérozoïque)
  - δ, Amphibolites interstratifiées (sills et coulées)

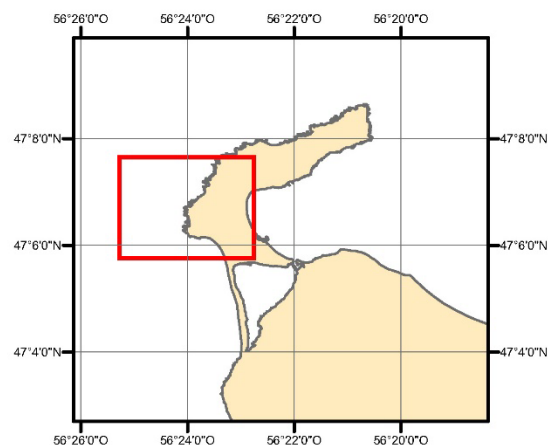


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon



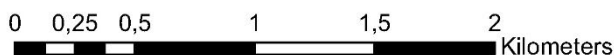
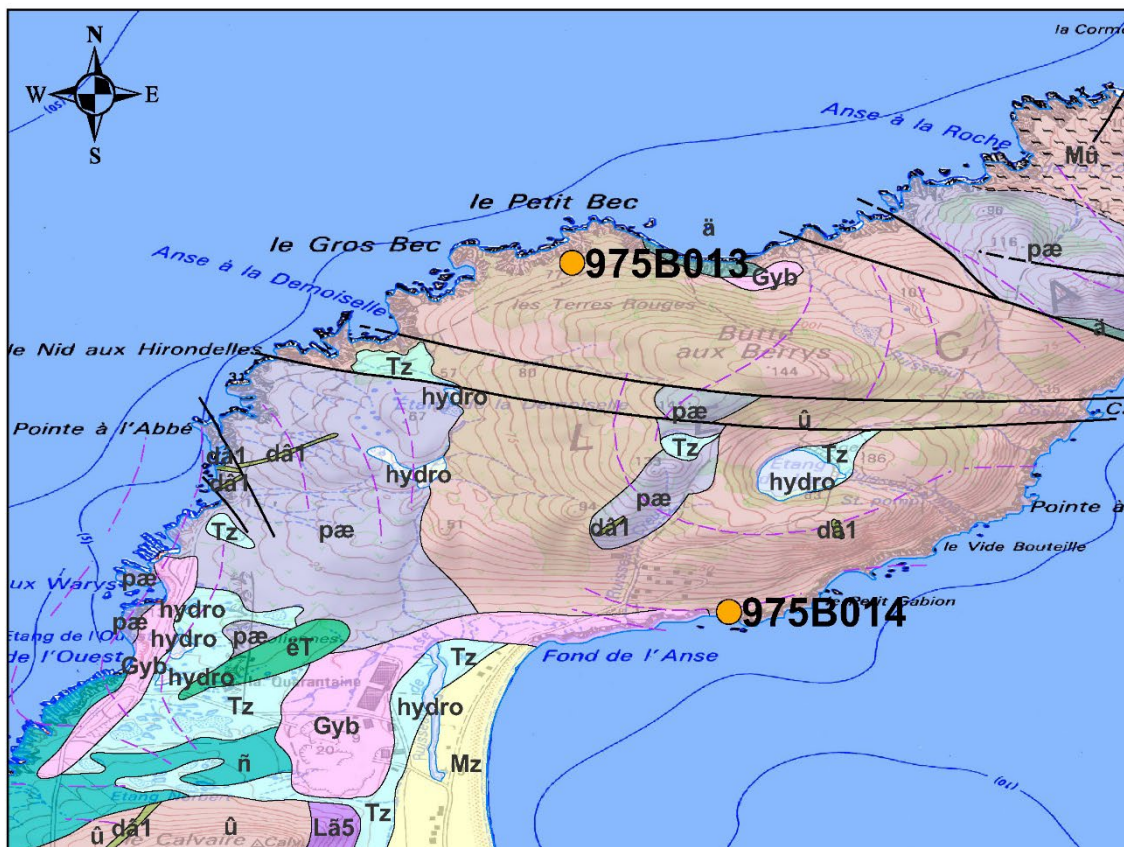
### Légende

- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tills glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe du Cap Miquelon (Néoprotérozoïque)*
- dβ, Filons de dolérites
- ηT, Diorite de l'Anse à la Vierge
- Lã5, Trondhjémite du Cap Blanc
- Mχ, Paragneiss à muscovite et cordiérite, indices de fusion partielle
- ξ, Micaschistes à muscovite et cordiérite
- χ, Métaquartzites à lits de magnétite



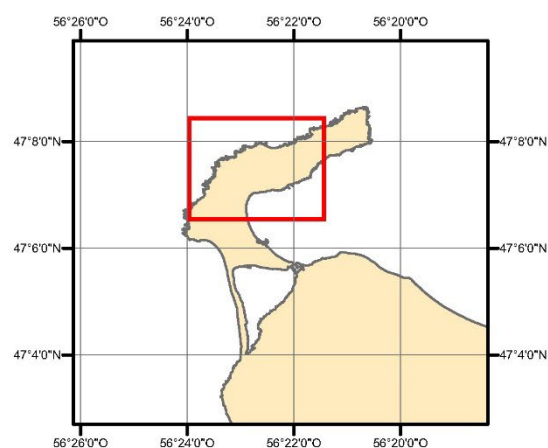


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon

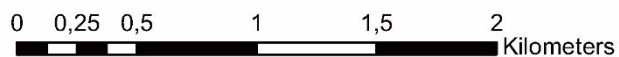
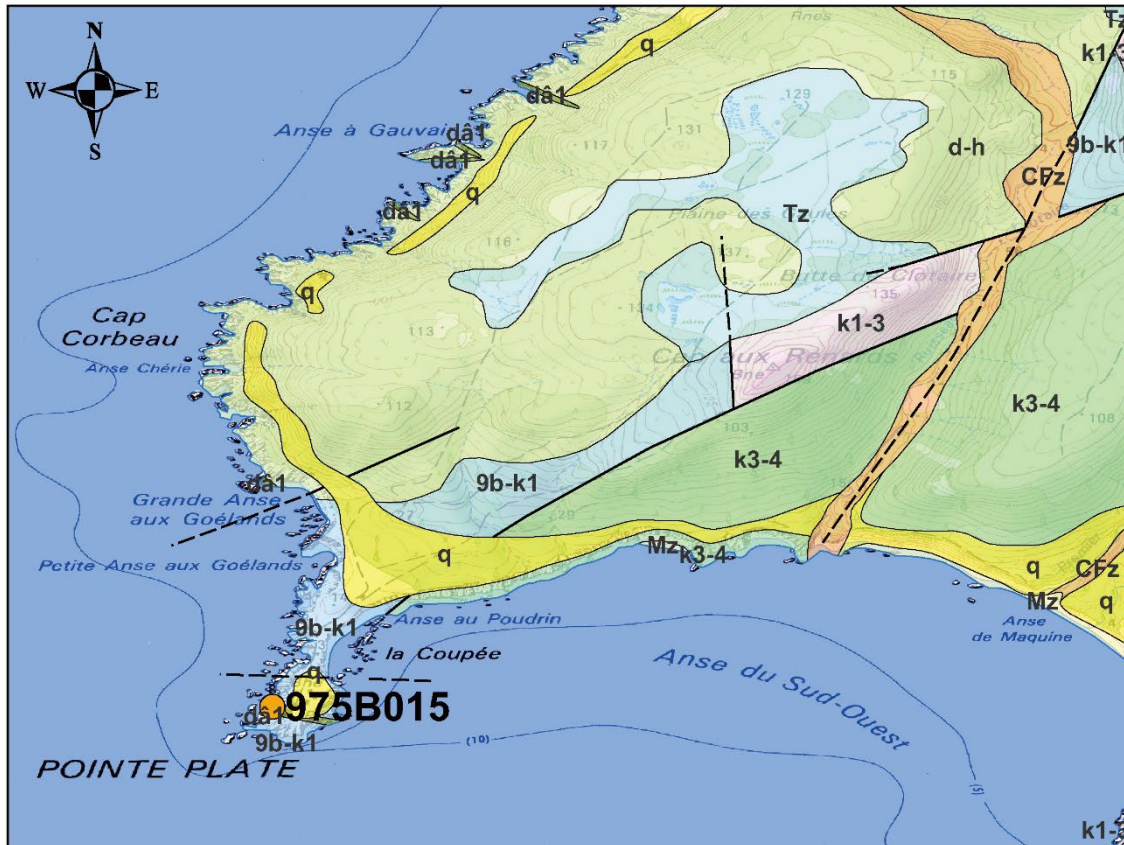


### Légende

- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tills glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe du Cap Miquelon (Néoprotérozoïque)*
- dβ, Filons de dolérites (Mésozoïque?)
- ηT, Diorite de l'Anse à la Vierge
- Lγ5, Trondhjémite du Cap Blanc
- Mχ, Métaquartzites à magnétite, indices de fusion peu abondants
- δ, Amphibolites interstratifiées (sills et coulées)
- pζ, Paragneiss à muscovite et cordiérite, indices de fusion partielle
- ξ, Micaschistes à muscovite et cordiérite
- χ, Métaquartzites à lits de magnétite

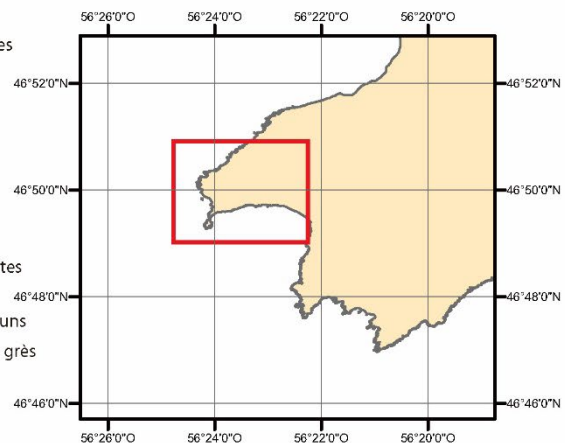


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon

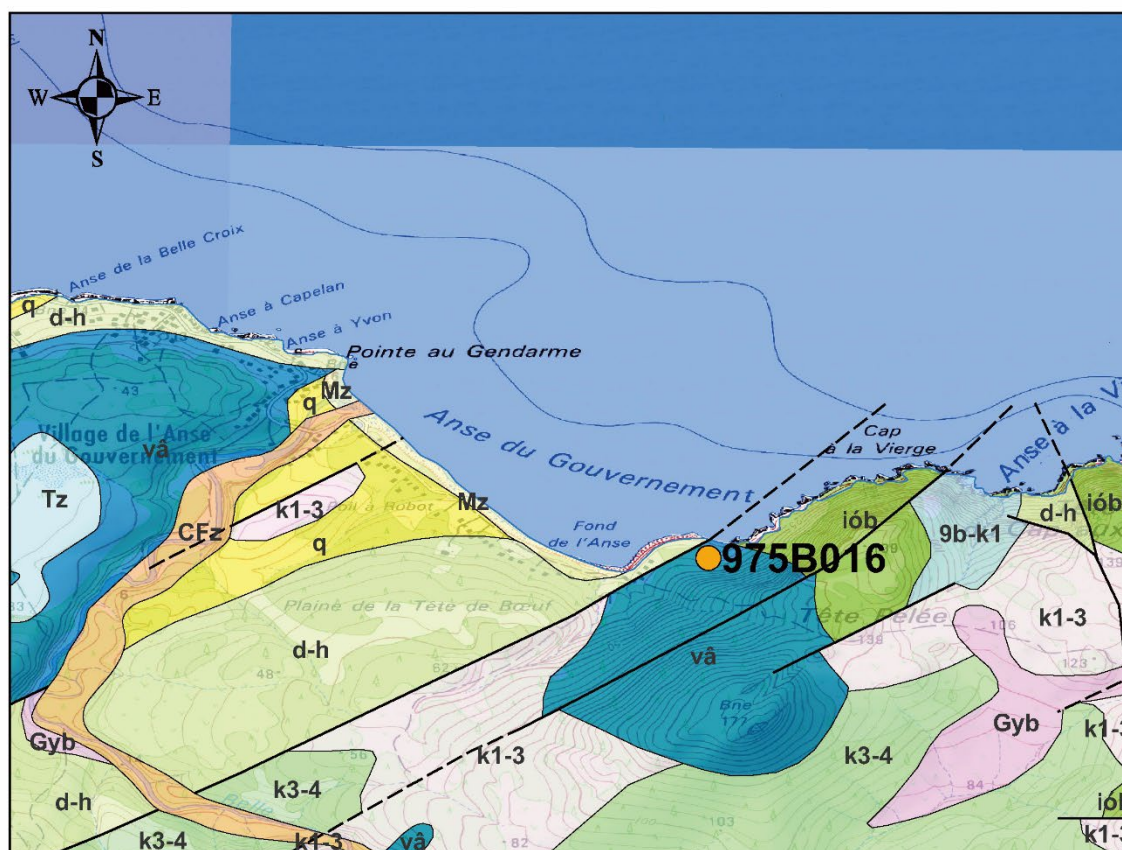


### Légende

- CFz, Alluvions et colluvions post-glaciaires (Holocène) : Sables et siltites
- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Groupe du Petit Barachois (Pléistocène)*
- q, Sables grossiers, sables argileux et argiles sableuses
- Groupe de la Belle Rivière (Ediacarien à Paléozoïque supérieur)*
- d-h, Fm. du Cap Sauveur : Conglomérats, grès et argilites
- Groupe de Langlade (Cambrien inférieur à moyen)*
- k3-4, Fms. Brigus, Chamberlain's Brook, Manuels River : Siltites et argilites
- Groupe de Fortune (Ediacarien à Cambrien inférieur)*
- k1-3, Fm. de Random (Cambrien inférieur) : Quartzites blancs et/ou bruns
- 9b-k1, Fm. de Chapel Island (Ediacarien à Cambrien inférieur) : Siltites, grès
- Groupe du Cap Miquelon (Néoprotérozoïque)*
- dβ, Filons de dolérites



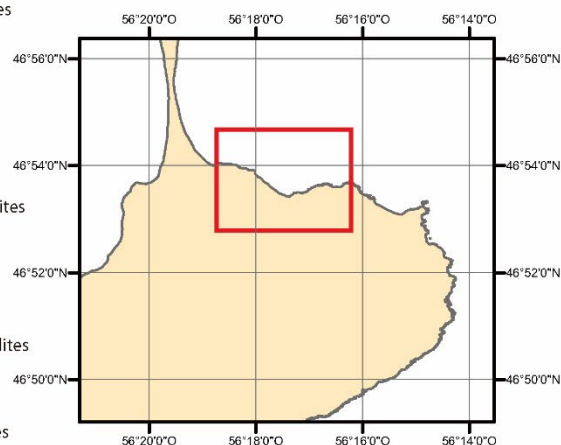
## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon



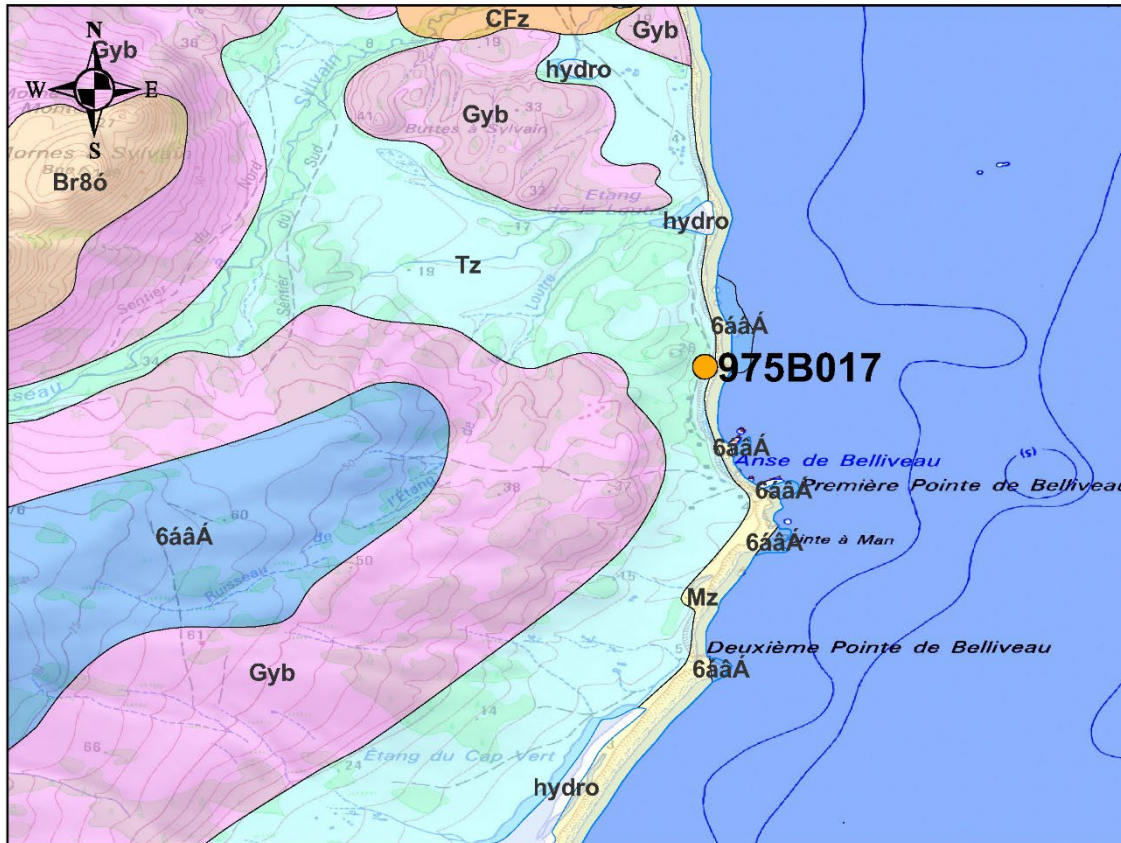
0 0,25 0,5 1 1,5 2 Kilometers

### Légende

- CFz, Alluvions et colluvions post-glaciaires (Holocène) : Sables et siltites
- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silt laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tillis glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe du Petit Barachois (Pléistocène)*
- q, Sables grossiers, sables argileux et argiles sableuses
- Groupe de la Belle Rivière (Ediacarien à Paléozoïque supérieur)*
- d-h, Fm. du Cap Sauveur (Paléozoïque sup.) : Conglomérats, grès, argilites
- vâ, Fm. du Cap aux Morts : Basaltes vésiculés
- iôb, Fm. de l'Anse du Gouvernement (Ediacarien) : Ignimbrites fluidales et brèches rhyolitiques
- Groupe de Langlade (Cambrien inférieur à moyen)*
- k3-4, Fm. Brigus, Chamberlain's Brook et Manuels River : Siltites et argilites
- Groupe de Fortune (Ediacarien à Cambrien inférieur)*
- k1-3, Fm. de Random (Cambrien inf.) : Quartzites blancs et/ou bruns
- 9b-k1, Fm. de Chapel Island (Ediacarien à Cambrien inf.) : Siltites et grès



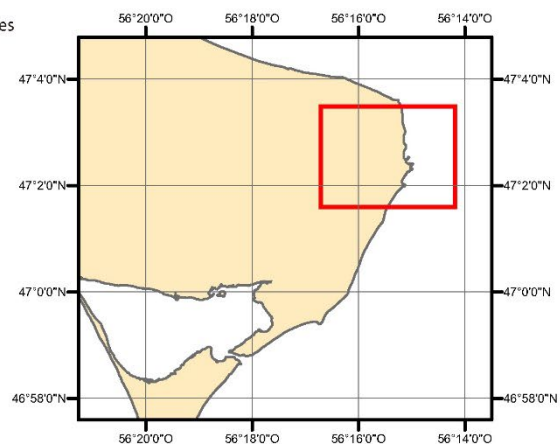
## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon



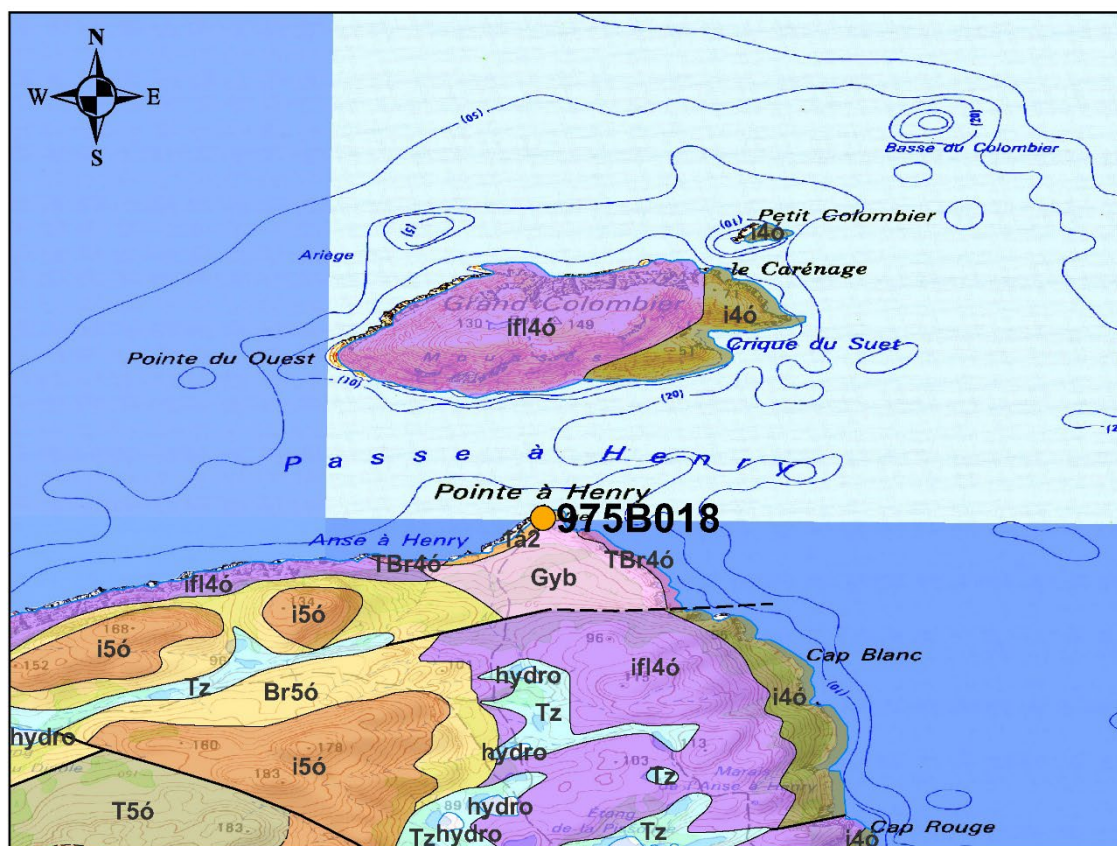
0 0,25 0,5 1 1,5 2 Kilometers

### Légende

- CFz, Alluvions et colluvions post-glaciaires (Holocène) : Sables et siltites
- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tillis glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe de Miquelon (Édiacarien)*
- Br86, Fm. des Mornes : Rhyolites et brèches rhyolitiques
- 6aaA, Fm. de Belliveau : Andésites et brèches andésitiques



## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon

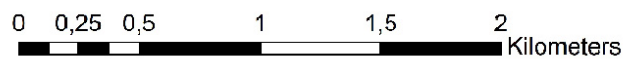
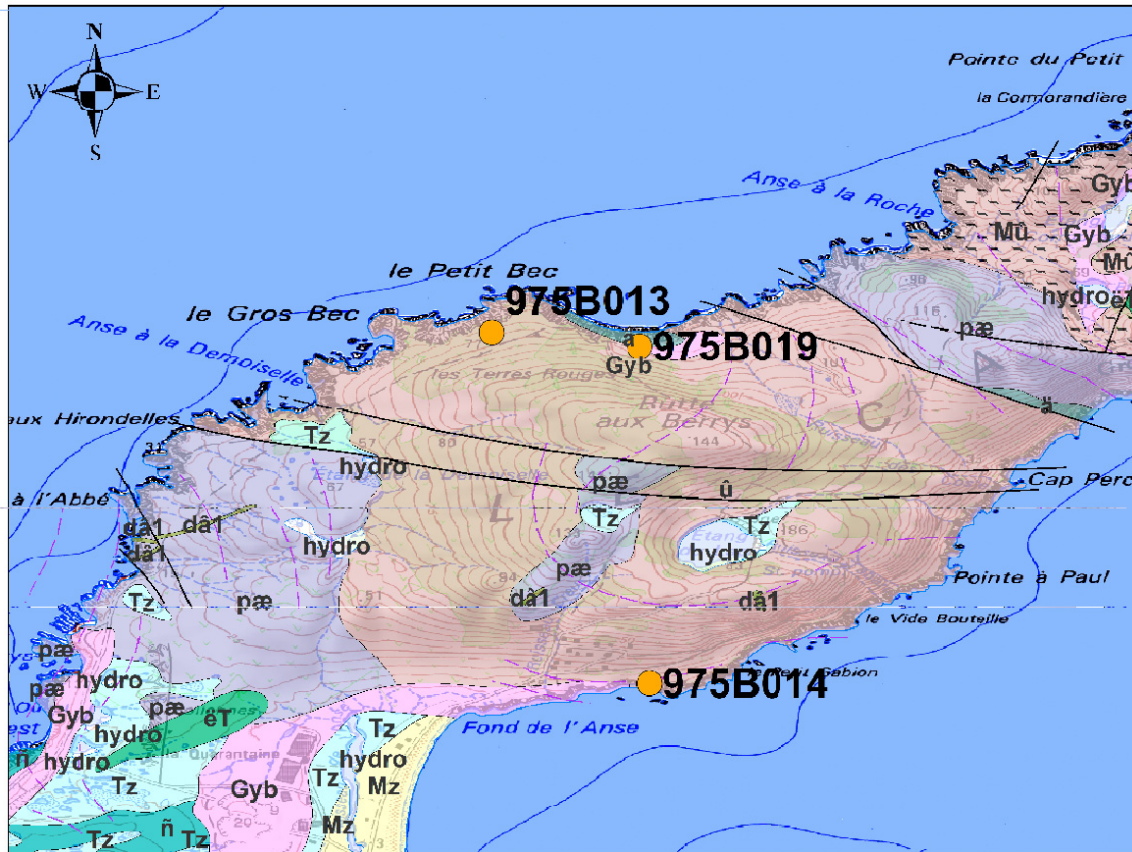


### Légende

- Tz, Vases, silt lacuno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tills glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe de Saint-Pierre (Ediacarien)*
- i56, Fm. du Trépied : Rhyolites ignimbrtiques rubanées
- T56, Fm. du Trépied : Tufs pyroclastiques
- Br56, Fm. du Trépied : Brèches pyroclastiques
- ifl46, Fm. du Cap Rouge : Rhyolites ignimbrtiques roses fluidales
- i46, Fm. du Cap Rouge : Rhyolites ignimbrtiques blanches
- TBr46, Fm. du Cap Rouge : Tufs et brèches avec grès et conglomérats
- 1â2, Fm. de la Pointe du Diamant : Basaltes et brèches volcaniques

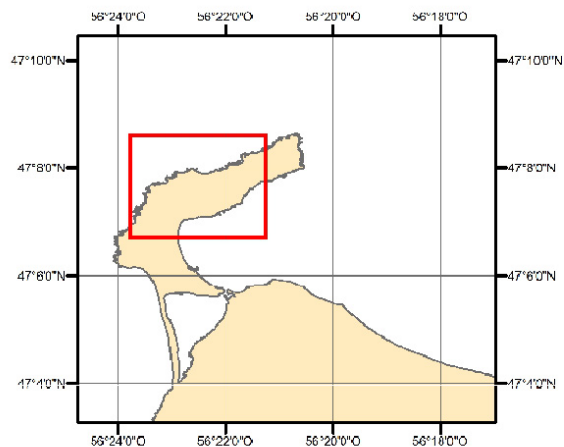


## Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon



### Légende

- Mz, Dépôts littoraux post-glaciaires (Holocène) : Sables et galets
- Tz, Vases, silts laguno-lacustres et tourbes (Holocène)
- Gyb, Tills glaciaires et dépôts peri-glaciaires (Pléistocène supérieur)
- Groupe du Cap Miquelon (Néoprotérozoïque)*
- dβ, Filons de dolérites (Mésozoïque?)
- ηT, Diorite de l'Anse à la Vierge
- γ5, Trondhjémite du Cap Blanc
- Mγ, Métaquartzites à magnétite, indices de fusion peu abondants
- δ, Amphibolites interstratifiées (sills et coulées)
- pC, Paragneiss à muscovite et cordiérite, indices de fusion partielle
- ε, Micaschistes à muscovite et cordiérite
- χ, Métaquartzites à lits de magnétite



## **Annexe 4.**

### **Résultats obtenus à la microsonde électronique**

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel  
de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	975B002A											
	16	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29
	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite
SiO2	53,80	53,34	47,25	53,27	54,07	55,08	50,08	51,85	52,84	54,11	52,30	51,03
TiO2	0,05	0,00	0,05	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,88
Al2O3	0,34	0,40	0,39	0,45	0,40	0,44	0,33	0,39	0,37	0,84	1,38	1,86
FeO	11,73	12,25	11,34	11,77	12,56	12,12	10,72	12,05	11,38	16,34	24,18	9,96
MgO	16,14	15,53	13,39	15,45	15,98	15,67	14,87	15,11	15,97	14,22	9,74	15,18
CaO	12,29	12,09	10,64	12,17	12,42	12,36	11,52	11,69	11,98	12,16	10,36	20,46
Na2O	0,08	0,08	0,08	0,08	0,13	0,10	0,13	0,08	0,08	0,17	0,22	0,39
K2O	0,03	0,06	0,04	0,05	0,05	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,14	0,00
Sum	94,45	93,75	83,18	93,34	95,69	95,76	87,67	91,20	92,62	97,83	98,34	99,77
<b>Site T</b>												
Si-T	7,94	7,95	7,96	7,98	7,90	8,04	7,98	7,94	7,93	7,82	7,67	7,82
ivAl-T	0,06	0,05	0,04	0,02	0,07	0	0,02	0,06	0,07	0,14	0,24	0,18
Ti-T	0,00	0	0	0	0,01	0	0	0	2,26E-06	0,00	0,00	0
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	7,98	8,04	8	8	8,00	7,96	7,91	8,00
<b>Site C</b>												
viAl-C	0	0,02	0,04	0,06	0	0,07	0,04	0,01	0	0	0	0,15
Ti-C	0,00	2,24E-06	0,01	0,01	0	2,2E-06	0,00	2,3E-06	0	0	0	0,10
Fe3-C	0,14	0,13	0,12	0	0,17	0	0,01	0,19	0,19	0,40	1,05	0
Mg-C	3,55	3,45	3,36	3,45	3,48	3,41	3,53	3,45	3,57	3,06	2,13	3,47
Fe2-C	1,31	1,40	1,48	1,47	1,35	1,48	1,42	1,35	1,23	1,54	1,82	1,28
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,96	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Site B</b>												
Mg-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2-B	0	4,44E-16	2,22E-16	0	0,02	0	1,78E-15	0	0,00	0,04	0,09	0
Ca-B	1,94	1,93	1,92	1,95	1,95	1,93	1,97	1,92	1,93	1,88	1,63	3,36
Na-B	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05	0,06	0
SumB	1,96	1,95	1,95	1,98	2,00	1,96	2,00	1,94	1,95	1,97	1,78	3,36
<b>Site A</b>												
Na-A	0	0	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0	0,117
K-A	0,006	0,012	0,010	0,010	0,010	0,001	0,002	0,006	1,91E-06	0,001	0,025	1,95E-06
SumA	0,006	0,012	0,010	0,010	0,010	0,001	0,010	0,006	1,91E-06	0,001	0,025	0,117
<b>Sum T, C, B, A</b>	14,97	14,97	14,96	14,99	14,99	14,96	15,01	14,95	14,95	14,93	14,72	16,48

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel  
de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	975B009B														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	
	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	magnésio-hornblende	
<b>SiO2</b>	45,70	47,11	47,30	45,95	47,84	45,97	48,30	47,46	47,12	47,91	47,29	48,32	47,36	48,06	
<b>TiO2</b>	0,50	0,43	0,37	0,29	0,50	0,53	0,46	0,46	0,38	0,53	0,40	0,33	0,54	0,33	
<b>Al2O3</b>	11,10	10,31	9,67	11,10	9,13	10,66	8,85	9,07	10,16	8,95	8,76	8,30	9,20	10,15	
<b>FeO</b>	13,41	13,24	12,71	13,49	12,20	13,27	12,86	13,14	13,03	11,93	12,28	12,35	12,81	11,52	
<b>MgO</b>	13,44	13,63	14,09	13,35	14,46	13,47	14,60	14,29	14,01	14,49	14,80	15,10	14,43	13,79	
<b>CaO</b>	11,89	12,05	11,78	12,06	11,82	11,70	12,05	11,60	11,81	12,02	11,77	11,81	11,66	11,66	
<b>Na2O</b>	1,07	0,97	0,97	1,07	0,92	1,15	0,92	0,81	0,99	0,91	0,87	0,83	0,91	0,92	
<b>K2O</b>	0,25	0,13	0,15	0,32	0,14	0,23	0,16	0,19	0,22	0,17	0,16	0,10	0,19	0,49	
<b>Sum</b>	97,37	97,86	97,04	97,62	97,01	96,98	98,21	97,02	97,73	96,91	96,33	97,12	97,12	96,92	
<b>Site T</b>															
Si-T	6,57	6,73	6,79	6,61	6,85	6,63	6,85	6,80	6,72	6,89	6,81	6,89	6,78	6,91	
ivAl-T	1,43	1,27	1,21	1,39	1,15	1,37	1,15	1,20	1,28	1,11	1,19	1,11	1,22	1,09	
Ti-T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
<b>Site C</b>															
ivAl-C	0,45	0,47	0,42	0,49	0,40	0,45	0,34	0,33	0,43	0,40	0,30	0,28	0,33	0,63	
Ti-C	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04	0,06	0,04	
Fe3-C	0,84	0,71	0,78	0,76	0,72	0,81	0,75	0,94	0,83	0,60	0,88	0,88	0,89	0,46	
Mg-C	2,88	2,90	3,01	2,86	3,09	2,90	3,09	3,05	2,98	3,11	3,18	3,21	3,08	2,95	
Fe2-C	0,77	0,87	0,74	0,86	0,74	0,79	0,78	0,63	0,72	0,83	0,60	0,59	0,64	0,93	
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
<b>Site B</b>															
Fe2-B	0	9,992E-16	1,998E-15	0	9,992E-16	1,11E-16	0	0	0	1,998E-15	0	5,551E-16	0	0	
Ca-B	1,83	1,84	1,81	1,86	1,81	1,81	1,83	1,78	1,80	1,85	1,82	1,80	1,79	1,80	
Na-B	0,17	0,16	0,19	0,14	0,19	0,19	0,17	0,22	0,20	0,15	0,18	0,20	0,21	0,20	
SumB	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
<b>Site A</b>															
Na-A	0,129	0,114	0,080	0,154	0,069	0,130	0,084	0,003	0,079	0,105	0,058	0,032	0,041	0,052	
K-A	0,046	0,024	0,027	0,058	0,025	0,042	0,030	0,034	0,040	0,031	0,029	0,017	0,034	0,090	
SumA	0,176	0,138	0,107	0,213	0,094	0,172	0,114	0,038	0,119	0,136	0,087	0,049	0,075	0,142	
<b>Sum T, C, B, A</b>	15,18	15,14	15,11	15,21	15,09	15,17	15,11	15,04	15,12	15,14	15,09	15,05	15,07	15,14	

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel  
de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	975B010											
	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	Magnésio- hornblende	Tschermakite	Magnésio- hornblende	Tschermakite	Tschermakite	Tschermakite	Tschermakite	Tschermakite	Tschermakite	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Tschermakite
SiO2	46,41	45,30	47,34	45,28	44,60	44,90	44,38	45,19	45,18	47,84	45,82	43,78
TiO2	0,38	0,37	0,26	0,59	0,38	0,59	0,44	0,39	0,56	0,54	0,42	0,51
Al2O3	10,62	12,42	9,76	11,87	12,63	11,93	12,07	12,10	11,84	9,17	11,33	13,26
FeO	14,12	14,20	13,03	14,03	14,76	14,12	14,54	14,04	14,47	12,69	13,57	14,97
MgO	13,79	12,74	14,10	13,06	12,49	12,77	12,59	13,08	13,28	14,58	13,32	12,25
CaO	11,29	11,61	11,44	11,42	11,62	11,53	11,58	11,64	11,59	11,70	11,85	11,54
Na2O	1,07	1,23	0,95	1,12	1,35	1,16	1,24	1,08	1,23	0,85	1,15	1,29
K2O	0,19	0,24	0,15	0,18	0,19	0,21	0,23	0,22	0,17	0,17	0,19	0,28
Sum	97,87	98,11	97,06	97,55	98,01	97,21	97,09	97,76	98,32	97,54	97,65	97,88
<b>Site T</b>												
Si-T	6,59	6,47	6,77	6,48	6,39	6,47	6,42	6,46	6,42	6,80	6,57	6,28
ivAl-T	1,41	1,53	1,23	1,52	1,61	1,53	1,58	1,54	1,58	1,20	1,43	1,72
Ti-T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>Site C</b>												
viAl-C	0,37	0,55	0,41	0,48	0,52	0,49	0,48	0,49	0,41	0,34	0,48	0,53
Ti-C	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05
Fe3-C	1,17	0,94	0,95	1,06	1,01	0,97	1,00	1,04	1,13	0,89	0,85	1,09
Mg-C	2,92	2,71	3,00	2,78	2,67	2,74	2,71	2,79	2,81	3,09	2,85	2,62
Fe2-C	0,51	0,75	0,60	0,62	0,76	0,73	0,75	0,64	0,59	0,62	0,77	0,70
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Site B</b>												
Fe2-B	0	0	1,11E-15	9,99E-16	0	1,11E-16	0	1,11E-15	1,67E-15	1,55E-15	1,55E-15	0
Ca-B	1,72	1,78	1,75	1,75	1,78	1,78	1,79	1,78	1,76	1,78	1,82	1,77
Na-B	0,28	0,22	0,25	0,25	0,22	0,22	0,21	0,22	0,24	0,22	0,18	0,23
SumB	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Site A</b>												
Na-A	0,013	0,116	0,015	0,060	0,158	0,103	0,141	0,082	0,103	0,017	0,138	0,133
K-A	0,034	0,044	0,028	0,033	0,035	0,038	0,043	0,041	0,031	0,030	0,035	0,051
SumA	0,047	0,160	0,043	0,092	0,193	0,142	0,184	0,123	0,134	0,047	0,172	0,184
<b>Sum T, C, B, A</b>	15,05	15,16	15,04	15,09	15,19	15,14	15,18	15,12	15,13	15,05	15,17	15,18

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	975B011														
	42	43	44	45	46	48	50	51	52	53	54	55	56	59	
	Magnésio-hornblende	Anthophyllite/Cummingtonite	Anthophyllite/Cummingtonite	Anthophyllite/Cummingtonite	Magnésio-hornblende	Anthophyllite/Cummingtonite	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Anthophyllite/Cummingtonite	Magnésio-hornblende	Anthophyllite/Cummingtonite	Magnésio-hornblende	Anthophyllite/Cummingtonite	Magnésio-hornblende	
<b>SiO2</b>	49,24	53,94	52,96	53,53	49,48	53,94	49,68	49,19	53,27	49,18	53,99	49,18	53,92	47,33	
<b>TiO2</b>	0,81	0,23	0,16	0,10	0,34	0,26	0,69	0,48	0,19	0,38	0,12	0,62	0,21	1,06	
<b>Al2O3</b>	6,97	2,09	3,57	2,37	7,57	2,66	6,43	7,26	3,43	7,51	2,46	7,59	2,69	8,65	
<b>FeO</b>	11,38	17,67	15,80	17,34	12,10	16,63	11,45	11,99	16,15	12,45	17,66	12,02	16,33	12,35	
<b>MgO</b>	15,91	20,19	19,07	19,90	16,02	19,14	16,49	16,10	19,09	15,88	19,86	15,84	19,98	14,86	
<b>CaO</b>	11,36	3,01	5,71	3,69	11,74	4,47	11,12	11,18	5,47	11,31	3,88	11,45	3,53	11,47	
<b>Na2O</b>	0,89	0,31	0,54	0,31	0,99	0,38	0,79	0,94	0,50	0,97	0,30	0,84	0,36	1,08	
<b>K2O</b>	0,16	0,06	0,07	0,04	0,19	0,05	0,21	0,19	0,12	0,10	0,00	0,17	0,04	0,23	
<b>Sum</b>	96,72	97,50	97,88	97,28	98,43	97,54	96,88	97,32	98,22	97,79	98,28	97,72	97,07	97,04	
<b>Site T</b>															
Si-T	7,01	7,73	7,56	7,68	6,94	7,74	7,02	6,94	7,59	6,92	7,67	6,93	7,74	6,78	
ivAl-T	0,99	0,27	0,44	0,32	1,06	0,26	0,98	1,06	0,41	1,08	0,33	1,07	0,26	1,22	
Ti-T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
<b>Site C</b>															
viAl-C	0,18	0,08	0,16	0,08	0,19	0,19	0,10	0,15	0,17	0,16	0,09	0,19	0,20	0,24	
Ti-C	0,09	0,03	0,02	0,01	0,04	0,03	0,07	0,05	0,02	0,04	0,01	0,07	0,02	0,11	
Fe3-C	0,88	0,04	0,08	0,12	0,94	0	1,08	1,11	0,04	1,11	0,13	1,01	0	0,88	
Mg-C	3,38	4,31	4,06	4,26	3,35	4,10	3,48	3,39	4,06	3,33	4,21	3,33	4,28	3,17	
Fe2-C	0,48	0,54	0,68	0,53	0,48	0,68	0,27	0,30	0,72	0,35	0,56	0,41	0,50	0,60	
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
<b>Site B</b>															
Mg-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe2-B	6,106E-16	1,54	1,13	1,43	7,216E-16	1,31	1,332E-15	0	1,17	1,499E-15	1,41	0	1,46	0	
Ca-B	1,73	0,46	0,87	0,57	1,76	0,69	1,68	1,69	0,83	1,71	0,59	1,73	0,54	1,76	
Na-B	0,25	1,332E-15	0	0	0,24	2,22E-16	0,22	0,26	0	0,27	1,11E-15	0,23	0	0,24	
SumB	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,90	1,95	2,00	1,97	2,00	1,96	2,00	2,00	
<b>Site A</b>															
Na-A	0	0,085	0,148	0,086	0,032	0,106	0	0	0,139	0	0,082	0	0,101	0,058	
K-A	0,029	0,012	0,013	0,008	0,035	0,009	0,038	0,034	0,023	0,019	0,000	0,030	0,007	0,043	
SumA	0,029	0,097	0,162	0,094	0,067	0,115	0,038	0,034	0,161	0,019	0,082	0,030	0,108	0,101	
<b>Sum T, C, B, A</b>	15,01	15,10	15,16	15,09	15,07	15,12	14,94	14,98	15,16	14,99	15,08	14,99	15,11	15,10	

Sample	975B013														
	79	80	81	82	83	86	87	88	89	90	91	92	93	94	
	Actinolite	Ferro-anthophyllite/Grunerite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Ferroedenite	Barroisite	Actinolite	Barroisite	Actinolite	Ferro-anthophyllite/Grunerite	Barroisite	
<b>SiO2</b>	51,83	50,94	51,62	52,59	52,75	52,86	51,92	51,94	46,27	52,43	49,60	49,30	51,44	49,44	
<b>TiO2</b>	0,55	0,35	0,80	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	1,96	0,00	0,89	1,31	0,32	1,39	
<b>Al2O3</b>	1,67	1,73	1,91	1,17	1,83	1,20	1,64	29,56	7,25	1,47	3,44	3,54	1,35	3,86	
<b>FeO</b>	10,62	28,27	10,71	12,01	12,53	12,59	12,12	0,57	17,03	11,80	19,71	10,65	28,75	17,89	
<b>MgO</b>	14,96	10,95	14,85	11,38	13,40	11,72	11,46	0,10	13,47	11,38	13,30	12,89	11,48	13,49	
<b>CaO</b>	19,72	4,28	20,37	22,10	18,30	21,07	21,73	13,08	9,64	22,24	8,19	20,89	3,41	9,15	
<b>Na2O</b>	0,29	0,98	0,28	0,25	0,31	0,35	0,40	4,14	2,81	0,40	2,10	0,44	0,68	2,27	
<b>K2O</b>	0,01	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,17	0,01	0,21	0,00	0,05	0,30	
<b>Sum</b>	99,65	97,51	100,54	99,52	99,14	99,80	99,28	99,46	98,59	99,74	97,43	99,01	97,47	97,78	
<b>Site T</b>															
Si-T	7,89	7,81	7,84	8,44	8,03	8,35	8,33	7,72	6,64	8,41	7,12	7,76	7,87	7,13	
ivAl-T	0,11	0,19	0,16	0	0	0	0	0,28	1,23	0	0,58	0,24	0,13	0,66	
Ti-T	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	0	0,10	0	0	0,15	
SumT	8,00	8,00	8,00	8,44	8,03	8,35	8,33	8,00	8,00	8,41	7,79	8,00	8,00	7,94	
<b>Site C</b>															
viAl-C	0,19	0,13	0,19	0,22	0,33	0,22	0,31	4,90	0	0,28	0	0,42	0,11	0	
Ti-C	0,06	0,04	0,09	2,415E-06	0,00	2,377E-06	2,413E-06	0,00	0,08	2,414E-06	0	0,15	0,04	0	
Fe3-C	0	0	0	0	0	0	0	0	1,26	0	1,78	0	0	1,23	
Mg-C	3,39	2,50	3,36	2,72	3,04	2,76	2,74	0,02	2,88	2,72	2,84	3,03	2,62	2,90	
Fe2-C	1,35	2,33	1,36	1,61	1,60	1,66	1,63	0,07	0,78	1,58	0,37	1,40	2,24	0,87	
SumC	5,00	5,00	5,00	4,56	4,97	4,65	4,67	5,00	5,00	4,59	5,00	5,00	5,00	5,00	
<b>Site B</b>															
Fe2-B	0	1,30	0	0	0	0	0	3,747E-16	0	0	0,21	0	1,44	0,06	
Ca-B	3,22	0,70	3,31	3,80	2,99	3,57	3,73	2,08	1,48	3,82	1,26	3,52	0,56	1,41	
Na-B	0	1,776E-15	0	0	0	0	0	0	0,52	0	0,53	0	0	0,53	
SumB	3,22	2,00	3,31	3,80	2,99	3,57	3,73	2,08	2,00	3,82	2,00	3,52	2,00	2,00	
<b>Site A</b>															
Na-A	0,086	0,292	0,081	0,076	0,091	0,107	0,125	1,193	0,264	0,126	0,052	0,133	0,202	0,109	
K-A	0,002	0,004	0,000	0,006	0,002	0,005	0,005	0,005	0,031	0,003	0,038	0,000	0,010	0,055	
SumA	0,088	0,296	0,081	0,082	0,094	0,112	0,130	1,198	0,296	0,129	0,090	0,133	0,212	0,164	
<b>Sum T, C, B, A</b>	16,30	15,30	16,40	16,88	16,08	16,68	16,86	16,28	15,30	16,95	14,88	16,66	15,21	15,10	

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	9758014B						
	71	72	73	75	76	77	78
	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende	Magnésio-hornblende
SiO2	47,90	47,81	48,04	48,78	47,25	47,95	47,11
TiO2	0,49	0,48	0,46	0,25	0,26	0,37	0,42
Al2O3	7,83	7,47	7,31	7,24	7,91	7,34	8,34
FeO	12,10	12,21	12,10	11,53	12,10	12,14	12,09
MgO	14,45	14,93	14,66	15,36	14,61	15,00	14,47
CaO	11,72	12,10	11,98	11,88	11,79	11,87	11,93
Na2O	0,97	0,78	0,83	0,92	0,98	0,86	0,96
K2O	0,47	0,45	0,44	0,46	0,48	0,41	0,51
Sum	95,93	96,23	95,81	96,43	95,37	95,93	95,83
<b>Site T</b>							
Si-T	6,98	6,95	7,02	7,04	6,93	6,97	6,89
ivAl-T	1,02	1,05	0,98	0,96	1,07	1,03	1,11
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
<b>Site C</b>							
viAl-C	0,33	0,23	0,28	0,28	0,29	0,23	0,32
Ti-C	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05
Fe3-C	0,55	0,63	0,53	0,60	0,64	0,69	0,59
Mg-C	3,14	3,23	3,19	3,31	3,19	3,25	3,15
Fe2-C	0,92	0,85	0,95	0,79	0,84	0,79	0,89
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Site B</b>							
Fe2-B	0	9,992E-16	0	1,554E-15	1,11E-15	0	8,882E-16
Ca-B	1,83	1,88	1,87	1,84	1,85	1,85	1,87
Na-B	0,17	0,12	0,13	0,16	0,15	0,15	0,13
SumB	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Site A</b>							
Na-A	0,105	0,105	0,109	0,096	0,130	0,090	0,142
K-A	0,087	0,084	0,082	0,084	0,089	0,076	0,095
SumA	0,192	0,189	0,191	0,180	0,220	0,166	0,236
<b>Sum T, C, B, A</b>	<b>15,19</b>	<b>15,19</b>	<b>15,19</b>	<b>15,18</b>	<b>15,22</b>	<b>15,17</b>	<b>15,24</b>

Sample	9758015															
	96	97	98	99	101	104	105	106	107	108	111	112	114	117	118	119
	Actinolite	Ferro-actinolite	Actinolite	Actinolite	Magnésio-hornblende	Ferro-actinolite	Actinolite	Actinolite	Magnésio-hornblende	Actinolite	Ferro-actinolite	Ferro-actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite	Actinolite
SiO2	53,50	52,67	52,92	53,24	45,95	53,12	52,43	53,83	53,52	53,21	53,19	53,00	52,62	54,37	55,14	53,66
TiO2	0,13	0,14	0,07	0,01	0,02	0,00	0,00	0,06	0,19	0,18	0,04	0,00	0,04	0,04	0,03	0,18
Al2O3	0,61	0,73	0,68	0,90	9,28	0,76	1,31	0,31	2,90	0,59	1,43	1,14	1,33	0,85	0,57	1,43
FeO	19,78	21,79	19,48	21,85	17,33	22,26	19,58	16,63	10,85	19,75	21,32	21,85	18,59	15,89	16,06	20,30
MgO	11,92	10,78	11,93	10,76	12,18	10,72	11,42	14,69	18,34	12,16	10,47	10,01	12,55	14,19	14,14	11,45
CaO	12,23	12,28	12,30	11,71	10,93	12,23	12,72	12,34	11,49	12,63	12,40	12,19	12,09	12,48	12,75	12,55
Na2O	0,13	0,18	0,15	0,20	2,23	0,18	0,20	0,06	0,97	0,11	0,18	0,21	0,16	0,17	0,11	0,20
K2O	0,00	0,14	0,04	0,07	0,45	0,08	0,06	0,02	0,26	0,00	0,11	0,11	0,06	0,03	0,02	0,08
Sum	98,30	98,69	97,58	98,73	98,36	99,35	97,73	97,92	98,52	98,63	99,13	98,50	97,42	98,01	98,82	99,85
<b>Site T</b>																
Si-T	7,85	7,79	7,83	7,81	6,67	7,79	7,80	7,77	7,44	7,80	7,83	7,87	7,73	7,87	7,93	7,79
ivAl-T	0,11	0,13	0,12	0,16	1,33	0,13	0,20	0,05	0,48	0,10	0,17	0,13	0,23	0,13	0,07	0,21
Ti-T	0,01	0,02	0,01	0,00	0	2,21E-06	0	0,01	0,02	0,02	0	0	0,00	0	0	0,00
SumT	7,97	7,93	7,96	7,97	8,00	7,93	8,00	7,83	7,94	7,92	8,00	8,00	7,97	8,00	8,00	8,00
<b>Site C</b>																
viAl-C	0	0	0	0	0,26	0	0,03	0	0	0	0,08	0,07	0	0,01	0,03	0,04
Ti-C	0	0	0	0	0,00	0	2,24E-06	0	0	0	0,00	2,23E-06	0	0,00	0,00	0,02
Fe3-C	0,29	0,30	0,25	0,47	0,94	0,37	0,04	0,55	0,85	0,26	0,11	0,10	0,43	0,19	0,06	0,15
Mg-C	2,61	2,38	2,63	2,35	2,64	2,34	2,53	3,16	3,80	2,66	2,30	2,22	2,75	3,06	3,03	2,48
Fe2-C	2,10	2,33	2,12	2,18	1,17	2,29	2,39	1,29	0,34	2,08	2,52	2,62	1,82	1,73	1,87	2,31
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<b>Site B</b>																
Mg-B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe2-B	0,03	0,07	0,04	0,03	0	0,07	0	0,17	0,06	0,08	1,78E-15	8,88E-16	0,03	2,22E-16	0	0,00
Ca-B	1,92	1,95	1,95	1,84	1,70	1,92	2,03	1,91	1,71	1,98	1,96	1,94	1,90	1,93	1,97	1,95
Na-B	0,04	0	0,01	0,06	0,30	0,00	0	0	0,22	0	0,04	0,06	0,04	0,05	0,03	0,05
SumB	1,99	2,01	2	1,93	2	2	2,03	2,08	2	2,06	2,00	2,00	1,98	1,98	2,00	2,00
<b>Site A</b>																
Na-A	0	0,051	0,035	0	0,327	0,049	0,059	0,017	0,037	0,032	0,006	0,001	0	0	0	0,009
K-A	1,87E-06	0,026	0,008	0,013	0,083	0,015	0,012	0,003	0,046	1,87E-06	0,020	0,020	0,010	0,005	0,004	0,016
SumA	1,87E-06	0,077	0,043	0,013	0,411	0,065	0,071	0,020	0,084	0,032	0,026	0,021	0,010	0,005	0,004	0,025
<b>Sum T, C, B, A</b>	<b>14,96</b>	<b>15,02</b>	<b>15,00</b>	<b>14,91</b>	<b>15,41</b>	<b>14,99</b>	<b>15,10</b>	<b>14,93</b>	<b>15,02</b>	<b>15,02</b>	<b>15,03</b>	<b>15,02</b>	<b>14,96</b>	<b>14,99</b>	<b>15,00</b>	<b>15,02</b>

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de l'archipel  
de Saint-Pierre-et-Miquelon

Sample	975B019												
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	
	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	Magnésio- hornblende	
<b>SiO2</b>	48,61	49,68	48,83	48,10	48,58	49,24	47,27	49,55	48,84	49,23	47,93	50,01	
<b>TiO2</b>	0,45	0,46	0,41	0,22	0,38	0,34	0,64	0,23	0,49	0,51	0,67	0,43	
<b>Al2O3</b>	6,62	6,10	6,97	7,60	6,81	6,60	8,28	6,70	6,65	6,21	7,78	5,91	
<b>FeO</b>	12,89	11,61	12,00	13,25	12,39	11,86	13,34	12,91	12,31	11,87	12,81	12,29	
<b>MgO</b>	15,44	15,85	15,41	14,83	15,32	15,14	14,10	15,40	15,47	15,77	14,57	15,97	
<b>CaO</b>	12,60	12,54	12,50	12,43	12,52	12,50	12,59	12,61	12,57	12,50	12,77	12,61	
<b>Na2O</b>	0,69	0,71	0,61	0,87	0,67	0,74	0,91	0,73	0,66	0,62	0,87	0,62	
<b>K2O</b>	0,05	0,07	0,10	0,07	0,12	0,09	0,14	0,02	0,03	0,16	0,16	0,04	
<b>Sum</b>	97,36	97,02	96,84	97,37	96,79	96,50	97,28	98,14	97,04	96,86	97,55	97,87	
<b>Site T</b>													
Si-T	6,98	7,13	7,03	6,92	7,01	7,13	6,85	7,05	7,02	7,08	6,92	7,11	
ivAl-T	1,02	0,87	0,97	1,08	0,99	0,87	1,15	0,95	0,98	0,92	1,08	0,89	
Ti-T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SumT	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
<b>Site C</b>													
ivAl-C	0,10	0,16	0,21	0,20	0,17	0,26	0,27	0,17	0,15	0,14	0,24	0,11	
Ti-C	0,05	0,05	0,04	0,02	0,04	0,04	0,07	0,02	0,05	0,05	0,07	0,05	
Fe3-C	0,74	0,53	0,63	0,74	0,65	0,43	0,55	0,67	0,65	0,61	0,46	0,66	
Mg-C	3,31	3,39	3,31	3,18	3,30	3,27	3,05	3,27	3,32	3,38	3,14	3,39	
Fe2-C	0,81	0,87	0,82	0,85	0,85	1,01	1,07	0,87	0,83	0,82	1,09	0,81	
SumC	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
<b>Site B</b>													
Fe2-B	0	5,551E-16	0	0	0	0	8,882E-16	1,665E-15	3,331E-16	0	0	0	
Ca-B	1,94	1,93	1,93	1,91	1,94	1,94	1,95	1,92	1,94	1,93	1,98	1,92	
Na-B	0,06	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,08	0,06	0,07	0,02	0,08	
SumB	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
<b>Site A</b>													
Na-A	0,130	0,127	0,098	0,156	0,123	0,146	0,210	0,123	0,121	0,098	0,219	0,094	
K-A	0,009	0,012	0,018	0,012	0,022	0,017	0,026	0,003	0,006	0,029	0,030	0,007	
SumA	0,139	0,139	0,117	0,168	0,146	0,164	0,236	0,127	0,127	0,128	0,249	0,101	
<b>Sum T, C, B, A</b>	15,14	15,14	15,12	15,17	15,15	15,16	15,24	15,13	15,13	15,13	15,25	15,10	



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

**Direction régionale ou UTAM**

Adresse

Tél. :

**[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**