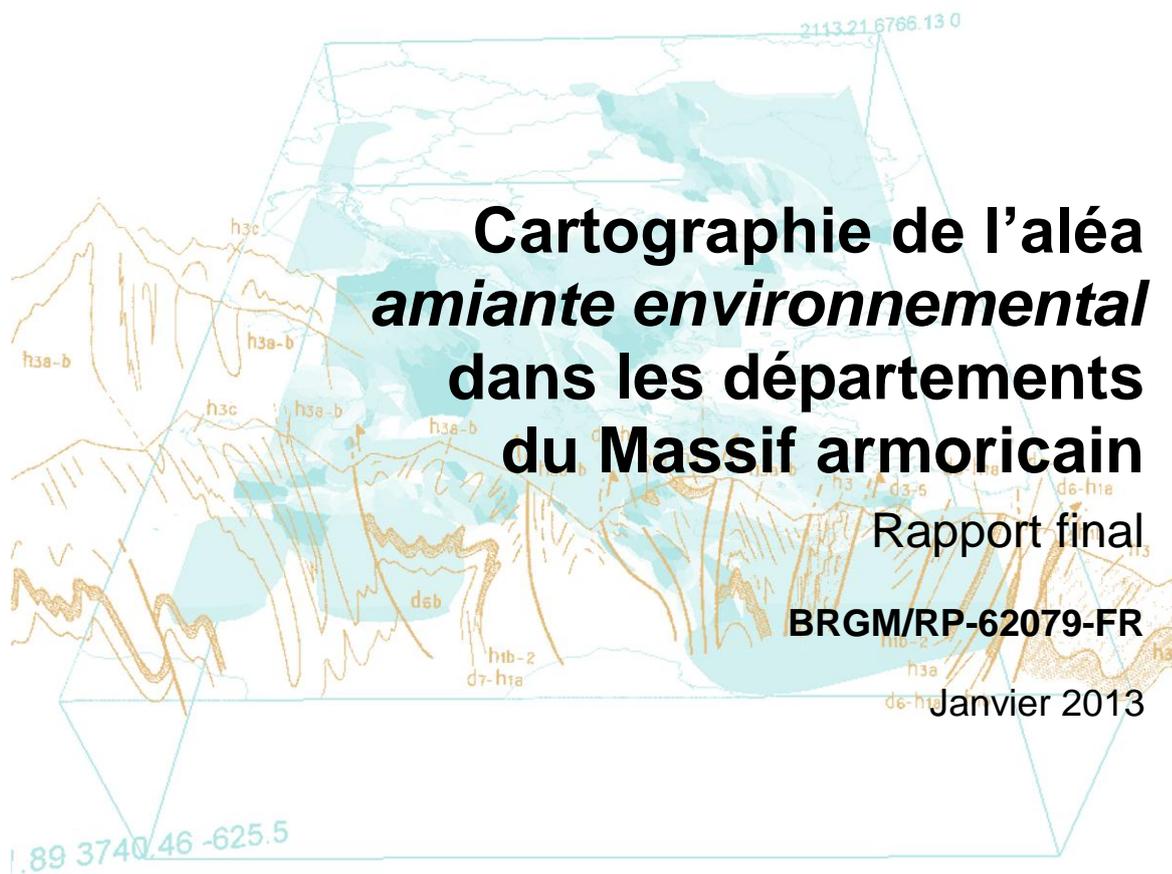


Document public



Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans les départements du Massif armoricain

Rapport final

BRGM/RP-62079-FR

Janvier 2013



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans les départements du Massif armoricain

Rapport final

BRGM/RP-62079-FR

Janvier 2013

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2011-2012
Fiche 11POLE02 afférente à la convention MEDDE/DGPR n°2100416133

F. Béchenec, G. Aertgeerts, D. Lahondère,

Vérificateur :

Patrice Piantone

Date : 23 février 2013



Approbateur :

Pierre Conil

Date : 04 avril 2013



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001 :2000.

Mots clés : France, Massif armoricain, Géologie, Serpentine, Péridotite, Amphibolite, Métagabbro, Métabasalte, Amiante environnemental, Chrysotile, Antigorite, Trémolite, Actinolite

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

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 p., 126 ill., 1 ann.

Synthèse

De nombreux travaux ont permis de démontrer la réalité des risques sanitaires liés à des expositions professionnelles à l'amiante. Ces risques ont notamment été établis à partir du suivi effectué sur des cohortes d'ouvriers travaillant dans les industries de production et d'utilisation de l'amiante. D'autres études ont montré que ces risques existaient aussi pour des activités professionnelles ou domestiques nécessitant des interventions sur des matériaux amiantifères. Enfin, des travaux tentent aujourd'hui 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.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au MEDDE dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante environnemental naturel. Cette étude est en adéquation avec les objectifs du PNSE 1 (Plan National Santé Environnement), « *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 des populations 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* », objectifs 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* ».

Les études réalisées par le BRGM s'inscrivent dans un programme national ayant concerné en 2009/2010 trois départements (Haute-Corse, Loire-Atlantique, Savoie) puis, en 2011/2012, deux nouveaux départements (Hautes-Alpes, Isère) ainsi qu'un vaste ensemble géologique correspondant à l'ensemble du Massif armoricain. Le présent rapport, relatif à l'étude de ce massif, intéresse la région Bretagne, une partie des régions des Pays de la Loire et de la Basse-Normandie ainsi que l'extrémité nord du département des Deux-Sèvres. L'étude du Massif armoricain fait suite aux travaux réalisés sur le département de la Loire-Atlantique, dans le cadre d'une évaluation du potentiel amiantifère des domaines géologiques anciens.

L'étude a été réalisée en suivant la méthodologie déjà adoptée lors des premières études (2009/2010) et s'est déroulée en trois phases successives.

Phase 1 : La première phase a consisté en une évaluation préliminaire du potentiel amiantifère des unités géologiques du Massif armoricain, à partir de l'analyse thématique, par mots-clés, des données numériques associées à la carte géologique harmonisée à 1:50 000 des départements concernés (Côtes d'Armor, Finistère, Ille-et-Vilaine, Maine-et-Loire, Manche, Mayenne, Morbihan, Orne, Sarthe, Vendée). Les résultats obtenus à l'issue de cette première requête ont été ensuite soumis à une analyse multicritères (lithologie, minéralogie, type de déformation, intensité de la déformation) de telle manière à classer les différentes formations en quatre niveaux d'aléa prévisionnel de présence d'amiante (Nul à très faible, Faible, Moyen, Fort à très fort).

Phase 2 : La deuxième phase a compris deux modules, le premier correspondant aux investigations de terrain et à l'échantillonnage des formations géologiques préalablement classées dans les niveaux « Faible », « Moyen » et « Fort à très fort » et le second aux travaux analytiques réalisés en laboratoire à partir des échantillons prélevés (observations au microscope optique polarisant et analyses chimiques ponctuelles à la microsonde électronique). Cette seconde phase a permis de confirmer ou d'identifier la

présence d'amiante dans certaines unités géologiques du Massif armoricain, notamment celles caractérisées par la présence de serpentinites (serpentinites du Complexe de la Baie d'Audierno, serpentinites de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu, serpentinites du Complexe des Essarts, serpentinites de l'Unité de Groix – Bois-de-Céné, serpentinites de l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre, *etc.*). Des occurrences amiantifères ont également été reconnues dans des unités constituées de roches basiques métamorphiques (métagabbros et amphibolites de l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre, gabbro-diorite du massif de Saint-Quay-Portrieux, amphibolites de la Formation de Drain, *etc.*).

Phase 3 : Les phases précédentes ont abouti à la classification de toutes les formations géologiques du Massif armoricain dans les quatre niveaux d'aléa préalablement adoptés au niveau national :

- *la classe d'aléa de niveau 1* correspond à toutes les formations géologiques dans lesquelles aucun indice d'amiante n'est actuellement connu ;
- *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* regroupe les 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 à systématiques.

Au final, 7 unités géologiques ont été affectées de l'aléa le plus élevé (4 : « Fort à très fort ») et 6 autres ont été rattachées à la classe d'aléa de niveau 2 (« Faible ») du fait de la présence ponctuelle mais avérée de minéraux asbestiformes. Toutes les autres formations, dans lesquelles aucune occurrence de minéraux asbestiformes n'a été décelée, ont été dotées d'un aléa de niveau 1 (« Nul à très faible »). Cette étude a permis de démontrer que de l'amiante était parfois présent dans des roches basiques métamorphiques (amphibolite, metabasalte, métagabbro, spilite, *etc.*) mais que ce type d'occurrence était difficile à mettre en évidence du fait des conditions d'affleurement, généralement médiocres (affleurements masqués par des formations superficielles, affleurements très altérés, importance du couvert végétal, *etc.*). Ces mauvaises conditions d'affleurement sont donc susceptibles d'avoir conduit à une sous-estimation du potentiel amiantifère de certaines formations. Des informations plus précises sur le potentiel amiantifère de ces formations basiques métamorphiques devront être recherchées en ciblant les sites d'extraction, qu'ils soient actifs ou fermés.

De ce fait, il apparaît cohérent de prévoir, dans la suite logique de ce projet, une étude détaillée de toutes les carrières actuellement concernées par l'exploitation de ce type de roche. Une liste de ces carrières est actuellement en cours d'élaboration dans le cadre d'une convention liant le BRGM au MEDDE-DGPR/D3S.

Sommaire

Synthèse	7
1. Introduction	17
1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	17
1.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	19
1.3. DONNÉES ANTÉRIEURES	20
1.4. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE	21
1.4.1. Phase 1.....	21
Documents cartographiques utilisés.....	21
Définition des classes d'aléa.....	22
1.4.2. Phase 2.....	23
1.4.3. Phase 3.....	24
2. Évaluation préalable du potentiel amiantifère	25
2.1. MÉTHODOLOGIE	25
2.1.1. Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales à 1:50 000.....	25
2.1.2. Analyses multicritères réalisées pour les formations sélectionnées à l'issue de l'analyse des mots-clés.....	25
Définition de l'analyse multicritère (AMC).....	25
Objectif de l'AMC.....	26
Définition des « critères » de l'AMC.....	26
Définition des « alternatives » et attribution des valeurs de l'AMC.....	26
Calcul de la note finale et classification des résultats.....	28
2.2. RÉSULTATS DE L'ANALYSE	28
2.2.1. Résultats de l'analyse par mots-clés.....	28
Esquisse géologique du Massif armoricain.....	28
Organisation structurale du Massif armoricain.....	31
Résultats de l'analyse par mots-clés.....	42
2.2.2. Résultats de l'analyse multicritère appliquée aux données issues de l'analyse par mots-clés.....	42
3. Expertise de terrain et analyses en laboratoire	65
3.1. Conditions d'échantillonnage	65
3.2. échantillonnage des formations à aléa prévisionnel « Fort à très fort »	66
3.2.1. Serpentinites, péridotites et birbirites.....	66
Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine varisque sud-armoricain.....	66
Les serpentinites et péridotites du Domaine varisque nantais.....	71
Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine varisque médio-armoricain occidental.....	71
Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine cadomien nord-breton.....	71
3.2.2. Amphibolites, métagabbros, metabasaltes.....	73
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain.....	74

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque nantais	74
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque médio-armoricain occidental.....	75
Les amphibolites et métagabbros du Domaine cadomien nord-breton	77
3.2.3. Les metabasaltes et métadolérites	85
Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque médio-armoricain occidental.....	85
Les metabasaltes et métadolérites du Domaine cadomien nord-breton	89
3.2.4. Les roches magmatiques basiques (gabbro, norite, troctolite, dolérite, basalte).....	97
Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque du Pays de Léon	97
Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque médio-armoricain occidental.....	97
Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien nord-breton	98
Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien normando-breton	99
Les roches magmatiques basiques du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes.....	99
3.3. échantillonnage des formations à aléa prévisionnel « Moyen »	99
3.3.1. Les amphibolites et métagabbros	99
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain.....	99
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque nantais	106
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque de Bretagne centrale	110
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque du Pays de Léon.....	111
Les amphibolites et métagabbros du Domaine cadomien normando-breton	113
Les amphibolites et métagabbros du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	113
3.3.2. Les metabasaltes et métadolérites	113
Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque sud-armoricain	113
Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque médio-armoricain occidental.....	113
Les metabasaltes et métadolérites du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	116
3.3.3. Les roches magmatiques basiques (gabbro et diorite)	116
Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque nantais	116
Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien nord-breton	117
3.4. échantillonnage des formations d'aléa prévisionnel « Faible »	118
3.4.1. Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, gabbros, diorites.....	118
Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain.....	118
Les amphibolites, éclogites, métagabbros, gabbros et diorites du Domaine varisque nantais ...	122
Les amphibolites, éclogites, métagabbros, gabbros et diorites du Domaine varisque ligéro-sénan	123
Les amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque de Bretagne centrale.....	124
Les amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque médio-armoricain occidental	127
Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque du Pays de Léon	130
Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque médio-armoricain oriental	131
Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltes, gabbros et diorites des Domaines cadomiens nord-breton et normando-breton	131
Dolérites et métadolérites en filons, tous domaines	133
3.5. Analyses pétrographiques au microscope polarisant et à la microsonde électronique	133
3.5.1. Les formations d'aléa prévisionnel « Fort à très fort »	133
Les serpentinites et péridotites	133
Les autres formations à aléa prévisionnel « Fort à très fort ».....	137

3.5.2.	Les formations à susceptibilité moyenne.....	138
3.5.3.	Les formations à aléa prévisionnel « Faible »	138
4.	Établissement des cartes d'aléas	141
4.1.	Détermination des aléas consolidés	141
4.1.1.	Les formations d'aléa « Fort à très fort »	141
4.1.2.	Les formations d'aléa « Faible »	141
4.1.3.	Les formations d'aléa « Nul à très faible »	142
4.2.	Présentation de la cartographie de l'aléa consolidé.....	143
4.2.1.	Présentation générale.....	143
4.2.2.	Limites d'utilisation.....	158
4.3.	Base de données et sig	160
4.3.1.	Description sommaire des lexiques	160
4.3.2.	Description sommaire des tables.....	161
4.3.3.	Formulaires d'accueil, de consultation et de sélection	163
5.	Conclusions et perspectives.....	165
6.	Bibliographie.....	167
Annexe	176

Liste des illustrations

Illustration 1 : Définition des classes d'aléa retenues (colonnes de droite).	23
Illustration 2 : Cartographie des domaines structuraux varisques et cadomiens dans le Massif armoricain.	41
Illustration 3 : Formations géologiques potentiellement amiantifères dans le Massif armoricain.	44
Illustration 4 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le Calvados. Les cibles potentielles dans ce département sont extrêmement restreintes.	53
Illustration 5 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Côtes d'Armor.	54
Illustration 6 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Finistère.	55
Illustration 7 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Ile-et-Vilaine. Les cibles potentielles sont restreintes et correspondent essentiellement au champ filonien doléritique dévono-carbonifère qui recoupe l'ensemble du Massif armoricain.	56
Illustration 8 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Maine-et-Loire.	57
Illustration 9 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le département de la Manche. Les cibles potentielles sont restreintes et correspondent aux metabasaltes et amphibolites de l'Unité de Coutances.	58
Illustration 10 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Mayenne.	59
Illustration 11 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le Morbihan.	60
Illustration 12 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans l'Orne.	61
Illustration 13 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Sarthe.	62
Illustration 14 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Vendée.	63
Illustration 15 : Serpentinites de la Fm. de Ty-Lann, dans l'ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).	67
Illustration 16 : Placage de fibres de chrysotile dans de rares plans de fractures observés dans les serpentinites, ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).	67
Illustration 17 : Fibres de chrysotile prélevées dans une des fractures affectant les serpentinites de la Fm. de Ty-Lann, ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).	68
Illustration 18 : Affleurement de serpentinites, le long de la D2, Ty-Lann, commune de Peumerit (29).	68
Illustration 19 : Détail de l'affleurement de Ty-Lann montrant une serpentinite massive recoupée par un réseau de fractures subparallèles mais dont les épontes ne montrent aucune cristallisation de fibres.	69
Illustration 20 : Gerbe d'amiante (chrysotile ?) prélevée dans la carrière de serpentinite de la Brosse en période de basses-eaux. Prélèvement et photographie : F. Dupé.	70
Illustration 21 : Talus et fossé où affleurent quelques pointements de serpentinites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, lieu-dit Kerfoën, commune de Calanhel.	72
Illustration 22 : Affleurement de péridotite serpentinisée au lieu-dit Kerméno, commune de la Chapelle-Neuve.	72
Illustration 23 : Moellons de serpentinite, utilisés dans la fabrication des vieilles bâtisses. Quelques veines infra-millimétriques de chrysotile y sont décelables, lieu-dit Kerfoën,	73
Illustration 24 : Affleurement côtier du métagabbro du massif de Barnévez-Plestin.	75
Illustration 25 : Métagabbro grossier à porphyroblastes centimétriques de hornblende verte.	76
Illustration 26 : Métagabbro à grain fin, vert sombre (site 29FB111, Barnévez).	76
Illustration 27 : Affleurement d'amphibolites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, le long de la D11 (commune de Calanhel).	78

Illustration 28 : Stries à trémolite visibles dans les amphibolites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre (commune de Calanhel).....	78
Illustration 29 : Affleurement d'amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.....	79
Illustration 30 : Filon basique recoupant les amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.....	79
Illustration 31 : Fentes de tension comblées par des minéraux fibreux, affectant les filons basiques qui recoupent les amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, commune de Calanhel.....	80
Illustration 32 : Placage de trémolite fibreuse sur le plan extérieur de l'éponte d'un filon basique, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.....	80
Illustration 33 : Gerbe et placage de trémolite fibreuse, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.....	81
Illustration 34 : Gerbe de trémolite fibreuse visible dans les déblais d'exploitation, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.....	81
Illustration 35 : Affleurement de métagabbro de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre (Parking de la société Néolait, lieu-dit le Moulin Neuf, commune de Tréguéux).....	82
Illustration 36 : Ancienne carrière de Tournemine, située au nord du bois de Coat-Liou,.....	83
Illustration 37 : Affleurement de roche basique de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre,.....	84
Illustration 38 : Affleurement d'amphibolite de la Formation de Lanvollon-Erquy, en enclave dans l'Unité de Guingamp, bourg de Kermoroc'h.....	85
Illustration 39 : Métabasalte massif de la Formation de Kerroc'h, Pont-de-la-Perche, Lac de Bosméléac, commune de Allineuc.....	86
Illustration 40 : Affleurement de métadolérite à grain fin (Formation de Kerroc'h,.....	87
Illustration 41 : Affleurement en microfalaise de métadolérite à grain plus ou moins grossier, Formation de Kerroc'h, rive sud du lac de Bosméléac, commune de Merléac.....	88
Illustration 42 : Petit pointement rocheux, en pied de talus, de métadolérite de la Formation de Kerroc'h, lieu-dit la Porte-aux-Moines, commune de Saint-Martin-des-Prés.....	88
Illustration 43 : Affleurement de roche basique de la Formation de Lanvollon-Erquy, Pointe de la Heussaye, commune d'Erquy.....	89
Illustration 44 : Affleurement de métabasaltites de la Formation de Lanvollon-Erquy, Pointe de la Heussaye, commune d'Erquy.....	90
Illustration 45 : Affleurement de métabasaltites et méta-andésites sur la plage de La Cotentin, commune de Planguenoual.....	90
Illustration 46 : Affleurement de métabasaltites spilitiques de la Formation de Paimpol, Pointe de Guilben, Paimpol.....	92
Illustration 47 : Détail des métabasaltites spilitiques de la Formation de Paimpol. Sur la gauche de la photographie, on observe un débit en coussin fantôme ; sur la droite, deux fractures ouvertes, pluri-centimétriques plus ou moins lessivées sont identifiables. Pointe de Guilben,.....	92
Illustration 48 : Affleurement de métabasaltites spilitiques de la Formation de Paimpol, vallée du Trieux, commune de Lézardrieux.....	93
Illustration 49 : Affleurement de métabasaltites spilitiques, Formation de Paimpol, littoral de la commune de Trédrez-Locquémeau.....	94
Illustration 50 : Affleurement de métabasaltites spilitiques, Formation de Paimpol ; les fractures à remplissage feldspathique sont ici bien visibles, littoral de la commune de Trédrez-Locquémeau.....	94
Illustration 51 : Affleurement de métabasaltites spilitiques, Formation de Paimpol, GR 34 A, commune de Lannion.....	95
Illustration 52 : Affleurement des métatufs de la Formation de Paimpol, en bordure de la D64.....	96
Illustration 53 : Aspect lité des métatufs de la Formation de Paimpol, à Port-Mélou (site 29FB107).....	96
Illustration 54 : Affleurement de gabbro enclavé dans le Massif de Brest, Pointe du Dellec, commune de Plouzané.....	97
Illustration 55 : Affleurement plus ou moins rasant du gabbro du Massif de St-Alban, au Sud du marais de Sables-d'Or-les-Pins.....	98
Illustration 56 : Amphibolites finement foliées interstratifiées au sein des paragneiss et micaschistes du Groupe de Nerly (site 29FB022).....	101
Illustration 57 : Affleurement d'amphibolites interstratifiées au sein des micaschistes du Groupe de Merrien (site 29FB081 - Carte 1:50 000 Concarneau, N° 382).....	102

Illustration 58 : Affleurement d'amphibolites interstratifiées au sein des micaschistes du Groupe Merrien (site 29FB145 - Carte 1:50 000 Lorient, N° 383).	102
Illustration 59 : Détail de l'affleurement des amphibolites montrant la texture prasinitique de la roche, caractérisée par de nombreux ocelles blancs de feldspath (site 29FB145).	103
Illustration 60 : Affleurement rasant d'amphibolites bleu-vert de la Formation de Tréogat	103
Illustration 61 : Affleurement d'amphibolites de la Formation de Tréogat (site 29FB002).	104
Illustration 62 : Falaises composées des schistes verts de la Formation de l'Île-de-Groix, Pointe-Saint-Nicolas, Île de Groix.	105
Illustration 63 : Affleurement de schistes verts à texture prasinitique, Pointe de Saint-Nicolas, Île de Groix.	105
Illustration 64 : Affleurement de schistes verts à niveau riche en épidote et fracture argilisée, Île de Groix.	106
Illustration 65 : Ancienne carrière artisanale dans les métagabbros de la Formation de Drain, Pont-Renault, commune de Liré.	107
Illustration 66 : Vue de détail des métagabbros de la Formation de Drain, carrière de Pont Renault, commune de Liré.	108
Illustration 67 : Affleurement de schiste bleu-vert de la Formation de Beaupréau, D 756, commune de la Chapelle-du-Genet.	109
Illustration 68 : Fracture affectant les schistes de la Formation de Beaupréau, D756, commune de la Chapelle-du-Genet.	109
Illustration 69 : Veines et veinules blanchâtres recoupant les schistes verts de la Formation de Beaupréau, D756, commune de la Chapelle-du-Genet.	110
Illustration 70 : Affleurement de métagabbro-diorite, rive sud de l'Aber Vrac'h, pont de Loguivy. ...	111
Illustration 71 : Métagabbro de Lannilis, massif, folié, recoupé par un sill de granitoïde,	112
Illustration 72 : Boule de métagabbro-diorite, emballée dans des dépôts éoliens, Stivel,	112
Illustration 73 : Affleurement très restreint de metabasalte de la Formation de Kerroc'h.	114
Illustration 74 : Affleurement de métadolérite massive de la Formation de Lohuec, Pont-Troël (29). ..	115
Illustration 75 : Altération en boule de la métadolérite de la Formation de Lohuec, Pont-Troël (29). ..	115
Illustration 76 : Pierres volantes de métadolérites de la Formation de Lohuec, Le Iorzhou (29).	116
Illustration 77 : Affleurement de la méladiorite de Kéralain, D65, commune de Quemperven.	117
Illustration 78 : Affleurement en base de talus, des amphibolites altérées de la Formation de Koad-Konk (29).	119
Illustration 79 : Amphibolites massives de la Formation d'Hennebont, chemin de halage, rive orientale du Blavet, Hennebont (56).	119
Illustration 80 : Métabasaltes de la Meilleraie, carrière de La Motte, La Meilleraie-Tillay (85).	120
Illustration 81 : Trémolite fibreuse tapissant de rares fissures dans les métabasaltes de la Formation de la Meilleraie, carrière de La Motte, La Meilleraie-Tillay (85).	121
Illustration 82 : Sill de métadolérite massive à grain fin, ancienne petite carrière,	125
Illustration 83 : Boule de métadolérite en bordure de champ, Kervennou, Edern (29).	125
Illustration 84 : Affleurement du métagabbro-diorite de Gourvily, Gourvily, Quimper (29).	126
Illustration 85 : Pillow dans les métabasaltes spilitiques de la Formation de Lohuec, ancien grattage de Kerambail, Plourac'h (22).	127
Illustration 86 : Basaltes spilitiques de la Formation de Lohuec, associés à des jaspes rouges et noirs, ancien grattage de Kerambail, Plourac'h (22).	128
Illustration 87 : Gabbro de Saint-Jean-du-Doigt, massif, grain moyen-fin, plage de Plougasnou - Saint-Jean-du-Doigt.	129
Illustration 88 : Gabbro de Saint-Jean-du-Doigt associé à des diorites et recoupé par des filons de granites, plage de Milin-Izella, Moulin de Trobodec (29).	129
Illustration 89 : Diorites migmatitiques de Portsall, estran de Porsguen, Portsall (29).	130
Illustration 90 : Gabbro-diorite de Saint-Quay-Portrieux, d'aspect massif, localement recoupé par des plans de fractures.	131
Illustration 91 : Vue de détail d'une fracture recoupant le gabbro-diorite, tapissée de minéraux d'aspect aciculaire à fibreux.	132
Illustration 92 : Vue d'un plan de fracture tapissé de minéraux d'aspect aciculaire à fibreux (gabbro-diorite de Saint-Quay-Portrieux).	132
Illustration 93 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), de la texture maillée à antigorite et lizardite (site 29FB003B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann Complexe de la Baie d'Audierne).	134
Illustration 94 : Vue au microscope polarisant, en lumière naturelle (objectif x 10), d'une fracture recoupant la matrice à dominante d'antigorite et remplie de chrysotile fibreux (site	

29FB006B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).....	134
Illustration 95 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 10), d'une veine recoupant la matrice à dominante d'antigorite et remplie de chrysotile fibreux (29FB006-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).	135
Illustration 96 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), montrant la texture maillée à antigorite-lizardite, recoupée par une fracture à remplissage de chrysotile (29FB007-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).	135
Illustration 97 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, soulignant l'aspect fibreux du chrysotile disposé dans la veine (29FB007-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).....	136
Illustration 98 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, montrant la texture maillée de la matrice à antigorite emballant un blaste relique d'amphibole, le tout recoupé par une veinule à chrysotile (22GA054-A, serpentinites en lentilles dans l'Unité d'Yffiniac – Belle-isle-en-Terre).	137
Illustration 99 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), d'une veine millimétrique recoupant la matrice du metabasalte de la Formation de la Meilleraie, et tapissée de trémolite fibreuse disposée perpendiculairement aux épontes (85FB001A).....	139
Illustration 100 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière naturelle, du remplissage par de la trémolite fibreuse, d'une veine millimétrique qui recoupe la matrice du metabasalte de la Formation de la Meilleraie (85FB001A).	139
Illustration 101 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, du remplissage par de la trémolite fibreuse et accessoirement du quartz, d'une veine millimétrique qui recoupe la matrice du metabasalte de la Formation de la Meilleraie (85FB001A).	140
Illustration 102 : Récapitulatif des formations sélectionnées et échantillonnées, affectées aux classes d'aléa consolidé 4 et 2.	142
Illustration 103 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Calvados (14).....	144
Illustration 104 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département des Côtes d'Armor (22).....	145
Illustration 105 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Finistère (29).....	146
Illustration 106 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de l'Ille et Vilaine (35).....	147
Illustration 107 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Maine-et-Loire (49).	148
Illustration 108 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Manche (50).	149
Illustration 109 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Mayenne (53).	150
Illustration 110 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Morbihan (56).....	151
Illustration 111 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de l'Orne (61).	152
Illustration 112 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Sarthe (72).	153
Illustration 113 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Vendée (85).	154
Illustration 114 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Loire-Atlantique (44) (d'après Béchenec et al., 2010).	155
Illustration 115 : Carte de détail de l'aléa consolidé de niveau 4 dans le Complexe de la baie d'Audierne (Finistère).....	156
Illustration 116 : Carte de détail de l'aléa consolidé de niveau 4 dans l'Unité de Paimboeuf-Montaigu (Vendée).	157
Illustration 117 : Schéma relationnel des tables et des lexiques.....	160

Illustration 118 : Table « Affleurement ».....	162
Illustration 119 : Table « Auteur_Affleurement ».....	162
Illustration 120 : Table « Type_Amiante ».....	162
Illustration 121 : Table « Structure ».....	162
Illustration 122 : Table « Analyse ».....	163
Illustration 123 : Formulaire d'accueil.....	163
Illustration 124 : Formulaire de consultation.....	164
Illustration 125 : Bouton de visualisation des photographies des affleurements.....	164

Liste des annexes

Annexe 1 – Coordonnées géographiques des points d'observations et de prélèvements réalisés lors de la phase 2 de la cartographie de l'aléa *amiante environnemental* du Massif armoricain.

1. Introduction

1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

L'amiante¹ est une substance minérale naturelle qui correspond à six variétés de silicates fibreux ainsi qu'à tous les mélanges entre ces différents silicates. Ces minéraux sont connus depuis l'Antiquité sous le nom d'asbeste² et ont longtemps été exploités pour leurs propriétés thermomécaniques. Ces six silicates appartiennent à deux groupes d'espèces minéralogiques, les serpentines³ et les amphiboles⁴, 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. 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 des variétés asbestiformes de l'anthophyllite, de la trémolite et de l'actinolite peut donc être considérée comme négligeable.

« Avant son interdiction (entrée en vigueur en France le 1^{er} janvier 1997), l'amiante était utilisée dans les secteurs du bâtiment (*amiante-ciment, flochage, calorifugeage, dalles vinyle-amiante*), de l'automobile, du textile, et des matières plastiques. » (Haute Autorité de Santé/HAS, 2009).

De nombreux travaux se sont attachés à démontrer la réalité des risques sanitaires liés à des expositions professionnelles à l'amiante. Ces risques ont notamment été établis à partir de cohortes de personnels travaillant dans l'industrie de la production et de l'utilisation de l'amiante. D'autres études ont montré que ces risques existaient aussi pour des activités professionnelles ou domestiques nécessitant des interventions sur des matériaux amiantifères. Des travaux plus récents, mais moins nombreux, s'efforcent aujourd'hui de caractériser les risques associés à des niveaux d'exposition *a priori* plus faibles et liés à la présence d'amiante « naturel » dans certains environnements géologiques (amiante environnemental naturel). Ces derniers travaux concernent, notamment, les régions turques de Diyarbakir-Cermik (Yazicioglu *et al.*, 1978, 1980), d'Anatolie (Baris *et al.*, 1978, 1988) et de Cappadoce (Baris *et al.*, 1978 ; Boman *et al.*, 1982 ; Baris, 1991 ; Selçuk *et al.*, 1992)⁵. En Grèce, les risques sanitaires mis en

¹ Du grec amiantos : incorruptible

² Du grec asbestos : incombustible

³ 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 $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$.

⁴ 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.

⁵ 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).

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 ; Langer *et al.*, 1987 ; Sichelidis *et al.*, 1992). 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).

Dans le rapport de la HAS (2009), l'exposition environnementale est définie « *comme une exposition à la pollution de l'air extérieur (environnement extérieur) et à celle de l'air intérieur (environnement ambiant) par des fibres d'amiante à l'exclusion des expositions professionnelles liées à un travail au contact de matériaux contenant de l'amiante* ».

La pollution de l'environnement extérieur est associée (HAS, 2009) :

- aux sites géologiques constitués de roches amiantifères capables de libérer des fibres susceptibles de migrer à distance de leur site d'origine ;
- aux opérations de démolition ou d'enlèvement d'installations contenant des matériaux amiantifères ;
- aux sites industriels correspondant aux anciennes mines d'amiante et usines de broyage de l'amiante.

Aux sites géologiques sont également rattachés les talus routiers taillés dans des roches amiantifères.

La pollution de l'environnement intérieur correspond (HAS, 2009) :

- aux expositions para-professionnelles passives ou expositions « intramurales » à de l'amiante en suspension dans l'air, soit du fait de la dégradation de bâtiments qui en contenaient (flocage par exemple), soit du fait d'interventions sur ceux-ci ;
- aux expositions domestiques par contact avec les vêtements de travail du conjoint et/ou conjointe (quand l'activité professionnelle les amenait à intervenir sur des matériaux contenant de l'amiante) ou des objets ménagers contenant de l'amiante ;
- aux expositions liées à certaines activités de bricolage impliquant des matériaux contenant de l'amiante.

1.2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

L'étude qui fait l'objet de ce rapport s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au MEDDE dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante environnemental naturel. 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 d'une part deux départements métropolitains français, l'Isère et les Hautes-Alpes dans le but de préciser le potentiel amiantifère déjà connu de ces entités géologiques récentes (Lahondère et *al.*, 2010 ; Blein et *al.*, 2010) et d'autre part le Massif armoricain afin de poursuivre l'évaluation du potentiel amiantifère de domaines géologiques anciens et ce au vu des résultats des travaux effectués en 2009-2010 dans le département de la Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010).

Les problèmes d'une exposition à l'amiante environnemental naturel se posent d'une façon évidente en Haute-Corse où des massifs de roches amiantifères couvrent d'importantes surfaces. Les études actuellement disponibles, bien que peu nombreuses, semblent établir cependant un lien entre cette exposition strictement « environnementale » et le développement de certaines pathologies (plaques pleurales, mésothéliomes) (Boutin et *al.*, 1989 ; Rey et *al.*, 1994). Les travaux 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 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.⁶ et $17,2 \pm 17 \cdot 10^6$ f/gr.p.s. respectivement (Rey et *al.*, 1993).

Pour chacun des deux départements sélectionnés les objectifs sont de :

- de préciser pour chacune des sources identifiées le (ou les) type(s) d'amiante présent(s) ;
- d'établir une cartographie de l'aléa « amiante environnemental », c'est-à-dire une cartographie de la probabilité de présence d'amiante à la surface et dans le proche sous-sol.

Pour l'entité géologique du Massif armoricain, l'objectif de cette étude est d'effectuer un recensement, le plus exhaustif possible, des sources naturelles (roches, sols) susceptibles de libérer des fibres d'amiante et donc d'induire une exposition des populations.

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, de ces minéraux. Les minéraux asbestiformes présents dans certaines roches peuvent aussi être rencontrés dans les sols et dans les

⁶ f/gr.p.s. : fibre/gramme de poumon sec.

sédiments dérivés de l'altération et de l'érosion de ces mêmes roches. La cartographie des roches potentiellement amiantifères doit donc également inclure ces produits dérivés dont l'extension en termes de surface peut être importante. Ainsi l'analyse de l'aléa amiante naturel doit-elle prendre en considération de manière graduée, la source (les affleurements, les sols), les voies de transfert (aérienne, entraînement par le ruissellement), les dépôts naturels secondaires (dépôts de sédiments fossiles ou actuels) ; le tout, en considérant la santé de l'homme à travers les différentes possibilités d'exposition : chroniques sur les lieux de vie (habitant), aléatoires mais localement intenses dans les chantiers d'aménagements urbains ou routiers (travailleur).

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 - où des affleurements d'amiante sont connus et/ou ont été exploités de manière artisanale.

La présente étude est uniquement consacrée à la caractérisation de l'amiante environnemental naturel, c'est-à-dire à l'amiante contenu dans les roches et dans les sols naturels non remaniés par l'Homme.

1.3. DONNÉES ANTÉRIEURES

La présente étude s'inscrit dans le prolongement d'une série de travaux réalisée depuis la fin des années 1990 pour caractériser l'aléa amiante environnemental. Les principales études ont été effectuées en Haute-Corse où elles sont de plus les plus avancées.

En France continentale, les études sur l'amiante environnemental, ont débutées aussi. Ainsi un travail à grande échelle a été réalisé par le BRGM en 2005 pour le compte de l'InVS (Dessandier et Spencer, 2005). Celui-ci, essentiellement bibliographique, (étude des cartes géologiques, consultation de la BSS⁷, consultation des géologues, carte des gîtes minéraux, dossiers de l'inventaire minier de la France) a permis d'établir un premier recensement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères, à l'échelle de la France métropolitaine. Les informations recueillies à l'issue de cette étude documentaire, bien qu'assez disparates et non exhaustives⁸, ont été traitées, néanmoins, de manière à affecter à chacun des 28 sites naturels amiantifères recensés⁹, un aléa décliné en 5 classes (de 0 : niveau d'aléa le plus faible à 4 : niveau d'aléa le plus fort). Enfin, des visites de terrain ont été réalisées, par la suite, sur les sites recensés (Maton et *al.*, 2007).

Par la suite, en 2009-2010, le BRGM a procédé à l'évaluation du potentiel amiantifère d'une part des chaînes récentes avec un test sur le département de la Savoie (Blein et *al.*, 2010) et d'autre part des chaînes anciennes avec un test sur le département de la Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010).

⁷ Banque de données du Sous-Sol

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

⁹ 19 en France continentale et 9 en Haute-Corse

1.4. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Pour chacun des départements de l'Isère et des Hautes-Alpes et pour l'entité du Massif armoricain, le programme de la présente étude a été organisé en trois phases successives.

1.4.1. Phase 1

Pour les 2 départements (Isère et Hautes-Alpes) et pour le Massif armoricain, sur lesquels les travaux existants sont très préliminaires, la première phase a consisté à produire une première évaluation de leur « potentiel amiantifère » à partir d'une synthèse 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 les cartes géologiques harmonisées correspondantes. Cette 1^{ère} évaluation a été faite en prenant en compte tous les paramètres favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes tels que la composition pétrographique et chimique des roches, l'importance des circulations de fluides, la nature des contacts géologiques et le type d'évolution géologique. Toutes les formations géologiques ont été évaluées, depuis les roches « solides » jusqu'aux faciès meubles issus de l'altération et de l'érosion de ces mêmes roches. À l'issue de cette première phase, chaque formation identifiée sur la carte géologique départementale à 1:50 000 harmonisée, a été dotée d'un niveau de susceptibilité préliminaire décliné en 4 classes (« Nul à très faible », « Faible », « Moyen », « Fort à très fort »).

Documents cartographiques utilisés

L'ensemble des travaux a été réalisé en prenant comme base de travail les cartes géologiques à 1:50 000 harmonisées¹⁰ des départements concernés : Vendée (Béchenec, 2008), Maine-et-Loire (Béchenec, 2004), Mayenne (Vernhet, 2008), Sarthe (Quesnel et Stein, 2006), Morbihan (Cagnard, 2007), Finistère (Cagnard, 2007), Côte d'Armor (Egal, 2008), Ille-et-Vilaine (Cagnard et Schroetter, 2008), Manche (Vernhet, 2005), Orne (Vernhet, 2002).

Une carte géologique départementale harmonisée est réalisée à partir des cartes géologiques existantes à l'échelle du 1:50 000. Chaque département français est recouvert par environ une vingtaine de ces cartes géologiques. Le travail d'harmonisation à l'échelle départementale consiste à rendre cohérentes entre elles les coupures couvrant un département, et donc à fournir une cartographie géologique homogène et continue sur l'ensemble d'un département. Ce travail est fait uniquement à partir des cartes et données existantes, sans intervention nouvelle sur le terrain.

Lors de l'harmonisation, les entités cartographiques (« formations ») équivalentes mais notées ou nommées différemment d'une carte à 1:50 000 à l'autre, sont corrélées entre elles à partir des légendes et des descriptions des différentes notices. Une légende générale est établie qui résulte de la synthèse des légendes des différentes cartes à 1:50 000 utilisées et des regroupements effectués. Ce travail d'harmonisation rend compte de l'état actuel de la cartographie dans le département considéré ; il se fait donc à partir de cartes à 1:50 000 de qualité et de fiabilité variables : l'harmonisation réalisée efface et adapte les hétérogénéités observées en limite de cartes mais n'oblitére pas les hétérogénéités existantes d'une carte à l'autre en dehors de ces zones de limites.

¹⁰ En cours sur l'ensemble du territoire national (80 % accomplis) et acquis pour les départements ciblés.

Remarque :

Une carte géologique départementale harmonisée est issue des cartes géologiques à 1:50 000 préalablement réalisées dans le cadre du programme de la Carte Géologique de France. Les limites géologiques représentées sur ces cartes géologiques à 1:50 000, adaptées à cette échelle de restitution, constituent des éléments linéaires dont la précision dépend d'une part de la qualité et de la densité des informations géologiques disponibles et d'autre part des modalités d'interpolation entre les points d'observation. Cette précision peut varier pour une même limite de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres. Une limite contenue dans une bande de terrain large de 50 m (1 mm sur la carte géologique) peut être considérée comme très précise. Cependant, dans la plupart des cas, l'incertitude sera plus grande et la largeur de cette bande plus large, entre 100 et 200 m (2 à 4 mm sur la carte géologique). 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 les cartes géologiques harmonisées des trois départements concernés par la présente étude.

Définition des classes d'aléa

Dans l'étude relative au « *recensement et au classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France* » (Dessandier et Spencer, 2005), les auteurs ont 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) (Illustration 1). 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* »).

En 2006, lors de l'établissement de la première phase de cartographie de l'aléa amiante environnemental en Haute-Corse, D. Lahondère a proposé la prise en compte de 5 classes d'aléa, sensiblement différentes de celles proposées par Dessandier et Spencer (2005) (Illustration 1). Dans cette dernière classification, un aléa 4 « *Fort à très fort* » est attribué systématiquement à tous les affleurements de serpentinites.

La synthèse des 2 approches rappelées ci-dessus, a conduit à adopter en 2010, pour les départements de la Savoie et de la Loire-Atlantique et aujourd'hui pour le Massif armoricain et les départements de l'Isère et des Hautes-Alpes, une classification générale en 4 classes d'aléa, renforcée par l'ajout d'une couche d'informations ponctuelles relative à la localisation des sites dans lesquels la présence d'amiante est avérée (Illustration 1) :

- *la classe d'aléa de niveau 1* correspond à toutes les formations géologiques dans lesquelles aucun indice d'amiante n'est actuellement connu ; de ce fait, la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères dans ces formations est considérée comme nulle ou pratiquement nulle ;
- *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* regroupe les 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 donc forte.

La création d'une couche d'éléments ponctuels correspondant à la localisation des sites dans lesquels la présence d'amiante est avérée, aura pour objectif de fournir aux futurs utilisateurs, une idée sur la densité et sur la taille des indices amiantifères recensés. La taille des indices pourra être représentée en affectant au symbole choisi (étoile) une dimension plus ou moins importante. La couleur de ce symbole pourra également être adaptée de façon à fournir des renseignements sur le (ou les) type(s) d'amiante identifié(s).

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 (Présente convention ; 2009/2010)
BRGM/RP-55119-FR	BRGM/RP-55218-FR	BRGM/RP-58884-FR (Haute-Corse) BRGM/RP-59108 (Loire-Atlantique) BRGM/RP59101-(Savoie)
D. Lahondère, 2006	D. Maton, L. Callier, C. Spencer, 2007	

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

1.4.2. Phase 2

Cette deuxième phase a été découpée en 2 modules, appliqués aux deux départements alpins et à l'entité du Massif armoricain, avec des développements plus ou moins importants et spécifiques en fonction de la connaissance déjà acquise.

Le premier module correspond aux contrôles de terrain et à la cartographie. Ces opérations de terrain ont été menées prioritairement sur des cibles identifiées à l'issue de la première phase. Elles 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 cas échéant, un soin particulier a été apporté à l'étude des faciès meubles superficiels (altérites et colluvions) dont on sait qu'ils peuvent être très riches en fibres et constituer des sources susceptibles d'induire des pollutions aériennes très importantes. Des photographies ont été prises à différentes échelles, de l'affleurement à l'échantillon, afin de permettre la constitution d'une banque d'images

destinée à être à terme intégrée dans une base de données « amiante environnemental naturel ».

Le second module correspond au volet analytique et à l'identification précise des espèces minérales fibreuses, potentiellement asbestiformes, collectées sur les principaux sites visités. Les échantillons prélevés au cours des reconnaissances de terrain se veulent représentatifs de tous les faciès potentiellement amiantifères identifiés et incluent donc des faciès « solides » (roches sources peu à pas altérées) et meubles (sols issus de l'altération et de l'érosion des roches sources). Les outils analytiques utilisés sont le microscope optique à lumière polarisé (M.O.L.P). Sur certains échantillons « rigides », des analyses ponctuelles ont été réalisées à la microsonde électronique dans le but de préciser les compositions chimiques précises des espèces minérales fibreuses étudiées.

1.4.3. Phase 3

La troisième et dernière phase a abouti à la réalisation des produits contractuels attachés à la présente convention, soit :

- une carte numérique de l'aléa consolidé « amiante environnemental naturel » couvrant l'ensemble du Massif armoricain ;
- deux cartes à 1:30 000 couvrant les formations d'aléa consolidé 4 présentant les plus grandes extensions cartographiques ;
- un rapport de synthèse dédié aux travaux réalisés (ce rapport) ;
- une base de données réservée aux occurrences naturelles de roches amiantifères, destinée à devenir une base nationale, intégrant l'ensemble des informations recueillies sur le terrain et issues des travaux en laboratoire.

Les aléas représentés sur ces cartes et affectés à chacune des formations géologiques présentes sont des aléas consolidés prenant en compte toutes les données de terrain ainsi que les résultats des mesures analytiques. Les données géologiques numériques utilisées ont été retraitées de manière à générer une nouvelle couche d'information exclusivement dédiée à la représentation de cet aléa consolidé.

En prenant en compte les résultats obtenus, des propositions sont faites, en fin de rapport, pour la réalisation de travaux complémentaires dans les communes les plus exposées, à l'image des travaux réalisés en Haute-Corse (Lahondère et *al.*, 2010, 2011a, b).

2. Évaluation préalable du potentiel amiantifère

2.1. MÉTHODOLOGIE

2.1.1. Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales à 1:50 000

Les données préalablement acquises et issues des observations de terrain et des analyses en laboratoire ont montré non seulement que de l'amiante était présent d'une manière que l'on peut considérer comme systématique dans les roches ultrabasiques (serpentinites et péridotites ± serpentinisées) mais aussi qu'il peut être présent dans les roches basiques et dans des faciès meubles issus de l'altération supergène de ces dernières. Aussi, en première approche, une recherche par mots-clés a été réalisée dans les notices explicatives des cartes géologiques départementales harmonisées à 1 :50 000, de façon à obtenir une première sélection des formations ultrabasiques et basiques potentiellement amiantifères. Les mots utilisés ont été les suivants : *ultrabasique, basique, péridotite, serpentinite, gabbro, amphibolite, éclogite, dolérite, basalte, prasinite, actinolite, trémolite, chrysotile, amosite, grunérite, crocidolite, riébeckite, anthophyllite.*

2.1.2. Analyses multicritères réalisées pour les formations sélectionnées à l'issue de l'analyse des mots-clés

Définition de l'analyse multicritère (AMC)

Une analyse multicritère (AMC) permet de résoudre un problème en prenant en compte différentes alternatives ainsi que plusieurs variables. Elle donne de plus, la possibilité d'intégrer sous différentes formes (pondération, valeur, note, *etc.*) l'importance inégale des différents critères qui sont utilisés dans la résolution du problème. L'AMC se fait en suivant 5 étapes principales :

- *déterminer l'objectif final ;*
- *mettre en évidence la liste des solutions potentielles ;*
- *identifier les différents critères permettant l'analyse et la résolution du problème ;*
- *évaluer chacune des solutions par rapport à chacun des critères ;*
- *synthétiser les résultats pour choisir la solution la plus satisfaisante.*

Lors d'une analyse multicritère, certains paramètres sont définis tel le terme « *critères* » qui correspond aux paramètres d'évaluation du problème à résoudre. Une AMC peut intégrer de 1 à n critères. Les critères sont divisés en « *alternatives* » qui correspondent aux choix disponibles. Critères et alternatives peuvent être définis de façon quantitative (avec ou sans unité) et ils sont alors dénommés « *poids* » et « *valeur* ». La valeur est généralement définie par une gamme de nombres, en positifs ou en négatifs. Le poids, quant à lui, permet de discriminer les critères choisis en fonction de leur importance dans la résolution du problème.

Objectif de l'AMC

L'objectif de l'analyse multicritère est d'établir, à partir des données de la carte géologique harmonisée départementale à 1:50 000 et de la sélection résultant de l'analyse par mots-clés, une *cartographie de susceptibilité* des formations géologiques à la présence d'amiante. Pour ce faire, plusieurs paramètres géologiques a priori favorables à la cristallisation éventuelle de minéraux asbestiformes ont été pris en compte :

- la composition chimique de la roche ;
- la nature des contacts géologiques ;
- l'importance des circulations fluides tardi-métamorphiques ;
- le type d'évolution métamorphique et structurale subi et enregistré.

Chacun des paramètres précédents a été pondéré selon différents *critères* pour permettre la mise en œuvre de l'AMC. Ces critères sont issus, pour la majorité, des données attributaires de la base de données associée aux cartes géologiques harmonisées numériques utilisées.

Définition des « critères » de l'AMC

- *lithologie* et *minéralogie* sont les deux critères qui correspondent à la chimie de la roche ;
- *la nature des contacts géologiques* (contours géologiques normaux, failles, chevauchements, détachements) constitue un des autres critères prépondérants pris en compte dans l'analyse ;
- *le type de déformation* et *l'intensité de la déformation* de la formation sont deux critères qui permettent de caractériser l'évolution structurale.

Définition des « alternatives » et attribution des valeurs de l'AMC

À chacun des critères précédemment définis ont été attribuées plusieurs alternatives qui sont elles-mêmes, notées sur une gamme de valeurs allant de 0 à 10.

Critère « lithologie »

Cinq alternatives ont été choisies :

- *péridotites et serpentinites* ;
- *amphibolites, prasinite, pyroxénite* ;
- *éclogites* ;
- *gabbro, méta-gabbro, méta-dolérite, metabasite, dolérite, méta-andésite, méta-basalte* ;
- *autres roches*.

Les valeurs attribuées à chacune des alternatives sont comprises entre 0 et 10, afin que la différence de potentialité de présence de minéraux asbestiformes ressorte de façon numérique. Ainsi, la note de 10 a été attribuée à l'alternative « *péridotites, serpentinites* », celle de 5 à l'alternative « *amphibolite* » et respectivement 2, 2 et 0,5 pour les alternatives « *éclogites* », « *gabbro* » et « *autres roches* ». Compte tenu de

l'importance de la lithologie dans la cristallisation de minéraux asbestiformes, un coefficient de pondération de 3 a été attribué à ce critère.

Critère « minéralogie »

Cinq alternatives ont été choisies :

- *minéralogie connue, fiable et confirmant la présence d'amiante ;*
- *minéralogie connue, plus ou moins fiable et confirmant la présence de minéraux susceptible d'être des amiantes ;*
- *minéralogie connue, fiable et ne confirmant pas la présence de minéraux asbestiformes ;*
- *minéralogie connue plus ou moins fiable et ne confirmant pas la présence d'amiante ;*
- *minéralogie inconnue.*

Ces dernières alternatives ont été définies en fonction de la connaissance de la minéralogie de la roche, de la présence ou non de minéraux asbestiformes et de la fiabilité de cette connaissance. Les valeurs de ces alternatives sont respectivement 10, 7, 1, 2 et 5. Pour ce critère, deux conditions rédhibitoires ont été définies : lorsque les alternatives 1 et 3 ci-dessus mentionnées, sont mises évidence, la susceptibilité de la formation concernée passe directement pour le premier cas à « *Fort à très fort* » et dans le second cas à « *Nul à très faible* ». Le coefficient de pondération attribué à ce critère a été défini à 3. En effet, il semble raisonnable de considérer que la lithologie et la minéralogie, très liées, influencent de façon égale le résultat final.

Critère « contacts géologiques »

Trois alternatives, issues des données attributaires des cartes géologiques départementales à 1:50 000 harmonisées, ont été choisies :

- *chevauchements et détachements ;*
- *failles cassantes ;*
- *contacts normaux.*

Leurs valeurs ont respectivement été définies à 10, 6, 5. Le coefficient de pondération de ce critère est de 2.

Critère « déformation »

Issu des données attributaires des cartes géologiques départementales à 1 :50 000 harmonisées, il comprend 3 alternatives :

- *ductile ;*
- *fragile à ductile ;*
- *cassante ;*
- *inexistante ;*
- *inconnue.*

Leurs valeurs ont respectivement été définies à 10, 6, 1, 0, 3. Le type de déformation a été affecté d'un coefficient de pondération d'une valeur de 0,5.

Critère « intensité de la déformation »

Issu des données attributaires des cartes géologiques départementales à 1:50 000 harmonisées, il inclue 4 alternatives :

- *très déformé* ;
- *déformé* ;
- *non déformé* ;
- *inconnu* ;
- *variable*.

Leurs valeurs ont respectivement été définies à 10, 8, 0, 6, 5. Ce critère a été pourvu d'un coefficient de pondération de 1.

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_{ij} est la valeur de l'alternative i pour le critère j et w_j est le coefficient de pondération de ce même critère.

Par la suite, des intervalles de notes finales ont été définis pour chacune des susceptibilités (*Nul à très faible*, *Faible*, *Moyen* et *Fort à très fort*). Pour la susceptibilité « Nul à très faible », aucun calcul n'a été effectué puisque dans cette catégorie ont été intégrées toutes les formations géologiques n'ayant pas été sélectionnées lors de l'analyse par mots clés. Les bornes des intervalles correspondent aux valeurs de calculs des différentes possibilités sont les suivantes :

- *Nul à très faible*, toutes les formations n'ayant pas été sélectionnées par l'analyse par mots clés ;
- *Faible*, l'intervalle est : [< 47 ;
- *Moyen*, l'intervalle est : [$47 ; 60$;
- *Fort à très fort*, l'intervalle est : [> 60].

2.2. RÉSULTATS DE L'ANALYSE

2.2.1. Résultats de l'analyse par mots-clés

Esquisse géologique du Massif armoricain

Le Massif armoricain est un des grands massifs anciens du territoire national, tronçon affleurant de la Chaîne varisque, érigée au cours de l'ère primaire (Paléozoïque) entre 450 et 300 Ma (millions d'années) environ ; cette chaîne, érodée, forme l'ossature principale de l'Europe occidentale. Au cours des ères secondaire et tertiaire, elle constitue le soubassement des grands bassins sédimentaires (bassins de Paris et d'Aquitaine) et est remodelée dans les chaînes récentes : pyrénéenne et alpine.

Ce massif contient en outre, dans sa partie nord, un élément d'une chaîne plus ancienne érigée entre 750 et 600 Ma environ. Identifiée de part et d'autre de l'Atlantique, elle est nommée Chaîne avalonienne en Amérique et Chaîne cadomienne en Europe. Cette dernière encaisse elle-même, des reliques disloquées, d'une très vieille croûte icartienne, datée autour de 2 000 Ma.

Le Massif armoricain est constitué d'une croûte continentale d'âge protérozoïque à paléozoïque (granites, gneiss, schistes, etc.) dont la structure résulte, essentiellement, de la tectonique, du métamorphisme et de la granitisation associés à l'Orogenèse hercynienne, il y a 300 Ma. Cette orogenèse est le résultat d'une longue évolution de la distribution des plaques constituant la lithosphère :

- au Protérozoïque supérieur, cette distribution comprend d'une part deux continents nordiques, la Laurentia (Bouclier canadien) et la Baltica (Bouclier scandinave) séparés par l'Océan lapétus (au sein duquel sont de plus dispersées plusieurs microplaques telles l'Avalonia et l'Armorica) et d'autre part un super-continent méridional, le Gondwana regroupant Afrique, Brésil, Inde, Australie et Antarctique ;
- au cours du Néoprotérozoïque, la translation des continents nordiques initie l'Orogenèse avalonienne/cadomienne, équivalente à l'Orogenèse panafricaine suivant la terminologie utilisée par ailleurs, et l'accrétion de blocs isolés, dont l'Avalonia et l'Armorica, sur la marge nord du Gondwana ;
- un rifting cambro-ordovicien initie dans ce nouveau continent d'une part l'ouverture de nouveaux bassins et l'apparition d'un magmatisme intracontinental et d'autre part le développement d'accrétions océaniques. Ces dernières se traduisent notamment d'une part l'ouverture de l'Océan rhéique et d'autre part de l'Océan sud-armoricain respectivement au Nord et au Sud de la microplaque Armorica (Domaines centre et nord-armoricain) qui est ainsi séparée des deux plaques continentales septentrionales (Laurentia et Baltica) et de la mégaplaque continentale méridionale (Gondwana) ;
- au Silurien la fermeture de l'Océan lapetus, séparant Laurentia et Baltica, est à l'origine de l'Orogenèse calédonienne et induit la formation d'une mégaplaque continentale septentrionale : Laurentia+Baltica+Avalonia ;
- par la suite La fermeture des océans rhéic et sud-armoricain, provoque une collision majeure entre ces deux mégaplaques continentales (Orogenèse varisque/hercynienne). Cette orogenèse est polyphasée et se développe durant presque 200 Ma. L'occlusion de l'Océan sud-armoricain entraîne une première collision au Siluro-Dévonien. Cependant, la collision majeure se développe au cours du Carbonifère avec la fermeture de l'Océan rhéic s.s. La trace de ces océans perdus est soulignée par des zones de sutures où s'observent des reliques de séries ophiolitiques (Complexe du Lizard dans la partie nord, Complexes de la baie d'Audierne et de Champtoceaux dans la partie méridionale). Le relief de la Chaîne varisque était alors sans doute comparable à celui de la Chaîne alpine actuelle. Cette orogenèse s'achève par une phase d'écroulement et d'étalement.

Depuis cette époque, le Massif armoricain est resté à l'écart des grandes zones de tectonique active, telles que la collision de la Chaîne alpine ou l'ouverture de l'Océan atlantique, et n'en a subi que des incidences lointaines et discrètes (réactivation de la fracturation héritée de l'Orogenèse hercynienne). Ainsi les dépôts des grands bassins

sédimentaires, d'âge secondaire et tertiaire (sables, argiles, calcaires, etc.) sont demeurés quasiment in situ, là où les sédiments se sont accumulés dans les mers qui ont plus ou moins envahi et recouvert la Chaîne varisque érodée. Ces dépôts n'ont subi depuis, aucune déformation, ni perturbation importante. Par ailleurs, au sein même du Massif armoricain, seuls quelques petits bassins tertiaires sont restés piégés le long des failles qui ont joué au cours de la tectonique périalpine.

Organisation structurale du Massif armoricain

L'analyse des différents tronçons de la Chaîne varisque de l'Europe de l'Ouest, aujourd'hui orientée grossièrement Ouest-Est, depuis le Massif armoricain jusqu'au Massif bohémien, montre la double vergence de cette chaîne : au Nord (Ardennes, Vosges, pour sa partie française), elle est déversée vers le Nord sur le craton du Midland-Brabant ; au Sud (Bretagne méridionale, Vendée, Massif central, pour sa partie française) elle est déversée vers le Sud et vers l'Ouest sur le Craton ibérique. Ces cratons sont des portions stables de l'écorce terrestre, par opposition aux zones orogéniques mobiles.

Une particularité essentielle du Massif armoricain est d'inclure, au sein des terrains impliqués dans la Chaîne varisque, un mini-craton cadomien, l'Armorica, dont les terrains ont été préservés, en grande partie, des déformations et des métamorphismes hercyniens. Les terrains de l'Armorica affleurent en Bretagne centre-nord et dans le Bocage normand ; ils s'étendent, plus largement, immergés sous la Manche ou masqués sous la couverture paléozoïque en Bretagne centrale et sous la couverture méso-cénozoïque du Bassin de Paris. Ce mini-craton est l'un des principaux tronçons reliques de la Chaîne cadomienne ; d'autres tronçons de cette chaîne, morcelée et dilacérée, sont identifiés de part et d'autre de l'Atlantique, mais rares sont ceux qui n'ont pas été entièrement restructurés, postérieurement. La bordure méridionale de ce craton Armorica est soulignée par une des discontinuités fondamentales, paléogéographique et paléotectonique, du Massif armoricain : la branche nord du « Cisaillement sud-armoricain » (CSA), encore dénommé « Cisaillement Quimper-Angers ». Au-delà vers le Sud, si l'existence de reliques (orthogneiss) d'âge cadomien est avérée dans le Massif armoricain, ces dernières ont été totalement restructurées par la tectonique hercynienne.

C'est donc au Sud de ce mini-craton cadomien que se place le segment varisque du Massif armoricain, caractérisé par une tectonique collisionnelle de grande ampleur, associée au raccourcissement et à l'épaississement de la croûte. Seule exception, le Pays du Léon (NW Bretagne) dont les terrains présentent des attributs semblables à ceux de la Chaîne varisque mais dont la position géographique et structurale soulève un problème particulier.

À la fin de la tectonique collisionnelle, au cours du retour à l'équilibre de la lithosphère, marqué par le réajustement isostasique et la relaxation thermique de la croûte, le Massif armoricain est affecté par des failles intracrustales majeures, disposées en un éventail fermé à l'Ouest, ouvert vers l'Est. Ces failles, dont la principale est la branche sud du CSA, ont subi des évolutions qui peuvent être distinctes.

Ces différents contextes et ces différents accidents induisent le découpage du Massif armoricain en plusieurs domaines structuraux, dont les grandes lignes sont admises depuis longtemps. Ces domaines, au nombre de onze, correspondant à des segments de croûte qui ont suivi des évolutions paléogéographiques et paléotectoniques communes, sont, du Nord au Sud (Illustration 2) :

- **le domaine cadomien-varisque du Cotentin et des îles** : il correspond au rebord nord du bloc cadomien, largement dissimulé sous une couverture paléozoïque et affecté, de manière notable, par la tectonique hercynienne. Ce domaine est limité au Sud par la faille de Coutances ;
- **le domaine cadomien nord-breton (Trégor – Saint-Brieuc)** : il correspond au tronçon de la cordillère cadomienne, sensu stricto, considérée comme résultant

de l'évolution d'une marge continentale active. Il est, en majeure partie, préservé de la tectonique hercynienne. Ce domaine est limité vers le Sud par la faille de Belle-Isle/La Fresnaye ;

- **le domaine cadomien normando-breton** (*Saint-Malo - Fougères*) : il correspond à l'avant-pays de la cordillère précédente. Il est en partie masqué par une couverture essentiellement cambrienne et n'est que très peu affecté par la tectonique hercynienne. Ce domaine est limité sur son flanc sud par le Cisaillement nord-armoricain (CNA) ;
- **le domaine varisque du Léon** (*Brest*): il est interprété comme un élément du Domaine varisque sud-armoricain, détaché et translaté au cours de la tectonique collisionnelle hercynienne ; cette interprétation demeure hypothétique. Ce domaine est limité vers le Sud par les failles du Léon et de l'Élorn ;
- **le domaine varisque médio-armoricain oriental** (*Laval*) : constitué d'une importante série paléozoïque allant de l'Ordovicien au Carbonifère, ce bassin, encastré au sein du bloc cadomien, est installé sur une ligne de failles majeures, associées au Cisaillement nord-armoricain (CNA) ;
- **le domaine varisque médio-armoricain occidental** (*Châteaulin*) : de nature semblable au précédent, mais affleurant plus largement, ce domaine s'en distingue, néanmoins, par la présence d'un important plutonisme carbonifère, d'origine crustale. Ce domaine est séparé du Domaine de la Bretagne centrale par la faille des Montagnes Noires ;
- **Le domaine varisque de Bretagne centrale** (*Rennes*): il correspond à la partie la plus méridionale du bloc cadomien (Armorica). Cette partie est masquée par une couverture d'âge protérozoïque supérieur à paléozoïque inférieur, affectée par une déformation d'intensité modérée. Ce domaine est limité sur son flanc sud par la branche nord du Cisaillement sud-armoricain, le « Cisaillement Quimper-Angers » ;
- **Le domaine varisque ligéro-sénan** (*Quimper - Angers*): il est séparé du bloc cadomien, par le « Cisaillement Quimper-Angers » et est affecté par un faisceau de failles majeures varisques, à composante décrochante. Ce domaine est limité au Sud par le décro-chevauchement de Nort-sur-Erdre et est fortement biseauté à l'Ouest.
- **Le domaine varisque nantais** (*Champtoceaux - Choletais*) : il constitue, avec le domaine suivant, la partie visible de la cordillère varisque armoricaine s.s. Il est constitué par l'empilement tectonique de plusieurs unités de haut-grade, fortement déformées. Ce domaine est limité au Sud par la branche sud du Cisaillement sud-armoricain.
- **Le domaine varisque sud-armoricain** (*Quimper - La Roche/Yon*) : il est constitué de plusieurs unités litho-structurales superposées et/ou juxtaposées de manière complexe. L'anatexie et les granites crustaux y sont très développés dans sa partie basale. Ce domaine est en majeure partie immergé sous le Golfe de Gascogne et s'ennoie vers le Sud-Est sous la couverture mésozoïque du Bassin d'Aquitaine.

Le domaine varisque sud-armoricain : limité sur son flanc septentrional par le CSA qui se suit depuis la Pointe-du-Raz à l'Ouest jusqu'aux confins de la Vendée au Sud-Est, il prend en écharpe les départements du Finistère, du Morbihan, de la Loire Atlantique et de la Vendée. Il comprend plusieurs unités litho-structurales, séparées par des contacts tectoniques majeurs, dont certaines présentent des roches basiques et ultrabasiques, cibles potentielles pour la recherche d'amiante environnemental :

- ***le complexe de la baie d'Audierne*** soit est en contact tectonique avec les unités voisines soit est recoupé par les granites varisques. Il inclue l'Unité de Peumerit et la Formation de Penhors qui sont considérées comme les reliques d'une série ophiolitique :
- - *l'Unité de Peumerit* a une extension non négligeable et est essentiellement constituée de serpentinites associées à des métagabbros et des amphibolites,
 - *la Formation de Penhors* comprend principalement des micaschistes et des paragneiss micacés au sein desquels, notamment dans la moitié septentrionale de la formation, sont interstratifiées de nombreuses passées métriques d'amphibolites ;
- ***l'unité du Pouldu*** s'étend de la baie d'Audierne à l'Ouest jusqu'à la région de Lorient à l'Est. Elle est recoupée par des orthogneiss ordoviciens et de nombreux granites varisques et est localement chevauchée, sur son flanc nord, par le Complexe de la baie d'Audierne. Elle est composée de plusieurs groupes et formations incluant des roches basiques, telle la Formation de Tréogat et le Groupe de Merrien, dans lesquels ces dernières présentent une chimie comparable à celle des tholéiites d'arc ou de bassin arrière-arc et tel le Groupe de Nerly dans lequel elles montrent une tendance alcaline :
 - *la formation de Tréogat* forme une bande orientée NE-SW, large de 1 à 2 km et d'extension déca-kilométrique ; elle est essentiellement constituée d'amphibolites prasinitiques et d'ovardites,
 - *le groupe de Merrien* présente une vaste extension tout au long de la côte, entre Concarneau et Lorient. Essentiellement constitué de micaschistes à ocelles d'albite, il présente cependant de nombreuses bandes d'amphibolites, de puissance métrique à décamétrique, interstratifiées au sein des micaschistes,
 - *le groupe Nerly* a une extension comparable à celle du Groupe de Merrien mais il est surtout constitué de paragneiss micacés ; les amphibolites encaissées dans ces derniers sont moins fréquentes que dans le groupe précédent et sont essentiellement présentes dans sa partie occidentale ;
- ***la formation des amphibolites de Koad-Konk*** forment une bande étroite (50 à 250 m), orientée WNW-ESE, qui se suit sur une trentaine de kilomètres depuis le Nord de Concarneau jusqu'à Quimperlé. Encaissée successivement dans l'orthogneiss de Nizon et dans le granite de Pluguffan, cette formation est uniquement constituée d'amphibolites. Ces dernières présentent une chimie comparable à celle de tholéiites de bassins arrière-arc intraocéaniques ;
- ***l'unité de Groix/Bois-de-Céné*** est présente d'une part dans l'île de Groix et d'autre part au Nord de Challans, en limite des départements de Vendée et de

Loire-Atlantique où elle chevauche l'Unité de Saint-Gilles - La Vilaine. Elle est caractérisée par l'empreinte d'un métamorphisme de type haute pression-basse température (faciès schistes bleus) et est essentiellement constituée de micaschistes au sein desquels sont enclavées des lentilles de serpentinites et des bandes, d'extension kilométrique, de schistes verts à amphibole et d'amphibolites. Ces dernières présentent une chimie comparable à celle des tholéiites des rides médio-océaniques ;

- ***l'unité de Saint-Gilles - La Vilaine*** occupe un vaste territoire, d'une part à l'embouchure de la Vilaine et d'autre part en limite sud-ouest de la Loire-Atlantique et nord-ouest de la Vendée. Cette unité est essentiellement caractérisée par des micaschistes et des métarhyolites (porphyroïdes) ; cependant elle comporte aussi, des bandes d'amphibolites d'extension plurikilométrique en bordure de l'estuaire de la Vilaine et il est de plus possible que la formation des amphibolites d'Arzal, recoupée par des migmatites, soit aussi à rattacher à cette unité. Enfin, près de St-Gilles-Croix-de-Vie, deux petits massifs amphiboliques associés à des métarhyolites sont encaissés dans les micaschistes ;
- ***l'unité de Saint-Martin-des-Noyers*** forme une bande NW-SE, étroite et rectiligne, délimitée par des décro-chevauchements. Elle s'étend ainsi en Vendée sur une cinquantaine de kilomètres depuis le Sud du Lac-de-Grand-Lieu jusqu'aux abords de Coulonges-sur-l'Autize. Elle comprend essentiellement des amphibolites et, dans une moindre mesure, des micaschistes et des paragneiss. Les roches basiques présentent de caractères chimiques comparables à ceux des arcs insulaires ;
- ***le complexe des Essarts*** est délimitée sur son flanc nord par les failles du Sillon houiller vendéen et sur son flanc sud par le décro-chevauchement des Essarts. Large de de 2 à 5 km, elle forme une bande NW-SE qui s'étend en Loire-Atlantique et en Vendée sur une cinquantaine de kilomètres. Cette unité, très dilacérée, est caractérisée par l'empreinte d'un métamorphisme haute pression-haute température (faciès élogite) et est principalement constituée de gneiss et de micaschistes qui encaissent de nombreuses d'amphibolites et élogites plus ou moins amphibolitisées. Enfin, elle encaisse aussi, dans une moindre mesure, des lentilles de serpentinites et des birbirites, très déformées. Cette unité, à l'histoire particulièrement complexe, représente une relique de lithosphère océanique ;
- ***l'Unité de Paimboeuf-Montaigu*** inclue quatre formations présentes principalement en Loire-Atlantique et dont une seule offre des potentialités amiantifères.

La formation de Saint-Georges-de-Montaigu, est bien développée dans la région de Montaigu où elle constitue un ensemble de 30 Km de long. Limitée localement sur son flanc nord par le CSA, elle chevauche l'orthogneiss de Montaigu et est recoupée par le granite varisque de l'Ortay. Elle est essentiellement constituée d'amphibolites associées à des leptynites et des micaschistes et localement à des serpentinites. Ces amphibolites ont des caractères chimiques comparables ceux des séries des domaines arc/arrière-arc.

Le Domaine varisque nantais s'étend uniquement en Loire-Atlantique et en Maine-et-Loire. Il est limité au Sud par le CSA et au Nord par le décro-chevauchement de Nort-sur-Erdre, relayé vers l'Est par les failles du Sillon houiller de Basse-Loire. De plus, cette limite septentrionale est souvent soulignée par des bandes de serpentinites, cibles privilégiées dans le cadre de la recherche d'amiante naturel. Il comprend, cinq unités principales dont seules trois, les Unités des Mauges, de Champtoceaux, et de Mauves-sur-Loire, comportent des roches basiques à ultrabasiques :

- ***l'unité de Mauves-sur-Loire*** constitue le soubassement structural du domaine varisque nantais et elle est chevauchée par l'unité Champtoceaux. Principalement exposée en Loire-Atlantique, elle est constituée de micaschistes avec de rares intercalations d'amphibolites ;
- ***l'unité de Champtoceaux*** est caractérisée par l'empreinte d'un métamorphisme haute pression-haute température (faciès éclogite). Elle forme une lame structurale entre les Unité de Mauves et des Mauges et comprend quatre formations dont seules deux constituent une cible dans le cadre de l'étude :
 - ***la formation des Folies-Siffait*** : elle est composée principalement de micaschistes au sein desquels sont intercalées des amphibolites ; cependant son extension est très limitée en Loire-Atlantique et en Maine-et-Loire,
 - ***la formation de Champtoceaux*** : principalement constituée de paragneiss et d'orthogneiss migmatitiques, elle inclue aussi, localement, des enclaves d'amphibolites, de dimension non négligeable ; cependant elle est surtout présente en Loire-Atlantique ;
- ***l'unité des Mauges*** est limitée vers l'Ouest par une faille ductile (faille de détachement) qui la sépare de l'Unité de Champtoceaux et qui est souvent soulignées par des serpentinites. Elle comprend quatre ensembles dont deux constituent des cibles potentielles pour la recherche d'amiante naturel :
 - ***la formation de Drain*** s'étend principalement en Loire-Atlantique mais affleure aussi localement à l'Ouest du Maine-et-Loire. Elle est composée de métagabbros, d'amphibolites et de leptynites, et inclue aussi des enclaves de serpentinites. Les caractères géochimiques des metabasites les apparentent aux tholéiites de type MORB,
 - ***la formation de Beaupréau*** affleure largement en Maine-et-Loire où elle est interstratifiée au sein d'une puissante série de micaschistes. Elle comprend des schistes verts à amphibole, des amphibolites, des métatufs basiques, et accessoirement, des ampélites et des schistes graphiteux. Les caractères chimiques des roches basiques sont comparables à ceux des séries basaltiques de rides médio-océaniques.

Enfin les unités lithostructurales du Domaine varisque nantais sont recoupées par de nombreuses roches intrusives, granites plus ou moins mylonitiques, granodiorites et localement gabbros tels les *gabbros du Pallet, de Montfaucon, de Tilière* ; ces derniers, en tant que roches basiques, ont été échantillonnés dans le cadre de ce projet.

Le Domaine varisque ligéro-séna s'étend de la région d'Angers à l'Est jusqu'à la pointe du Raz à l'Ouest ; ce domaine est fortement biseauté vers l'Ouest où il se réduit à une étroite lanière avec des formations particulièrement dilacérées. Il est limité sur son flanc nord par la branche septentrionale du CSA et sur son flanc sud par le décrochevauchement majeur de Nort-sur-Erdre, relayé d'une part vers l'Est par le Sillon houiller de Basse-Loire et d'autre part vers l'Ouest par la branche méridionale du CSA.

Ce domaine est constitué de cinq unités litho-structurales principales, elles-mêmes délimitées et juxtaposées par des accidents chevauchants et/ou décrochants associés à la tectonique varisque : *L'Unité de Saint-Julien-de-Vouvantes*, *L'Unité des Landes-de-Lanvaux*, *L'Unité de Saint-Mars-la-Jaille*, *L'Unité de Péaule* et *L'Unité de Saint-Georges-sur-Loire*. Cependant, seule cette dernière présente quelques volcanites basiques (Formation de la Romme) et ceci uniquement en Loire-Atlantique. Par ailleurs, un petit corps de gabbro-diorite a été identifié à l'Ouest de l'Unité, au Nord de Bannalec la *métadiorite-quartzique de Lokunolé*.

Le Domaine varisque de Bretagne centrale occupe toute la partie centrale du Massif armoricain ; il est limité sur son flanc méridional par la branche nord du CSA et sur son flanc nord par la Faille des Montagnes noires relayée vers l'Est par CNA. Il correspond à la plate-forme externe méridionale du Bloc cadomien nord-armoricain, qui ici est masquée sous une couverture d'âge protérozoïque supérieur à paléozoïque inférieur. Ce domaine comprend deux grandes unités :

- ***l'unité briovérienne de Bretagne centrale*** forme un puissant ensemble détritique immature ; il est composé de wackes, de grès, de siltites en association rythmiques, plus ou moins métamorphisés (schistes, méta-quartzites), associés à quelques intercalations de conglomérats (Fm. de La Mayenne). Cet ensemble encaisse d'une part des passées d'amphibolites et d'autre part des corps basique telle la *métadiorite de Niverrot-Tréanna*, le *métagabbro-diorite de Gourvily*, les *diorites de Plélauff* ;
- ***l'unité du Sud de Rennes*** recouvre en discordance le soubassement briovérien et débute par des dépôts grossiers d'âge ordovicien inférieur ; par la suite, les séries sédimentaires se succèdent dans cette unité, jusqu'au Carbonifère.

Ces deux unités sont de plus recoupées par des sills et des dykes de dolérites et de métadolérites, localement assez nombreux, dont certains sont susceptibles de constituer des cibles potentielles.

Le Domaine varisque médio-armoricain occidental forme une entité qui se biseaute vers l'Est, entre d'une part les failles de l'Elorn relayées par le CNA au Nord et d'autre part la Faille des Montagnes noires au Sud. Ce domaine représente une partie de la plate-forme paléozoïque ouest-armoricaine installée sur un soubassement pré-ordovicien (Briovérien de la baie de Douarnenez) inondé à l'Ordovicien au cours d'un épisode d'extension crustale qui induit le dépôt des premières séries détritiques. Ce type d'évolution et de dépôts se poursuivent en plusieurs épisodes successifs au cours du Paléozoïque avec une intensité maximale au Dévonien puis au Carbonifère inférieur, soulignés par la mise en place concomitante de volcanisme. Ce domaine comprend l'Unité du bassin de Châteaulin et l'Unité de Morlaix-Elorn :

- ***l'unité du bassin de Châteaulin*** englobe les metabasaltes et métadolérites des *formations de Bolazec et Lohuec* datées du Dévonien et des *formations de Kerroc'h* et de *Lostenvern* datées du Carbonifère, qui présentent respectivement un caractère tholéiitique transitionnel et tholéiitique continental. De plus,

quelques lentilles hectométriques ainsi que des pointements rocheux non cartographiés de serpentinites sont présents au sein de la Formation de Lohuec. Ces formations sont donc les principales cibles potentielles dans cette unité. Néanmoins les métadolérites en dykes et sills qui recoupent notamment les séries briovériennes du socle sont aussi à prendre en compte ;

- ***l'unité de Morlaix-Elorn*** comprend des séries métasédimentaires qui se succèdent aussi du Protérozoïque supérieur au Carbonifère ; cependant, c'est seulement au Dévonien que se mettent en place des intrusions volcano-plutoniques, le Massif des métadolérites-amphibolites de Plestin-Barnenez, le Massif du métagabbro de Saint-Jean-du-doigt, associées à une tectonique distensive qui initie aussi l'ouverture du bassin de Morlaix.

Le Domaine varisque médio-armoricain oriental encadré au sein du bloc cadomien, il forme une entité étroite et d'extension limitée, dont l'individualisation et l'évolution est déterminée par des structures héritées du socle cadomien. Il comprend deux unités : *l'Unité de Laval* relayée vers l'Ouest par *l'Unité du Menez-Bélaïr*. Dès le Cambro-Ordovicien les structures cadomiennes héritées ont rejoué notamment lors d'une importante phase d'extension crustale. Ainsi, dès cette époque, après la transgression initiale se mettent en place des séries sédimentaires de type plate-forme continentale.

Par la suite, le devenir de ce domaine est conditionné par le jeu des failles associées au CNA qui induisent, notamment, l'individualisation, au Carbonifère, du bassin intracontinental de Laval associé à des manifestations volcaniques modestes.

Le Domaine varisque du Léon se situe au nord-ouest du Massif armoricain et est limité au Sud par les failles de l'Elorn et à l'Est par le bassin de Morlaix. Il comprend trois ensembles :

- ***le complexe de Plougerneau*** est séparé de l'Unité de Lesneven par la faille majeure, décrochante, Porspoder-Guissény. Il est principalement constitué de migmatites orthodérivées et de granitoïdes qui encaissent des enclaves de diorites micacées migmatitiques ;
- ***l'unité de Lesneven*** repose en contact tectonique sur un socle orthogneissique qui apparaît en fenêtre dans les régions de Tréglonou et de Plounévez-Lochrist. Ce contact est souligné par des lentilles boudinées d'éclogites dont le protolithe s'apparente à des gabbros à affinité de série tholéiitique océanique et qui témoignent d'un épisode métamorphique précoce (Silurien inférieur) de type HP/HT. Cette unité est constituée de paragneiss et de micaschistes comportant des intercalations d'orthogneiss et d'amphibolites, telle le Massif des amphibolites de Lannilis. Cette dernière constitue la principale cible dans cette unité ;
- ***l'unité du Conquet*** enveloppe et surmonte la précédente et est principalement constituée de micaschistes et de paragneiss.

Le Domaine cadomien nord-breton constitue le tronçon majeur de la Chaîne cadomienne dans le Massif armoricain, tronçon en grande partie préservé de la tectonique varisque. Il est constitué de quatre unités lithostructurales, empilées au cours de l'Orogénèse cadomienne, l'Unité du Trégor, l'Unité de St Brieuc, l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle et l'Unité de Guingamp :

- ***l'unité du Trégor*** affleure entre les baies de Lannion et de St Brieuc ; elle a la particularité d'encaisser des reliques icartiennes, notamment à Locquirec et à Trébeurden, essentiellement constituées d'orthogneiss granodioritiques datés à 2000 Ma. Néanmoins, l'Unité du Trégor est principalement constituée par deux ensembles, le Batholite nord-trégorrois et la Série volcano-sédimentaire nord-trégorroise, séparés par le grand accident Locquémau-Lézardrieux :
 - le Batholite nord-trégorrois, daté à 615 Ma, recoupe une formation volcano-sédimentaire (Formation de Lannion) évoluant depuis des laves acides et ignimbrites à rares intercalation basiques, datées du même âge que le batholite, jusqu'à des séries volcano-détritiques,
 - la série nord-trégorroise comprend la *Formation de Paimpol*, composée de metabasaltes spilites, et la *Formation de la Roche-Derrien* essentiellement détritique (schistes, grès, grauwackes). Daté à 610 Ma (Néoprotérozoïque III) ce volcanisme présente des caractères géochimiques proches de ceux des tholéiites de type arc-insulaire et pourrait marquer le début de l'évolution orogénique cadomienne ;
- ***l'unité de Saint-Brieuc*** est délimitée par deux accidents majeurs, au Nord le décrochevauchement du Trégor (Trédrez-Beauport) et au Sud le décrochevauchement de Plouagat – Coëtmieux (encore dénommé « Faille de Saint-Brieuc »), qui la sépare respectivement des unités du Trégor et de Guingamp. L'Unité de Saint-Brieuc occupe les flancs ouest et sud-est de la Baie de Saint-Brieuc ; elle comprend (1) le Complexe de Penthièvre, (2) un ensemble volcano-sédimentaire avec à la base la Formation de Lanvollon-Erquy et au sommet les formations de Binic et du Minard, (3) des intrusions cadomiennes essentiellement basiques qui recoupent les entités précédentes :
 - le complexe de Penthièvre inclue le Gneiss de Port-Morvan qui représente le soubassement des formations de l'unité et affleure uniquement en une bande étroite d'une dizaine de km. Daté à 750 Ma, il est constitué essentiellement d'orthogneiss quartzo-feldspathiques trondhjémiques au sein desquels sont encaissés des niveaux décimétriques à métriques de gneiss fins verts chloriteux. Il est recoupée par la Throndjémite d'Hillion (daté à 630 Ma), mais l'entité la plus importante de ce complexe est constituée par la *Formation de Morieux*. Cette dernière comprend des gabbrodiorites, des tonalites gneissiques et des amphibolites. Elle est associée (ou recoupée) d'une part à des granodiorites et des trondhjémites gneissiques et d'autre part, très localement, à des leptynites à rares passées d'amphibolites. Enfin l'ensemble de ce complexe est recoupé par de nombreux filons de microdiorites et microgabbros rattachés à La Formation de Lanvollon-Erquy,
 - la formation de Lanvollon-Erquy est présente principalement à l'Ouest de la baie de Saint-Brieuc. Elle est constituée de leptynites et de gneiss micacés correspondant très probablement à d'anciennes volcanites et tufs acides et d'amphibolites, méta-basaltes et méta-andésites, associées à des microgabbros et des microdiorites amphibolitisées. Les roches basiques

s'apparentent aux tholéiites continentales et sont daté du Briovérien à 610-588 Ma. Les roches acides associées, ont des caractères géochimiques de laves dacitiques à rhyolitiques et ont été également datées à 588 ± 11 Ma. Au sein de ces séries volcaniques sont aussi interstratifiés des métasédiments détritiques (micaschistes, paragneiss, métaconglomérats),

- la formation de Binic-Minard est en continuité stratigraphique avec la précédente et se présente comme une série détritique (méta-wackes, métasiltites) comprenant un important héritage volcanique et dont les caractères sédimentologiques sont encore parfaitement identifiables en dépit du métamorphisme, de faciès schistes verts, qui l'affecte.

Ces ensembles sont recoupés par des intrusions cadomiennes, notamment basiques, telles le Gabbro de Squiffiec, (daté à 581 ± 1 Ma) et le massif de diorites-gabbros de Saint-Quai-Portrieux à l'Ouest de Saint-Brieuc et les gabbro-diorites et tonalites de Coëtmieux - Fort-la-Latte à l'Est. Enfin, des intrusions tardi-cadomiennes sont aussi présentes dans cette unité, tels le Gabbro de Saint-Alban ;

- ***l'unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre*** s'étend d'une part dans la partie orientale du Domaine et d'autre part dans sa partie sud-occidentale. À l'Est, elle est encastrée entre l'Unité de Saint-Brieuc au Nord et l'Unité de Saint-Malo au Sud et vers l'Ouest elle est recoupée par les granitoïdes Ploufragan. Dans la région de Belle-Isle-en-Terre, elle s'insère au sein des migmatites de L'Unité de Guingamp.

L'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle est essentiellement composée d'amphibolites grossières (métagabbros, datés à 602 ± 8 Ma), dans une moindre mesure d'amphibolites fines, accessoirement de méta-ultrabasites serpentinisées et ponctuellement de leptynites ;

- ***l'unité de Guingamp*** est centrée sur les régions de Guingamp et de Belle-Isle-en-Terre et est essentiellement constituée de migmatites et gneiss migmatitiques, plus ou moins recoupés par les granitoïdes Ploufragan auxquels elles passent aussi en continu. L'âge de ces migmatites n'est pas connu avec précision mais il est antérieur à 540 Ma. Enfin les granitoïdes de Ploufragan sont eux-mêmes recoupés par l'Intrusion de Saint-Brieuc, associant granodiorites et diorites quartzifères, datée à 533 ± 12 Ma.

Le Domaine cadomien normando-breton s'étend de part et d'autre de la baie du Mont-Saint-Michel entre Saint-Malo et Saint-Lô et au Sud de cette même baie, depuis Combourg jusqu'aux portes d'Alençon en passant par Fougères. Il est limité au Sud par le cisaillement Nord-armoricain qui le sépare du Domaine varisque de Bretagne centrale et au Nord par la faille de Coutances qui le sépare du Domaine cadomien-varisque du Cotentin et des îles, alors que vers l'Est, il s'ennoie sous la couverture mésozoïque du Bassin de Paris. Il est constitué de trois ensembles cadomiens, l'Unité de Saint-Malo, l'Unité de Fougères et le Batholite mancellien, recouvert en discordance par des séries paléozoïques, l'Unité du Maine et l'Unité bocaine :

- ***l'unité de Saint-Malo*** affleure en position plus externe, essentiellement au sud-est des unités de Saint-Brieuc et d'Yffiniac, dont elle est séparée par un accident majeur (Faille de Belle-Isle – La Fresnaye) qui met en contact les métagabbros fortement métamorphiques de l'Unité d'Yffiniac avec des terrains peu métamorphiques, les andésites et basaltes (Formation de Château-Serein) de

l'Unité de Saint-Malo. Cette dernière est cependant essentiellement composée d'une part par les sédiments schisto-gréseux de la Formation de Lamballe à niveaux silicifiés et carbonés caractéristiques (« phtanites »), recoupés localement par des filons de microgabbros de Plédran et le gabbro de Trégomar, et d'autre part des migmatites de Saint-Malo. Le passage entre les deux est progressif et des granites d'anatexie (représentant le stade ultime ou abouti du processus de fusion responsable de la formation des migmatites) sont présents au sein des migmatites, et sont datés à environ 540 Ma ;

- **l'unité de Fougères**, affleure essentiellement dans le bocage normand mais elle est bien présente aussi au Nord du Menez Belair où elle est représentée par des sédiments terrigènes, peu métamorphiques, associant wackes, grès et schistes ;
- **le Batholite mancellien** (daté à 540 Ma) recoupe les séries de l'Unité de Fougères dans lesquelles il induit d'importantes auréoles de métamorphisme de contact ;
- **l'unité du Maine** recouvre en discordance l'Unité de Fougères et affleure dans plusieurs structures en synforme, situées dans la partie méridionale du domaine. Elle se développe du Cambrien au Siluro-Dévonien, est essentiellement terrigène et sa puissance peut atteindre 3000 m. Cependant, elle est principalement caractérisé par un important volcanisme à caractère acide (Formation de Voutré) qui se développe au Cambrien ;
- **l'unité Bocaine** s'étend au Nord du Domaine et se différencie essentiellement de la précédente, par l'absence totale de volcanisme au Cambrien.

Le Domaine cadomien-varisque du Cotentin correspond au rebord nord du Bloc cadomien, réactivé de manière plus ou moins intense par la tectonique varisque. Cependant, les terrains protérozoïques n'affleurent que très localement dans le Cotentin, près de Cherbourg et dans la région de Coutances, car ils sont masqués par la couverture paléozoïque et mésozoïque.

Les Unités cadomiennes enclavent des reliques icartiennes à composition d'orthogneiss, mais elles sont principalement constituées de séries métasédimentaires et localement près de Saint-Vast-La-Hougue et de Coutances de métavolcanites basiques associées à des métavolcanites acides (respectivement formations du Vast et de Montsurvent).

La couverture paléozoïque est essentiellement détritique, et se développe du Cambrien au Siluro-Dévonien ; néanmoins elle débute, dans le Nord-Cotentin, comme dans l'Unité du Maine, par des volcanites acides.

Enfin l'ensemble est recoupé par de plutons granitiques probablement associés à l'Orogénèse varisque.

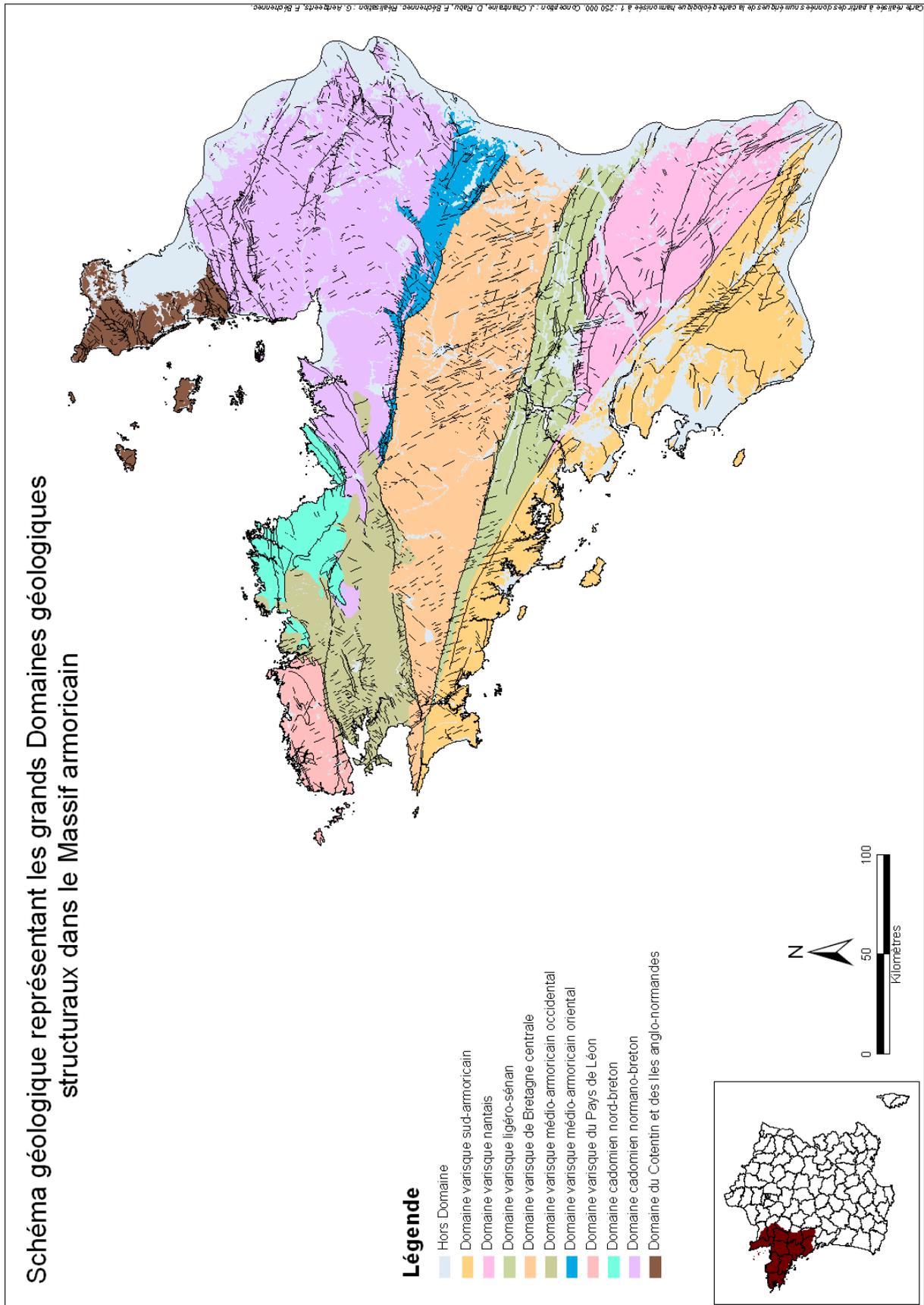


Illustration 2 : Cartographie des domaines structuraux varisques et cadomiens dans le Massif armoricain.

Résultats de l'analyse par mots-clés

L'analyse thématiques des mots-clés de la notice des cartes géologiques à 1 :50 000 harmonisées du Massif armoricain a permis d'obtenir un total de 218 formations susceptibles de présenter des minéraux asbestiformes pour l'ensemble du Massif armoricain

(Illustration 3). Ces formations ont été soumises ensuite à une analyse multicritère. Elles se répartissent de la façon suivante :

- département du Calvados (14) : 4 formations ;
- département des Côtes-d'Armor (22) : 53 formations ;
- département du Finistère (29) : 56 formations ;
- département de l'Ille-et-Vilaine (35) : 9 formations ;
- département du Maine-et-Loire (49) : 18 formations ;
- département de la Manche (50) : 7 formations ;
- département de la Mayenne (53) : 12 formations ;
- département du Morbihan (56) : 29 formations ;
- département de l'Orne (61) : 1 formation ;
- département de la Sarthe (72) : 5 formations ;
- département des Deux-Sèvres (79) : carte harmonisée non disponible ;
- département de la Vendée (85) : 24 formations.

2.2.2. Résultats de l'analyse multicritère appliquée aux données issues de l'analyse par mots-clés.

Toute l'analyse multicritère a été réalisée sur la base des fichiers numériques ArcGis des différentes cartes géologiques harmonisées départementales à 1:50 000 couvrant l'ensemble du Massif armoricain. Pour ne pas surcharger le traitement, toutes les formations concernées par une susceptibilité « *Nul à très faible* » (cas des formations non sélectionnées à l'issue de l'analyse par mots-clés) ont été initialisées à cette même susceptibilité. L'ensemble des fichiers numériques des cartes harmonisées a été intégré à une géodatabase et les champs nécessaires à l'analyse multicritère ont été ajoutés. Ces champs correspondent aux critères, aux alternatives et à leurs coefficients et valeurs respectifs tels qu'exposés au § 2.1.2.

La valeur du critère « *lithologie* » a été rentrée par défaut pour chacune des formations en fonction des correspondances énumérées au paragraphe 2.1.2.4. La valeur du critère « *contact* » a été attribuée par recoupement géographique entre les structures géologiques contenues dans les fichiers utilisés et les formations géologiques sélectionnées lors de l'analyse par mots-clés. Après une initialisation du paramètre à la valeur 5 (contact normal), les formations ont été recoupées avec les structures cassantes (faille, décrochement) puis avec les chevauchements (normal et inverse). Cet ordre est nécessaire afin d'attribuer la valeur la plus élevée au polygone traité. En effet, certains polygones peuvent à la fois être recoupés par des failles mais aussi par des chevauchements. Cela implique que nous n'avons pas considéré d'aspect cumulatif en termes de notation si une formation se voyait affectée par plusieurs structures géologiques différentes.

Le critère « *minéralogie* » a été renseigné manuellement et de façon simultanée avec une analyse de la notice explicative de la carte géologique harmonisée ainsi qu'une

analyse des notices explicatives géologiques de chacune des cartes géologiques à 1:50 000 et, le cas échéant, accompagnée d'autres références bibliographiques.

Tous les autres paramètres correspondants à des renseignements attributaires des fichiers de bases ont été renseignés de façon automatique après initialisation du critère à la valeur minimale. Il s'agit des critères « *type de déformation* » et « *déformation* ».

L'application de l'analyse multicritère aux données issues de l'analyse par mots-clés a donné au total, 180 formations géologiques issues des différentes cartes géologiques harmonisées départementales à 1:50 000 et devant être prises en compte pour cette étude. Néanmoins, ce résultat ne représente que la somme des formations sélectionnées pour chaque département sans que n'ait été effectuée une harmonisation géologique interdépartementale. C'est pourquoi, dans le cadre de cette étude, ces différentes formations sélectionnées ont été harmonisées et une nouvelle codification a été établie. Après cette harmonisation, il est apparu que 143 formations géologiques (départementales et interdépartementales) doivent être prises en compte pour la présente étude.

Illustration 3 : Formations géologiques potentiellement amiantifères dans le Massif armoricain.

Domaine géologique structural	Nouvelle codification	Description de la formation	Susceptibilité
Domaine varisque sud-armoricain	158	Formation de Ty-Lann, serpentinites	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	160	Unité de Peumerit, amphibolites	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	163	Groupe de Nerly, amphibolites et méta-ultrabasites	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	204	Formation de l'île de Groix, glaucophanites à amphibole bleue et amphibole bleu-vert	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	205	Formation de l'île de Groix, amphibolites vertes à amphiboles bleu-vert et grenat	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	208	Formation de l'île de Groix, serpentinite	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	209	Formation de l'île de Groix, micaschistes et gneiss à passées d'amphibolites vertes	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	220	Serpentinites, birbirites	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	229	Complexe des Essarts, birbirites (serpentinites silicifiées)	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	232	Formation du Bois-de-Céné, serpentinites	Forte à très forte
Domaine varisque nantais	181	Massifs des Quatre-Etalons et du Châtillonnais, péridotite	Forte à très forte
Domaine varisque nantais	187	Formation de Drain, amphibolites	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	103	Dolérite en filon et petit massif	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	107	Formation de Kerroc'h, metabasaltes et méta-rhyolites, tufs et brèches associés	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	109	Formation de Kerroc'h, basaltes schistosés et dolérites à grain fin	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	110	Formation de Kerroc'h, dolérites pour partie grossières	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	112	Formation de Lohuec, serpentinites	Forte à très forte
Domaine varisque médio-armoricain occidental	116	Massif de Barnévez-Plestin, amphibolites	Forte à très forte
Domaine varisque du Pays du Léon	143	Massif de Brest, enclave de gabbro	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	127	Formation de Lanvollon - Erquy, enclaves d'amphibolite	Forte à très forte

Domaine cadomien nord-breton	128	Unité d'Yffiniac - Belle-Isle, roches métamorphiques basiques à ultrabasiques, indifférenciées	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	129	Unité d'Yffiniac - Belle-Isle, amphibolites	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	130	Unité d'Yffiniac - Belle-Isle, amphibolites à grenats	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	131	Unité d'Yffiniac - Belle-Isle, métagabbros	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	132	Unité d'Yffiniac - Belle-Isle, serpentinites subordonnées	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	139	Formation de Lanvollon - Erquy, microgabbrodiorites et dolérites amphibolitisés	Forte à très forte
Domaine cadomien nord-breton	141	Formation de Paimpol, metabasaltes spilitiques	Forte à très forte
Domaine cadomien normando-breton	100	Spilites de Vassy : tholéites interstratifiées dans le Briovérien	Forte à très forte
Domaine cadomien normando-breton	198	Massif d'Ernée, anorthosite	Forte à très forte
Domaine cadomien normando-breton	199	Massif gabbroïque d'Ernée (Néoprotérozoïque)	Forte à très forte
Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	102	Trachy-andésite et basalte à olivine	Forte à très forte
Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	195	Trachyandésite et basalte à olivine (Carbonifère)	Forte à très forte
Domaine varisque sud-armoricain	148	Groupe de Nerly, amphibolites interstratifiées	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	162	Formation de Tréogat, amphibolites prasinitiques et ovardites	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	177	Groupe de Merrien, amphibolites interstratifiées	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	201	Formation du Moustoir, pyroxénites et amphibolites	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	206	Formation de l'Ile de Groix, schistes verts à amphibole bleu-vert et albite	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	224	Dolérites et métadolérites des formations de Sigournais, des Gerbaudières et du Bourgneuf	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	233	Formation de l'Aiguillon et de Fenouiller, amphibolites prasinitiques, métatufs basiques, micaschistes	Moyenne

Domaine varisque sud-armoricain	234	Unité des Sables-d'Olonne, métatufs basiques d'Olonne	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	235	Unité des Sables-d'Olonne, amphibolites et pyroxénites des rochers du Noir	Moyenne
Domaine varisque sud-armoricain	236	Unité des Sables-d'Olonne, amphibolites de Bourgenay	Moyenne
Domaine varisque nantais	180	Massifs des Quatre-Etalons et du Châtillonnais, gabbro-diorite à amphibole et cumulats associés (hornblendite, anorthosite, péridotite)	Moyenne
Domaine varisque nantais	185	Formation de Beupréau, schistes verts à actinolite, amphibolites	Moyenne
Domaine varisque nantais	186	Formation de Drain, méta-gabbros et méta-dolérites	Moyenne
Domaine varisque de Bretagne centrale	117	Dôme de Plouguenast, amphibolo-pyroxénites	Moyenne
Domaine varisque de Bretagne centrale	213	Cornéennes noire massives, amphiboliques	Moyenne
Domaine varisque médio-armoricain occidental	108	Formation de Kerroc'h, metabasaltes et méta-andésites	Moyenne
Domaine varisque médio-armoricain occidental	113	Formation de Lohuec, metabasaltes et métadolérites en coulées et sills	Moyenne
Domaine varisque du Pays du Léon	164	Massif de Lannilis, amphibolites	Moyenne
Domaine cadomien nord-breton	137	Méladiorite de Kéralain	Moyenne
Domaine cadomien normando-breton	122	Formation de Lamballe, amphibolites	Moyenne
Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	240	Formation de Montsurvent, métavolcanites basiques	Moyenne
Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes	241	Formation de Montsurvent, amphibolite	Moyenne
Tous domaines	97	Dolérite et métadolérite en filon, Briovérien à Ordovicien	Faible
Tous domaines	98	Dolérite et métadolérite en filon, âge indéterminé	Faible
Tous domaines	99	Dolérite et métadolérite en filon, Dévonien à Carbonifère	Faible
Tous domaines	147	Filons de dolérite de Brentec'h et de Douarnenez	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	157	Formation de Penhors, micaschistes et gneiss fins à nombreuses passées d'amphibolites interstratifiées	Faible

Domaine varisque sud-armoricain	161	Formation Peumerit, pyroxénite à grenat	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	202	Formation de la Vilaine, calcaire dolomitique cristallin à trémolite	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	203	Formation d'Arzal, gneiss leptyniques et roches basiques associées	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	207	Formation de l'île de Groix, élogites à amphiboles et grenat	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	210	Amphibolites massives et leptynites à amphibole et biotite d'Hennebont	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	212	Pyroxéno-amphibolites	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	218	Complexe granitique du Bas-Bocage vendéen, enclaves d'amphibolo-pyroxénite rubanée	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	219	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu, amphibolites massives et métavolcanites basiques	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	221	Formation de Marillet, métadolérites	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	222	Groupe de Réaumur, Métabasalte de La Meilleraie et de La Gobinière	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	223	Groupe de Réaumur, dolérites	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	225	Complexe des Essarts, amphibolites massives et prasinites	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	226	Complexe des Essarts, amphibolites dérivant d'élogites et amphibolites à grenat	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	227	Complexe des Essarts, gabbros amphibolitisés	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	228	Complexe des Essarts, élogites plus ou moins amphibolitisées	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	230	Formation de Saint-Martin-des-Noyers, amphibolites mésocrates et gneiss leucocrates à amphibole	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	231	Formation du Bois-de-Céné, amphibolites et prasinites	Faible
Domaine varisque sud-armoricain	238	Amphibolites de Koad-Konk	Faible

Domaine varisque nantais	178	Massifs de Trémentine et de la Renaudière, zone riche en enclaves (cornéennes et roches gabbroïques)	Faible
Domaine varisque nantais	179	Massifs du Pallet et de Montfaucon, gabbro, faciès doléritique de Tillières	Faible
Domaine varisque nantais	182	Formation de la Pierre-Carrée, basaltes (Namurien)	Faible
Domaine varisque nantais	183	Massif de Thouars, Diorite de Cossé-d'Anjou et de la Prée	Faible
Domaine varisque nantais	184	Massif de Thouars, lentilles de métagabbro et de métadolérite	Faible
Domaine varisque nantais	188	Formation du Cellier, boudins d'éclogite	Faible
Domaine varisque nantais	189	Formation de la Tessouale, gneiss à amphibole et pyroxène	Faible
Domaine varisque nantais	193	Formation des Folies-Siffait, amphibolites	Faible
Domaine varisque nantais	194	Massif de Vezins, diorite	Faible
Domaine varisque ligéro-séan	155	Massif d'Ergué-Languidic, enclave d'amphibolite	Faible
Domaine varisque ligéro-séan	156	Métagabbro-diorite du Meneg et métadiorite quartzique de Lokunolé	Faible
Domaine varisque ligéro-séan	190	Formation de La Romme, tufs basiques	Faible
Domaine varisque ligéro-séan	191	Formation de La Romme, spilites, tufs basiques	Faible
Domaine varisque ligéro-séan	200	Pyroxéno-amphibolites, amphibolites plagioclasiques litées et amphibolites à grenat	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	118	Dôme de Plouguenast, amphibolites gneissiques	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	119	Dôme de Plouguenast, pyroxénites doléritiques	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	120	Formations briovériennes cornéifiées, métadolérites interstratifiées	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	126	Formation de la Mayenne, métadolérite et metabasalte interstratifiés	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	152	Métadiorite de Niverrot-Tréanna	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	153	Métagabbro-diorite de Gourvily	Faible
Domaine varisque de Bretagne centrale	154	Formations du Fauët et de Plouguenast, amphibolite interstratifiée	Faible

Domaine varisque de Bretagne centrale	192	Formation de la Mayenne, metabasites interstratifiées	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	105	Massif de Ploumanac'h, roches basiques et hybrides	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	111	Formation de Lohuec, métadolérites et métagabbros	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	114	Formation de Lohuec, metabasites spilites à débit en coussins	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	115	Formation de Lohuec, metabasites spilites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	145	Massif du Petit Trégor, mélange gabbro-granite	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	146	Massif de Saint-Jean-du-Doigt, gabbro	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	149	Métacumulats pyroxéniques et métadolérites spilites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	159	Formation du Foz, schistes verts et amphibolites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	165	Formations de Pont de Buis-Châteaulin, metabasites et méta-andésites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	166	Formation de Lostenvern, dolérites et métadolérites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	167	Groupe de Landevennec, tuf acide, tuf basique et coulées basaltiques interstratifiées	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	168	Laves et tufs diabasiques des groupes de Seillou et de Traon	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	169	Groupe de Guernanic, dolérites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	170	Formations de Cosquer et de Rozan, tuf acide ou basique et tuffite basique interstratifiés	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	171	Formations de Cosquer et de Rozan, coulées basaltiques interstratifiées	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	172	Formations de Cosquer et de Rozan, brèches pyro-ou épicrostiques interstratifiées	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	173	Formation de Kermeur, coulée basaltique interstratifiée et dolérite	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	174	Formation de la baie de Douarnenez, basaltes spilites, coulées volcaniques et dolérites	Faible
Domaine varisque médio-armoricain occidental	175	Formation de la baie de Douarnenez, amphibolites et	Faible

		métadolérites	
Domaine varisque médio-armoricain oriental	214	Trachyandésite et trachyandésite à olivine (Carbonifère)	Faible
Domaine varisque médio-armoricain oriental	215	Lave en coussin à texture intersertale (Carbonifère)	Faible
Domaine varisque médio-armoricain oriental	216	Formation de l'Huisserie, spilites massives et poudingues et brèches volcaniques associés (Carbonifère)	Faible
Domaine varisque du Pays du Léon	150	Formation de Lesneven, pyroxénite et gneiss à silicates calciques	Faible
Domaine varisque du Pays du Léon	151	Formation de Lesneven, éclogite du Léon	Faible
Domaine varisque du Pays du Léon	176	Complexe de Plouguerneau, diorites micacées migmatitiques de Portsall et agmatites associées	Faible
Domaine varisque du Pays du Léon	237	Amas méta-basique de Porz-Liogan (ancienne anorthosite) - Age?	Faible
Domaine varisque du Pays du Léon	239	Domaine varisque du Pays du Léon, amphibolites indéterminées	Faible
Domaine cadomien nord-breton	104	Gabbro en filon	Faible
Domaine cadomien nord-breton	106	Gabbros en petits pointements	Faible
Domaine cadomien nord-breton	134	Massif de Saint-Quay-Portrieux, diorites et gabbros	Faible
Domaine cadomien nord-breton	135	Massif Coëtmieux - Fort-la-Latte, gabbrodiorite à enclaves d'amphibolite	Faible
Domaine cadomien nord-breton	136	Massif de Squiffiec, méta-gabbro	Faible
Domaine cadomien nord-breton	138	Formation de Lanvollon - Erquy, métavolcanites et métasédiments briovériens indifférenciés	Faible
Domaine cadomien nord-breton	140	Formation de Lanvollon - Erquy, amphibolites (méta-basaltes et méta-dolérites)	Faible
Domaine cadomien nord-breton	142	Filons basiques "spilitiques" ("Albitophyre d'Er")	Faible
Domaine cadomien nord-breton	144	Massif du Petit Trégor, gabbro	Faible
Domaine cadomien normando-breton	101	Laves basiques d'âge indéterminé (Carbonifère?)	Faible

Domaine cadomien normando-breton	121	Massif de Trégomar, gabbro	Faible
Domaine cadomien normando-breton	123	Formation de Callac, lentilles de basaltes spilitiques à débit en coussins	Faible
Domaine cadomien normando-breton	124	Formation de Callac, lentilles de basaltes	Faible
Domaine cadomien normando-breton	125	Formation de Château-Serein, andésites et basaltes	Faible
Domaine cadomien normando-breton	196	Formation des schistes et calcaires de l'Unité du Maine, andésite et trachyandésite interstratifiées	Faible
Domaine cadomien normando-breton	197	Diorite de Neau (cycle cadomien tardif)	Faible
Domaine cadomien normando-breton	217	Massif de Louzes, gabbro	Faible

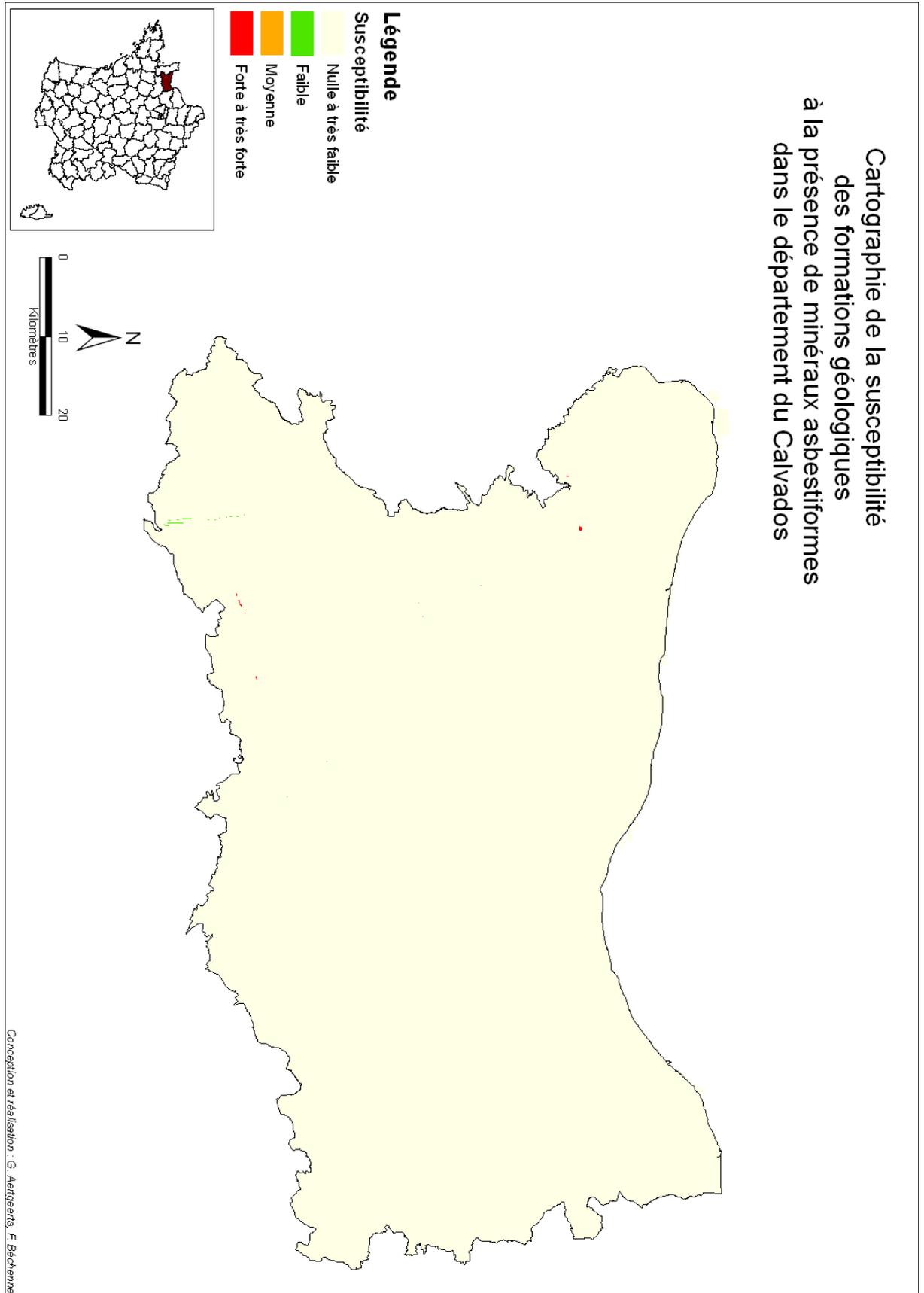


Illustration 4 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le Calvados. Les cibles potentielles dans ce département sont extrêmement restreintes.

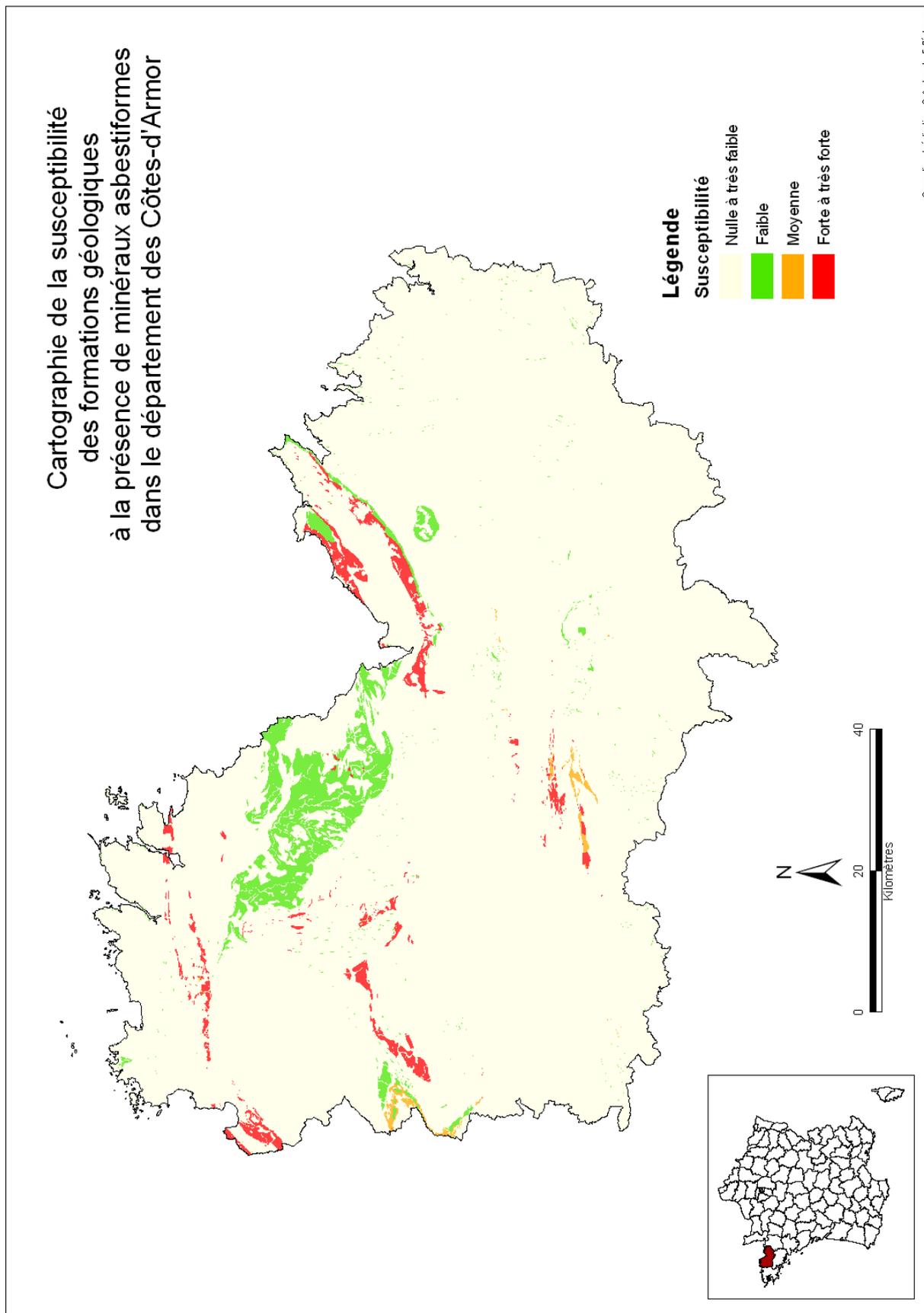


Illustration 5 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Côtes d'Armor.

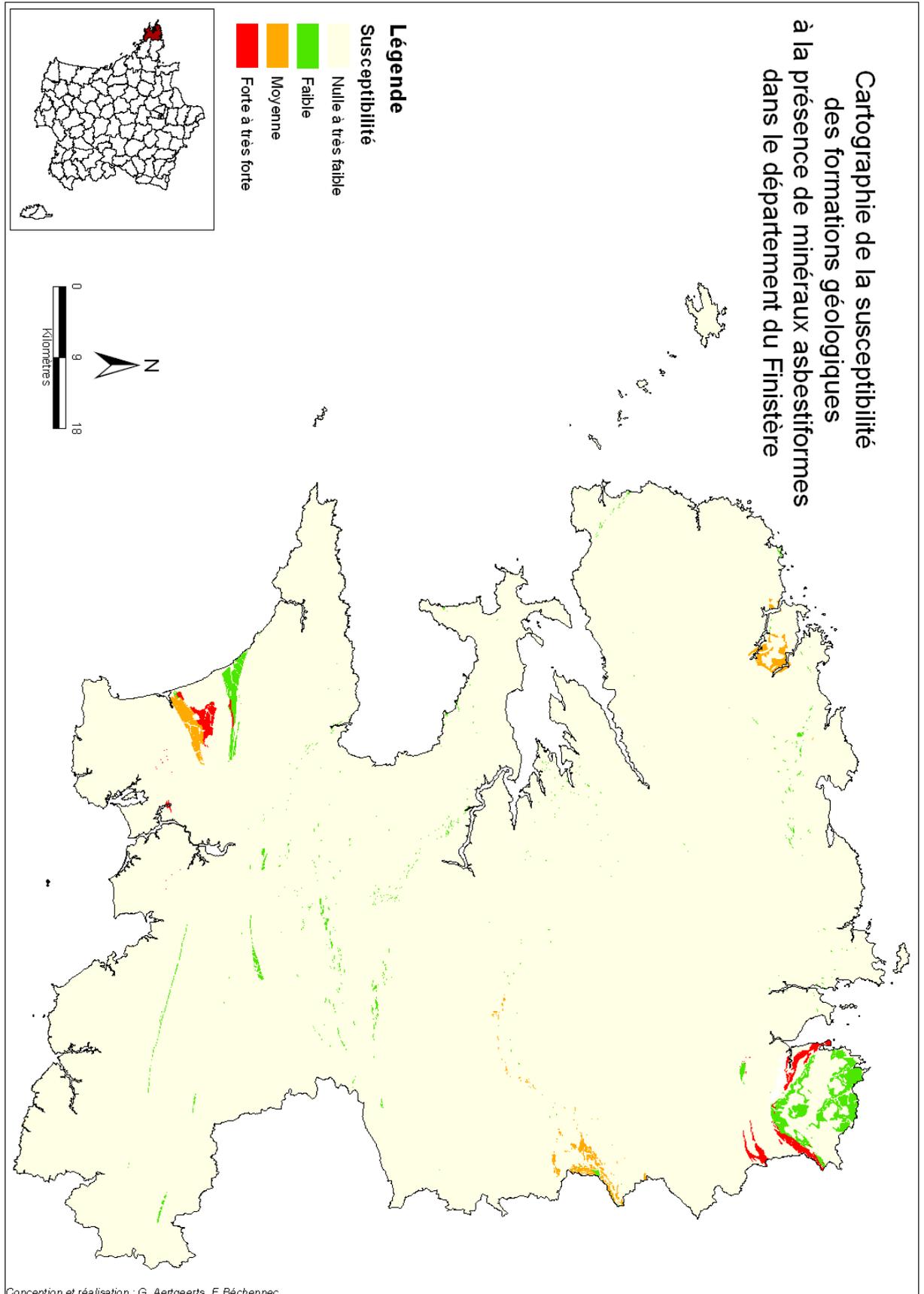


Illustration 6 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Finistère.

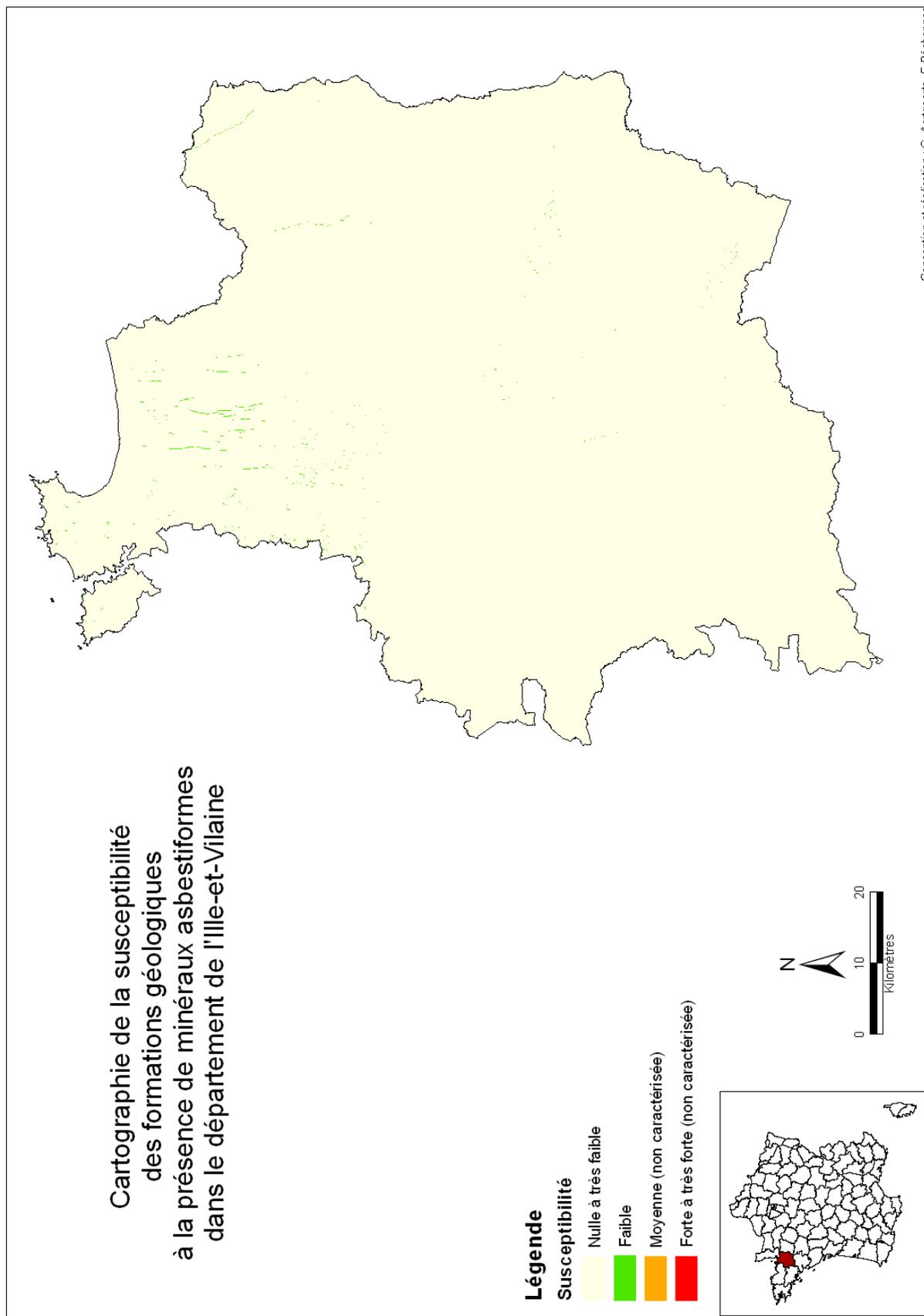


Illustration 7 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Ille-et-Vilaine. Les cibles potentielles sont restreintes et correspondent essentiellement au champ filonien doléritique dévono-carbonifère qui recoupe l'ensemble du Massif armoricain.

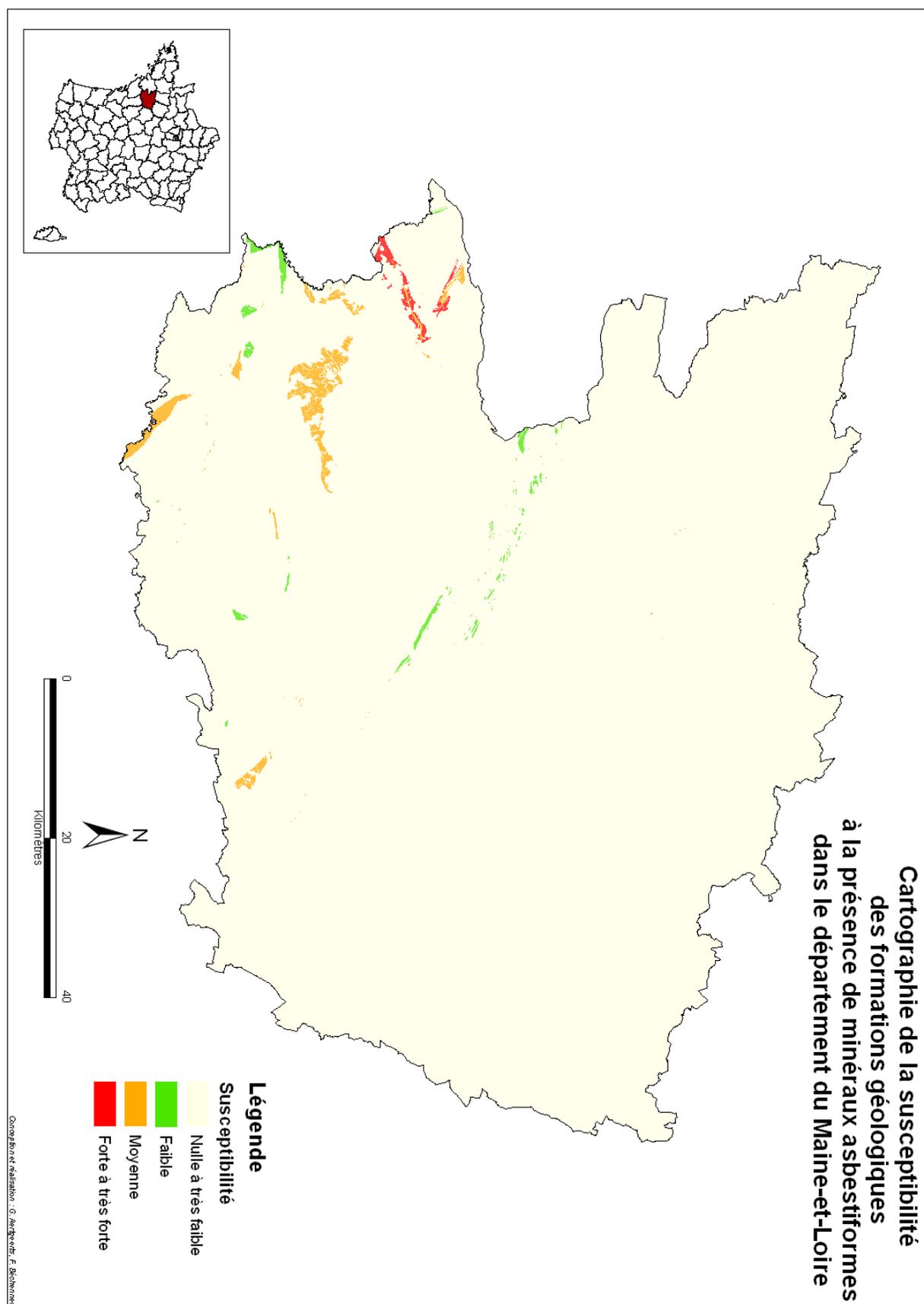


Illustration 8 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Maine-et-Loire.

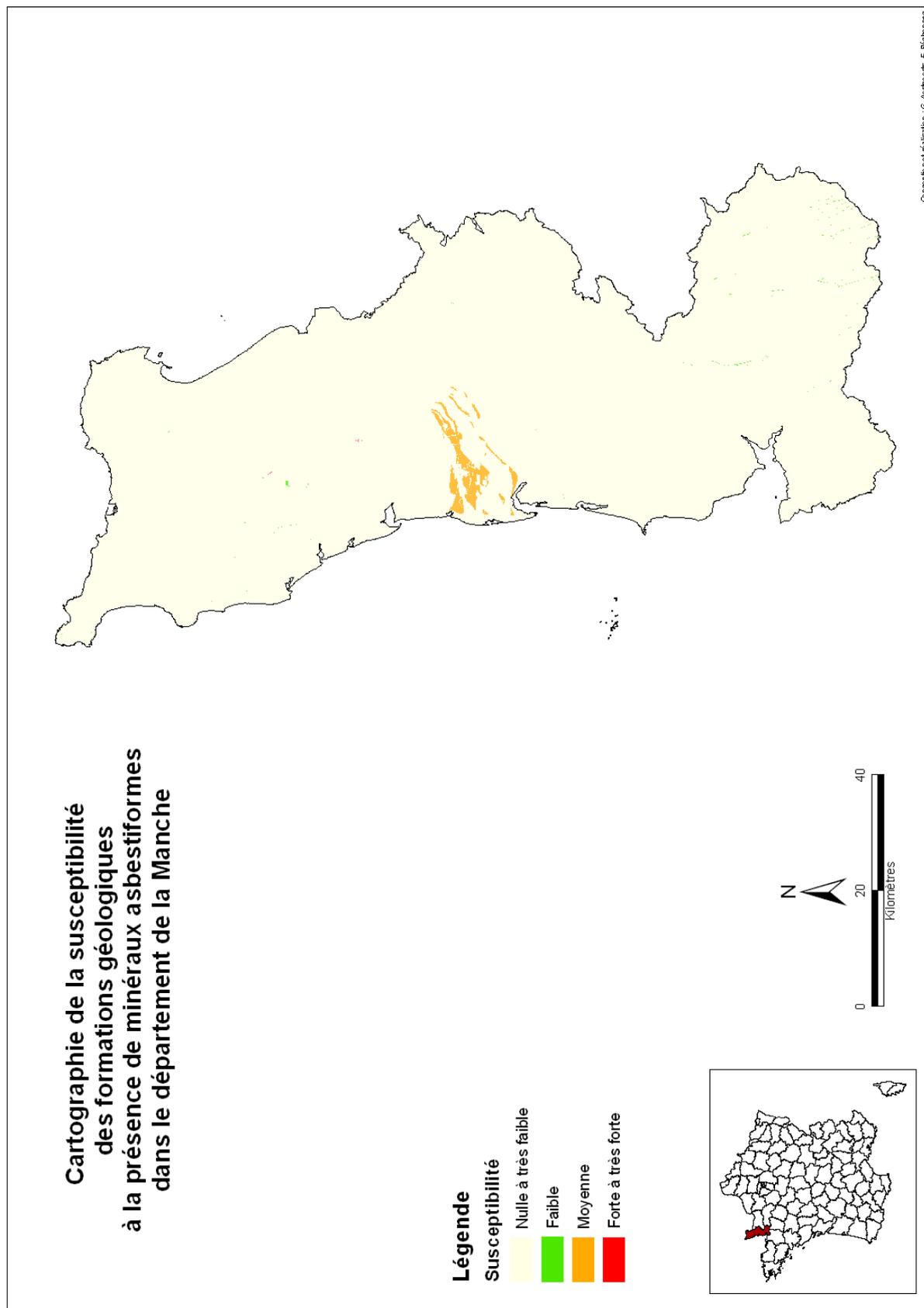


Illustration 9 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le département de la Manche. Les cibles potentielles sont restreintes et correspondent aux metabasaltes et amphibolites de l'Unité de Coutances.

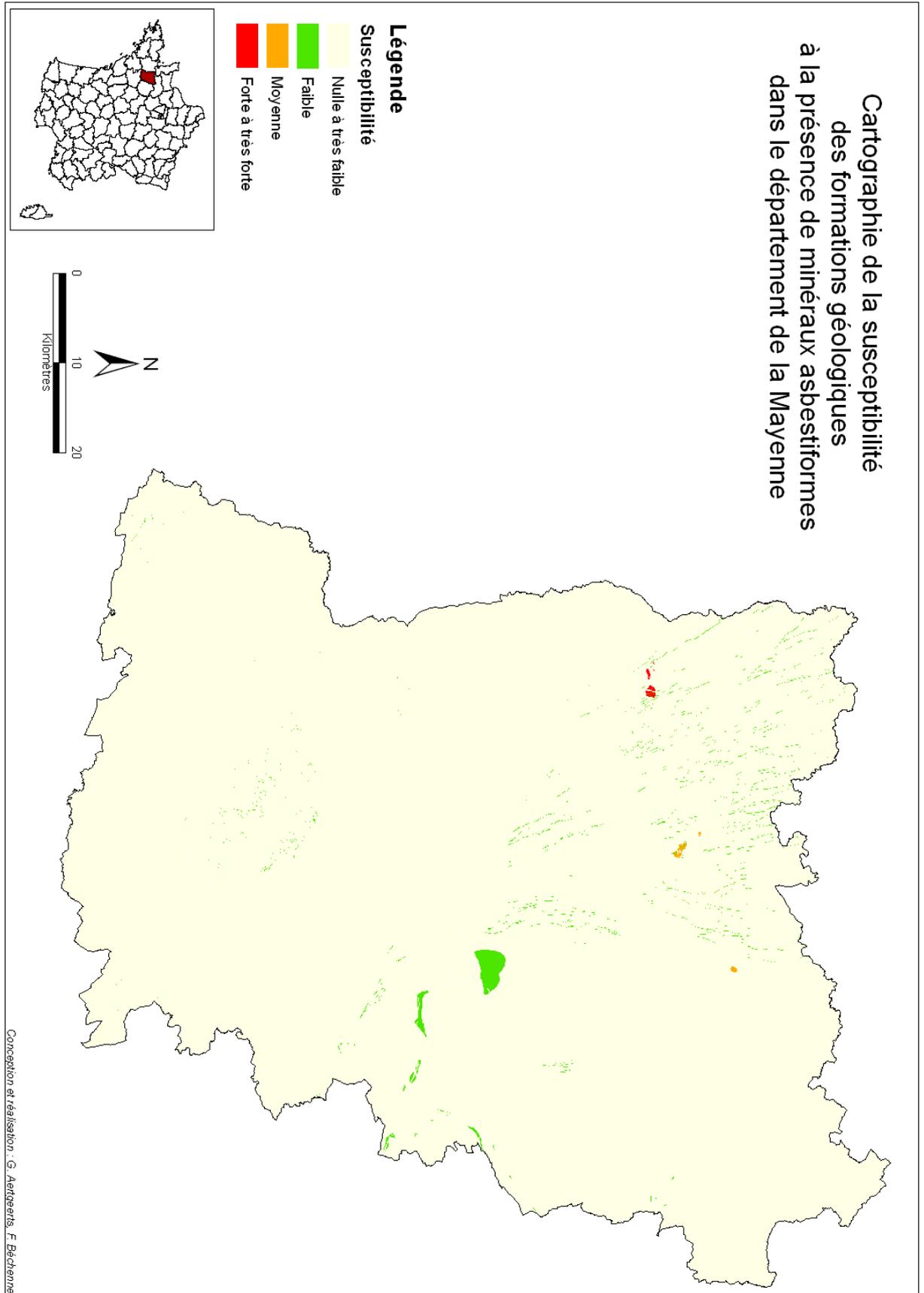


Illustration 10 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Mayenne.

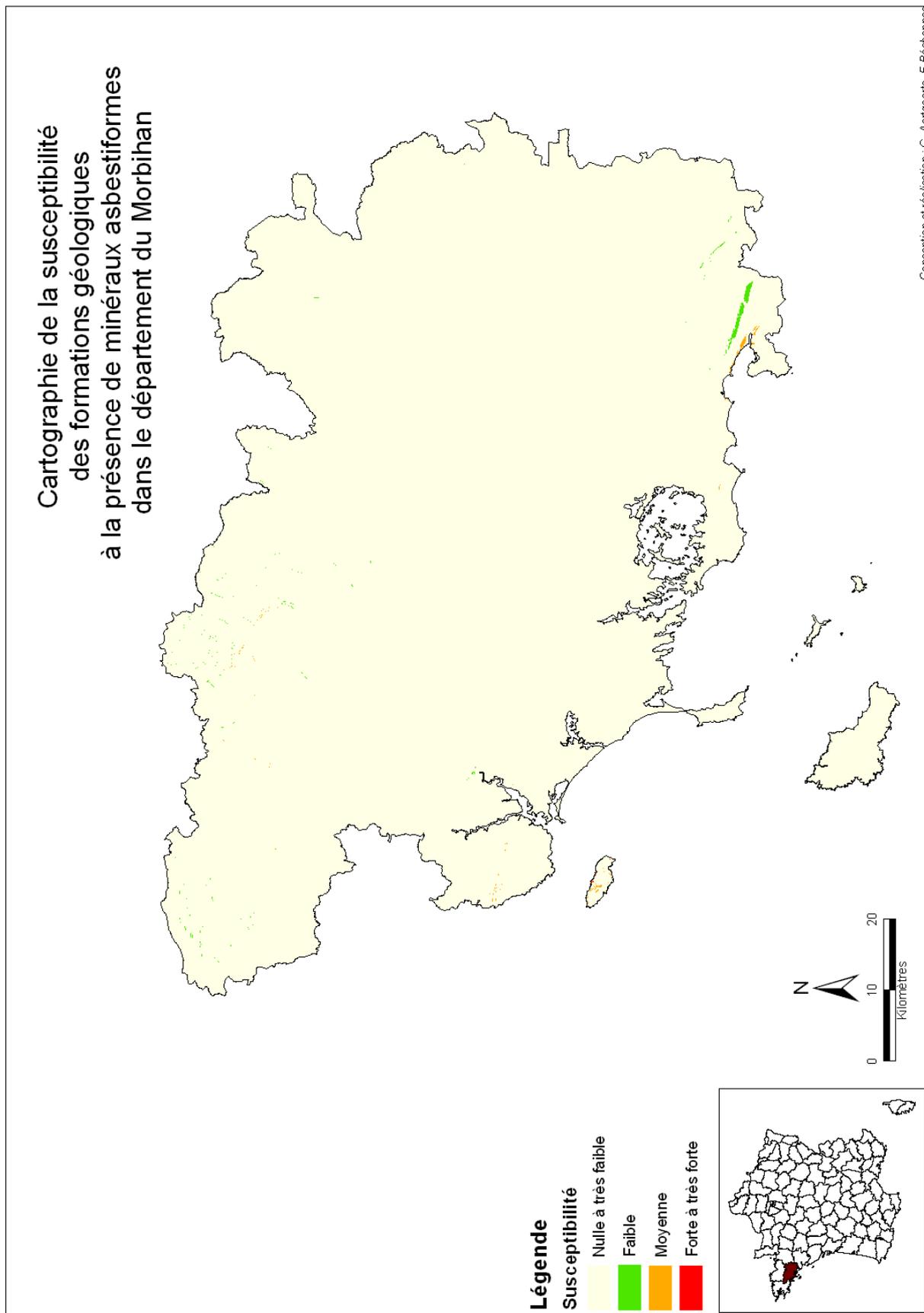


Illustration 11 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans le Morbihan.

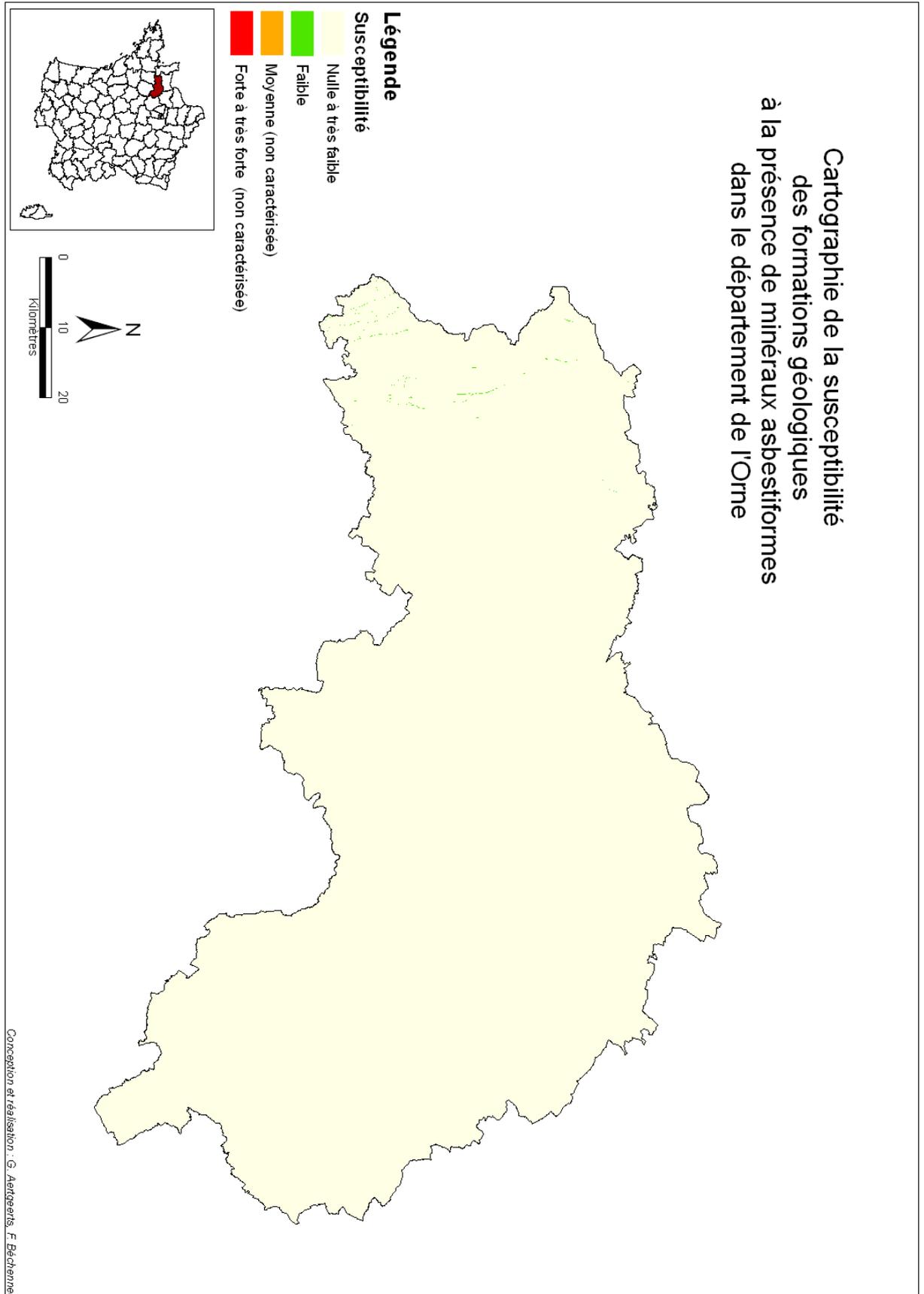
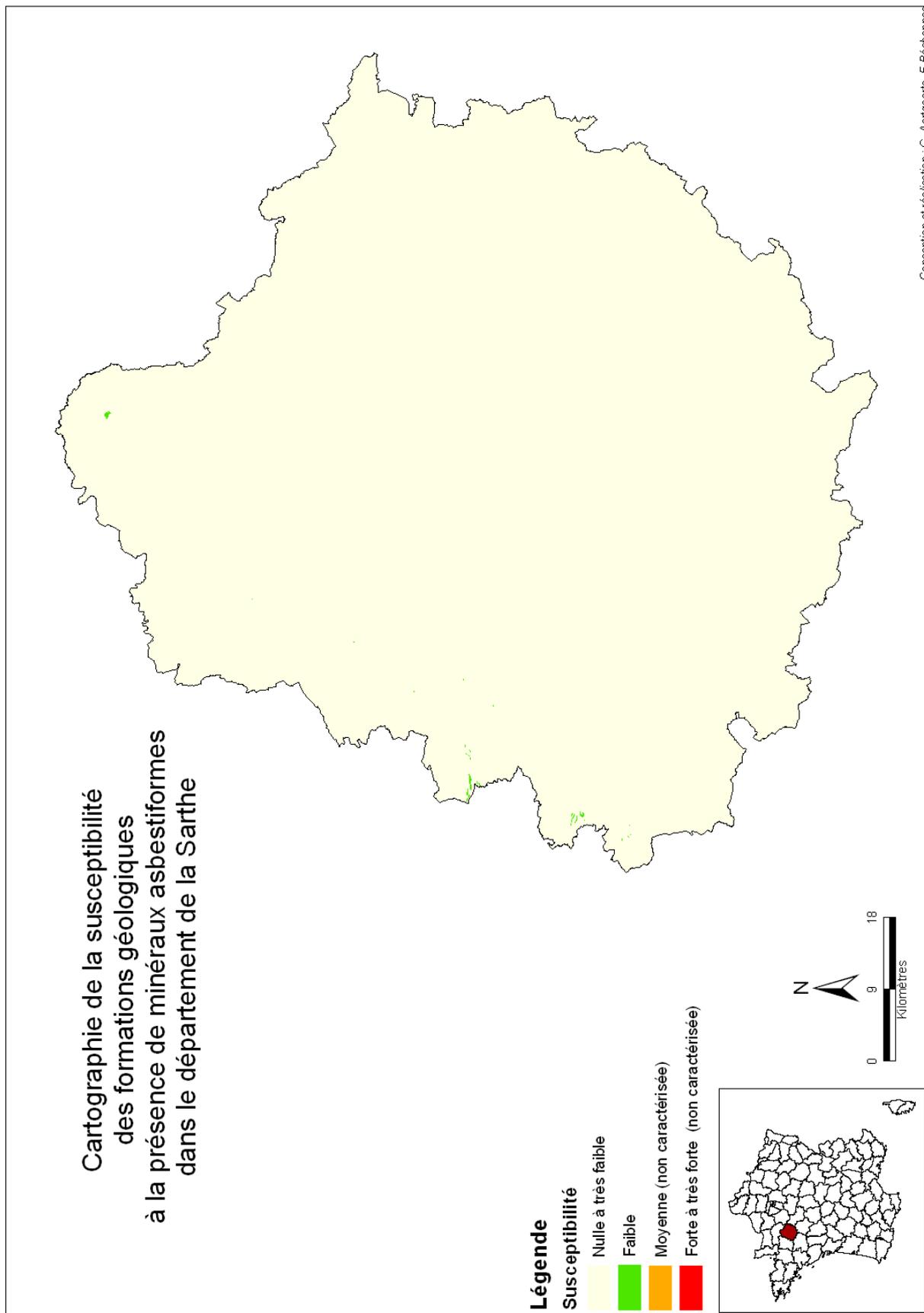


Illustration 12 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes dans l'Orne.



Conception et réalisation : G. Aertgeerts, F. Béchermeac

Illustration 13 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Sarthe.

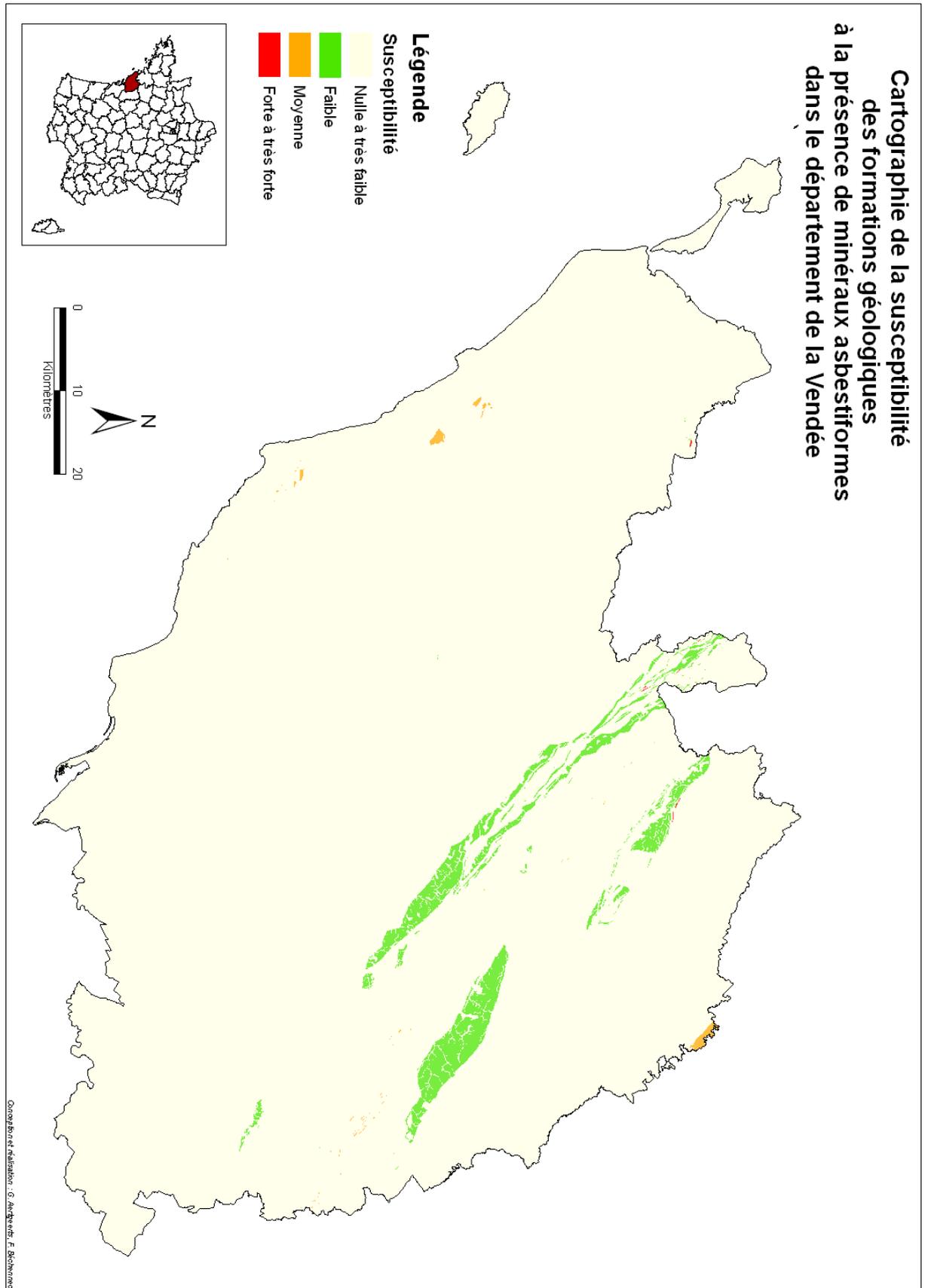


Illustration 14 : Résultat de l'analyse multicritère : cartographie de la susceptibilité des formations géologiques à la présence de minéraux asbestiformes en Vendée.

3. Expertise de terrain et analyses en laboratoire

3.1. CONDITIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

Le Massif armoricain intègre les vestiges des deux cycles orogéniques qui ont induit la formations des chaînes cadomienne et varisque aujourd'hui complètement pénéplanées. De ce fait, le relief y est peu accentué et l'altitude toujours très faible (416 m au point culminant du Mont des Avaloirs) si bien que les meilleurs affleurements correspondent soit aux falaises bordant le littoral, soit aux différentes carrières exploitées ou non ; de plus, ces dernières sont loin d'être fréquentes dans les formations géologiques traitées dans le cadre de cette étude. De ce fait, même si les campagnes de terrain tentent de procéder à un échantillonnage représentatif des formations d'une part en intégrant les différents faciès d'une série donnée et d'autre part en étant spatialement diversifié, il est difficile de certifier sa représentativité globale ; ainsi, le caractère amiantifère de certaines roches n'est souvent décelable qu'en carrières. C'est pourquoi, il convient d'être critique sur les résultats obtenus lorsque ceux-ci correspondent à une analyse macroscopique et microscopique d'affleurements extrêmement restreints et ponctuels, par rapport à l'ensemble de la formation.

L'échantillonnage constitue le premier module de la phase 2 de la cartographie de l'aléa « amiante environnemental » naturel. Suite à l'analyse multicritère, 143 formations montrent des susceptibilités « Faible » à « Fort à très fort ». Ces formations ont fait l'objet d'une campagne de terrain en vue d'une reconnaissance cartographique et de prélèvements d'échantillons. Les autres formations, à susceptibilité « Nul à très faible » n'ont pas été retenues pour d'éventuels prélèvements.

Les campagnes de terrain menées sur les formations sélectionnées ont permis le prélèvement d'échantillons dont certains ont été l'objet d'études en laboratoire. Chaque échantillon a été photographié pour constituer, le cas échéant, la base de données sur l'amiante environnemental. De même, lorsque cela était possible, des photographies à différentes échelles des affleurements ont été prises. Toutes les photographies ont, par la suite, été numérotées selon le code suivant :

- pour les photographies des échantillons, le numéro de l'échantillon est précédé de la lettre « E » ;
- pour les photographies des affleurements, le numéro de l'échantillon est précédé de la lettre « A » ;
- pour les photographies du contexte géomorphologique, le numéro de l'échantillon est précédé de la lettre « C » ;
- dans le cas où d'autres photographies ont été prises, le numéro de l'échantillon est précédé d'une lettre qui est fonction de la nature de l'objet photographié, ainsi lorsqu'il s'agit d'une pierre volante, la lettre est « V ».

Lorsque plusieurs photographies ont été prises, chacune d'entre elles est suivie d'un numéro d'ordre allant de 1 à n.

Toutes les informations relatives à chaque échantillon ont ensuite été intégrées à une base de données.

Enfin, les coordonnées de chaque point d'échantillonnage ont été relevées au GPS (cf. Annexe 1).

3.2. ÉCHANTILLONNAGE DES FORMATIONS À ALÉA PRÉVISIONNEL « FORT À TRÈS FORT »

3.2.1. Serpentinites, péridotites et birbirites

Les péridotites, serpentinites et birbirites sont des roches relativement rares à l'échelle du Massif armoricain, à l'exception du Complexe d'Audierne. En effet, elles forment généralement des lambeaux épars fréquemment localisés dans des zones fortement tectonisées où ils soulignent des accidents majeurs. Elles ont ainsi été cartographiées sous forme de lentilles ou d'enclaves associées à d'autres formations géologiques :

- les serpentinites du complexe de la Baie d'Audierne (Formation de Ty-Lan) ;
- les métapéridotites associées à l'Unité du Pouldu ;
- les serpentinites de l'Unité de Groix – Bois-de-Céné ;
- les serpentinites et birbirites associées à l'Unité de Paimboeuf-Montaigu ;
- les birbirites et serpentinites du Complexe des Essarts ;
- les serpentinites de l'Unité du bassin de Châteaulin ;
- les serpentinites associées à l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre.

Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine varisque sud-armoricain

Ces dernières appartiennent principalement (1) au Complexe de la Baie d'Audierne, (2) à L'Unité de Groix - Bois-de-Céné, (3) au Complexe des Essarts, (4) à l'Unité de Paimboeuf-Montaigu ; elles apparaissent aussi ponctuellement dans l'Unité du Pouldu ;

- *les serpentinites du Complexe de la baie d'Audierne, Unité de Peumerit, Formation de Ty-Lann*

Cartographiées sur les cartes géologiques à 1:50 000 de Quimper (Béchenec et *al.*, 1999) et de Pont-Croix (Plaine et *al.*, 1981), elles occupent une surface non négligeable. Elles affleurent assez largement à l'Ouest du bourg de Peumerit, tant dans d'anciennes carrières, telle celle de Kerguelmes, qu'en bordure de la D2 notamment à Ty-Lann (Illustration 15). Elles se présentent comme des roches à grain fin, compactes, dures, de teinte gris-vert sombre à gris-noir et plus rarement gris-vert clair. Elles sont généralement bien fracturées mais seule la carrière de Kerguelmes permet d'observer quelques fractures tapissées de minéraux gris clair fibreux de type chrysotile (Illustration 16) ;



Illustration 15 : Serpentinites de la Fm. de Ty-Lann, dans l'ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).



Illustration 16 : Placage de fibres de chrysotile dans de rares plans de fractures observés dans les serpentinites, ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).



Illustration 17 : Fibres de chrysotile prélevées dans une des fractures affectant les serpentinites de la Fm. de Ty-Lann, ancienne carrière de Kerguelmes, Peumerit (29).



Illustration 18 : Affleurement de serpentinites, le long de la D2, Ty-Lann, commune de Peumerit (29).



Illustration 19 : Détail de l'affleurement de Ty-Lann montrant une serpentine massive recoupée par un réseau de fractures subparallèles mais dont les épontes ne montrent aucune cristallisation de fibres.

- les méta-ultrabasites de l'Unité du Pouldu,

Les méta-ultrabasites de l'Unité du Pouldu sont encaissées dans les paragneiss et micaschistes du Groupe de Nerly. Elles n'ont guère d'extension et n'ont été observées que très ponctuellement et uniquement sous forme de pierres volantes près de Ty-Glaz en Pleuven (29) ; elles se présentent comme une roche à grain fin, très dure, vert sombre à bleuté et ne présentent pas de minéraux fibreux ;

- les serpentinites de l'Unité de Groix - Bois-de-Céné

Les serpentinites associées à la Formation de l'Île de Groix n'ont été cartographiées que très localement, au Nord de l'Île, où elles forment une petite écaille tectonique entre d'une part l'ensemble des micaschistes et gneiss albitiques et d'autre part les schistes verts de cette même formation (Audren et Triboulet, 1993). Les contacts entre les serpentinites et l'encaissant sont systématiquement tectoniques. Les études de terrain réalisées dans le cadre de ce programme n'ont pas permis d'observer des affleurements de ces roches du fait de la localisation de cette écaille dans une zone de hautes falaises, à l'accès dangereux et de plus massivement recouverte de végétation.

Les serpentinites de la Formation du Bois-de-Céné ont été largement échantillonnées dans le cadre de la cartographie de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010), car cette formation est limitrophe de ces deux départements. En Vendée, elle affleure en une lentille d'environ 800 mètres de long (Ters et *al.*, 1983) , située au lieu-dit les Ormeaux (commune de Bois-de-Céné),

à environ 7 kilomètres à l'Ouest de la carrière de serpentinites de la Brosse (Lahondère et *al.*, 2009), identifiée elle-même en aléa 4 lors de la cartographie de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique. De ce fait, aucune investigation complémentaire sur le terrain n'a été menée dans le cadre de cette nouvelle étude. Néanmoins, des recherches bibliographiques ainsi que la consultation de géologues et naturalistes reconnus de la région, ont permis d'apporter de nouveaux éléments quant à la présence avérée d'amiante dans cette formation. Ainsi, dans la carrière de la Brosse, noyée lors des précédentes investigations, des prélèvements de fibres d'amiante sous forme de gerbes ont été effectués et sont conservés dans des collections privés (Illustration 20) ;



Illustration 20 : Gerbe d'amiante (*chrysotile* ?) prélevée dans la carrière de serpentinite de la Brosse en période de basses-eaux. Prélèvement et photographie : F. Dupé.

En outre, la récente réorganisation des collections minéralogiques du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes a permis de mettre en évidence, dans les collections historiques de Charles Baret, du chrysotile et de la trémolite en gerbe d'amiante issus de la même carrière. Ces nouvelles données viennent donc conforter l'aléa attribué à l'issue de la précédente étude ;

- les serpentinites et birbirites de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu

Ces roches forment une bande étroite, longue d'environ 4 kilomètres, sur le flanc nord de la Formation Saint-Georges-de-Montaigu (composée essentiellement d'amphibolites massives et de métavolcanites basiques) (Godard et *al.*, 2005). Les investigations réalisées sur cette bande n'ont pas permis de prélever d'échantillon. En effet, bien que proche de la vallée de la Maine, elle se situe dans une zones topographiquement plate dans laquelle les affleurements sont quasi inexistantes ;

- les birbirites et serpentinites du Complexe des Essarts

Ces roches sont cartographiées en quatre lentilles pluri-hectométriques, étirées et dilacérées au sein des gneiss (orthogneiss et paragneiss) du Complexe des Essarts. Les campagnes d'échantillonnage ont été ciblées sur les deux principales lentilles, situées au Nord-Ouest de Mormaison. Aucun affleurement n'a pu être identifié sur le terrain, néanmoins, dans les vignes, des « pierre volantes » décimétriques de ce type de roches sont assez fréquentes. Ainsi, un échantillon de birbirite a été prélevé à l'W-NW du lieu-dit la Gaudinière.

Les serpentinites et péridotites du Domaine varisque nantais

Une occurrence de serpentinite de dimension réduite est cartographiée en bordure ouest de la D160, au lieu-dit le «Quarteron-Moine» (Le Métour et *al.*, 1989). Enclavée au sein du massif des Quatre-Etalons et du Châtillonnais, cette lentille est connue uniquement sous forme de pierres volantes ; elle se présente comme une roche noire fortement serpentinisée qui correspond très probablement à une ancienne wehrlite.

Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine varisque médio-armoricain occidental

- *Les serpentinites de l'Unité du bassin de Châteaulin*

De petites lentilles de serpentinites sont cartographiées au sein des basaltes et metabasaltes de la Formation de Lohuec (Chantraine et *al.*, 1984) ; de plus, d'autres lentilles, de dimensions trop réduites pour être représentées, sont signalées dans la notice. Cependant aucune d'entre elles n'a pas été retrouvée lors de nos investigations de terrain.

Les serpentinites, péridotites et birbirites du Domaine cadomien nord-breton

- *Les serpentinites de l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre*

Ces roches forment quelques lentilles emballées dans les amphibolites et les métagabbros qui constituent la majeure partie de l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre. Ces lentilles sont cartographiées d'une part à l'extrémité sud-ouest de l'unité, dans la région de la Chapelle-Neuve (Chantraine et *al.*, 1984) et d'autre part dans sa partie orientale près de Coëtmieux (Egal et *al.*, 2004).

Dans la région de la Chapelle-Neuve et de Calanhel, trois lentilles de serpentinites, d'extension pluri-hectométrique à kilométrique, sont identifiées. Cependant, les affleurements sont souvent très restreints et correspondent généralement à de simples pointements dans les talus et fossés des routes. Deux échantillons y ont été prélevés :

- au Nord de la Chapelle-Neuve, dans la lentille de Kerméno, où la roche affleure très localement le long d'un petit chemin rural. La serpentine se présente comme une roche bleu-nuit à noire, comprenant une matrice aphanitique noire qui emballe des cristaux millimétriques (olivine ?) ; de plus on y observe des fractures parfois tapissées de minéraux fibreux ;
- au Nord de Calanhel, dans la lentille de Kerfoën, où la roche, aphanitique, a une teinte gris assez clair et est largement serpentinisée. La matrice emballe de rares cristaux (olivine ?) identifiés seulement à la loupe. Enfin, des petites veines de chrysotile ont été observées dans des moellons de serpentinite intégrés aux murs des maisons voisines des affleurements.

Dans la région de Coëtmieux, la lentille cartographiée au Sud du lieu-dit le Vau-Hallé, n'a pas été observée lors des investigations menées dans ce secteur. Néanmoins la littérature mentionne son exploitation ancienne en une petite carrière aujourd'hui comblée. Enfin, la littérature mentionne aussi, la présence d'un autre petite lentille, non cartographiée, à l'E-SE d'Yffiniac.



Illustration 21 : Talus et fossé où affleurent quelques pointements de serpentinites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, lieu-dit Kerfoën, commune de Calanhel.



Illustration 22 : Affleurement de péridotite serpentinisée au lieu-dit Kerméno, commune de la Chapelle-Neuve.



Illustration 23 : Moellons de serpentinite, utilisés dans la fabrication des vieilles bâtisses. Quelques veines infra-millimétriques de chrysotile y sont décelables, lieu-dit Kerfoën, commune de Calanhel.

3.2.2. Amphibolites, métagabbros, metabasaltes

Les amphibolites, les métagabbros et les metabasaltes correspondent à des roches basiques au degré de métamorphisme et de déformation variable, dont la paragenèse est susceptible de comporter des minéraux asbestiformes, notamment des amphiboles fibreuses. Les formations intégrant ce type de roches se répartissent dans six domaines géologiques et sont présentes dans cinq départements : Côtes-d'Armor, Finistère, Maine-et-Loire, Vendée et Loire-Atlantique.

Cependant, seules 9 d'entre elles, ont été considérées comme ayant une susceptibilité « Fort à très fort », à la présence de minéraux asbestiformes :

- les amphibolites de l'Unité de Peumerit ;
- les glaucophanites de la Formation de L'Île-de-Groix ;
- les amphibolites de la Formation de L'Île-de-Groix ;
- les amphibolites de la Formation de Drain ;
- les amphibolites du Massif de Barnenez-Plestin ;
- les metabasaltes, amphibolites et dolérites de la Formation de Kerroc'h ;
- les amphibolites et métagabbros de l'Unité d'Yffiniac-Belle-Isle-en-Terre ;
- les amphibolites en enclaves de la Formation de Lanvollon-Erquy ;
- le gabbro du massif de Saint-Alban.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain

Dans le Domaine varisque sud-armoricain, ce type de roches est présent dans deux unités :

- *les amphibolites et métagabbros du Complexe de la baie d'Audierne, Unité de Peumerit*

Ces amphibolites et métagabbros sont des roches vert sombre, très dures, à grain fin à moyen ; assez fréquemment elles sont litées et montrent alternance de lits plurimillimétriques sombres et clairs. Bien qu'elles aient une assez grande extension au sein de l'Unité de Peumerit, elles n'affleurent que peu et de ce fait nombre des échantillons prélevés correspondent à des pierres volantes, souvent très nombreuses dans les champs ;

- *les amphibolites de l'Unité de Groix – Bois-de-Céné*

Elles sont présentes uniquement dans l'Île-de-Groix où elles appartiennent à la Formation de l'Île-de-Groix et sont cartographiées soit en tant que glaucophanites, soit en tant qu'amphibolites vertes. Les glaucophanites sont individualisées uniquement sur le littoral de l'Île-de-Groix, où elles forment de petites bandes ou des lentilles interstratifiées au sein des schistes verts et micaschistes. Les meilleurs affleurements se situent au SE de l'île, entre Locmaria et la Pointe-des-Chats, dans la réserve naturelle minéralogique François Le Bail. Ces roches affleurent aussi au Nord de l'île en périphérie de Port-Lay, et, dans une moindre mesure, d'une part entre la Pointe-de-Pen Men et la Grotte-aux-Moutons et d'autre part entre la Pointe-Saint-Nicolas et la Pointe-de-l'Enfer. Les prélèvements étant soumis à autorisation dans la réserve, l'échantillonnage de ces roches a été réalisé uniquement dans le secteur de Port-Lay où elles affleurent en falaise. Néanmoins, des observations ont été conduites dans la réserve. Aucun indice macroscopique de minéraux fibreux n'a été noté.

Les amphibolites vertes, sont cartographiées uniquement sur le littoral la partie orientale de l'Île où elles se présentent en bandes hectométriques à plurihéctométriques, interstratifiées au sein des micaschistes. Sur le terrain, ces amphibolites, de couleur bleu-vert, ne sont pas aisées à différencier des glaucophanites. À l'Ouest du port de Port-Lay et au Sud de la plage des Sables-Rouges, où se situent les principales occurrences, les investigations de terrain n'ont pas permis d'y relever le moindre indice de minéraux fibreux.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque nantais

- *Les amphibolites de l'Unité des Mauges : la Formation de Drain*

La formation de Drain, affleure principalement dans le département de la Loire-Atlantique néanmoins, elle est aussi bien représentée aussi en Maine-et-Loire où elle forme deux bandes principales ; l'une est orientée NW-SE, entre Drain et la Boissière-sur-Evre, et l'autre est axée NE-SW, entre la Boissière-sur-Evre et Landemont, toutes deux se prolongeant en Loire-Atlantique. Lors du projet de cartographie de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique, cette formation a été massivement échantillonnée ; néanmoins seuls quelques indices d'amiante ont été ainsi mis en évidence permettant de lui attribuer un aléa 2 (Béchenec et al., 2010).

Au cours de cette étude plusieurs points d'observation complémentaire ont été réalisés en Maine-et-Loire sur cette formation et des échantillons ont été prélevés au Sud de Landemont et sur la commune du Fuilet (Marchand et *al.*, 1969). Néanmoins, au cours de ces investigations, aucun indice de minéraux fibreux, n'a été observé.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque médio-armoricain occidental

- *Les amphibolites-gabbros de l'Unité de Morlaix-Elorn*

Le massif de *Barnévez-Plestin*, à Barnévez, (Chantraine et *al.*, 1986) est principalement constitué de gabbro, de teinte vert assez clair, massif, à grain grossier, avec des porphyroblastes centimétriques de hornblende verte ; ce faciès grossier passe en continu et progressivement à des faciès de gabbro à grain moyen et fin généralement folié. Aucune trace d'amphibole fibreuse n'a été détectée macroscopiquement y compris dans les fissures/fractures recoupant ces roches.



Illustration 24 : Affleurement côtier du métagabbro du massif de Barnévez-Plestin (site 29FB111, Barnévez).



Illustration 25 : Métagabbro grossier à porphyroblastes centimétriques de hornblende verte (site 29FB111, Barnévez).



Illustration 26 : Métagabbro à grain fin, vert sombre (site 29FB111, Barnévez).

Les amphibolites et métagabbros du Domaine cadomien nord-breton

• les amphibolites, amphibolites à grenat et métagabbros de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre

Cet ensemble est souvent limité sur son flanc sud par des failles chevauchantes majeures qui la séparent de l'Unité de Saint-Malo. Il correspond au regroupement de trois formations qui, géologiquement peuvent être distinguées mais qui, dans le cadre de cette étude, sont regroupées en une même entité. Il est cartographié, d'une part dans la partie sud de la carte de Belle-Isle-en-Terre (Chantraine et *al.*, 1984), où il forme une large bande NE-SW, d'extension plurikilométrique, et d'autre part dans un secteur couvert par les cartes de St-Brieuc (Egal et *al.*, 2006), Lamballe (Thomas et Hallégouët, 2011) et St-Cast (Cogné et *al.*, 1980), où il dessine aussi une large bande orientée NE-SW qui tend à se biseauter vers le NE. En outre, mais dans une moindre mesure, on retrouve aussi cette formation en enclaves pluri-hectométriques dans le Massif de Coëtmieux - Fort-la-Latte (Cogné et *al.*, 1980).

Cette formation affleure principalement en deux zones ; la première est située au Nord du bourg de Calanhel, et les amphibolites et les amphibolites à grenat y sont largement exposées d'une part en falaises, plus ou moins hautes, le long de la D11 et d'autre part dans la carrière du Moulin-de-la-Roche. La seconde, se situe au sud de St-Brieuc, où la formation affleure largement et est de plus entaillée par la RN12 et par quelques carrières.

Dans la première zone, près de Calanhel, les amphibolites et les amphibolites à grenat sont massives, mais sont parfois bien foliées. De plus, elles présentent souvent des veines et veinules infra-millimétriques blanchâtres et montrent fréquemment des stries plus ou moins fines associées à des mouvements tectoniques.

Dans la carrière, la roche est massive, souvent bien foliée et présente de nombreux grenats centimétriques. Ces amphibolites sont recoupées par des filons basiques, parfois de puissance pluri-métrique, dont les épontes montrent localement des placages fibres de trémolite. Enfin, certains filons montrent aussi, localement, de petites fentes de tension et veines en échelons, millimétriques, comblées par des minéraux fibreux (zéolite ou actinolite ?).



Illustration 27 : Affleurement d'amphibolites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, le long de la D11 (commune de Calanhel).

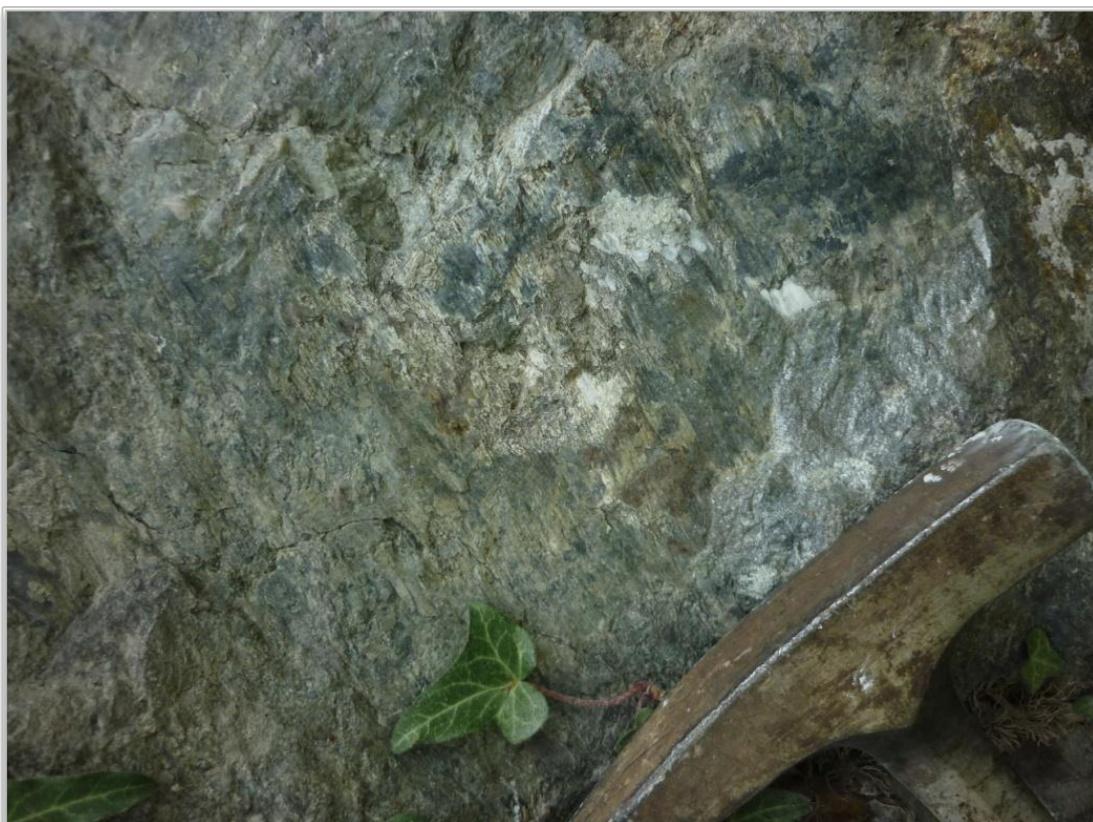


Illustration 28 : Stries à trémolite visibles dans les amphibolites de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre (commune de Calanhel).



Illustration 29 : Affleurement d'amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.

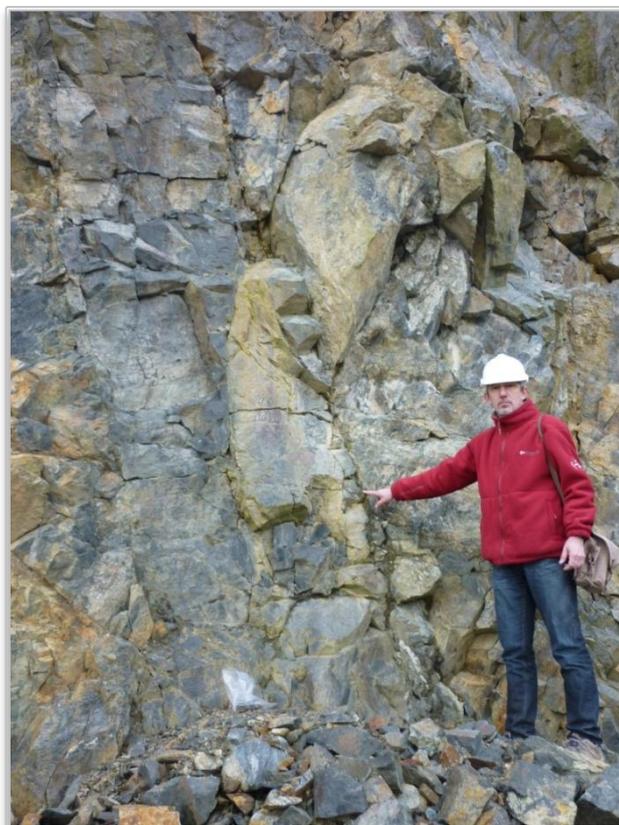


Illustration 30 : Filon basique recoupant les amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.

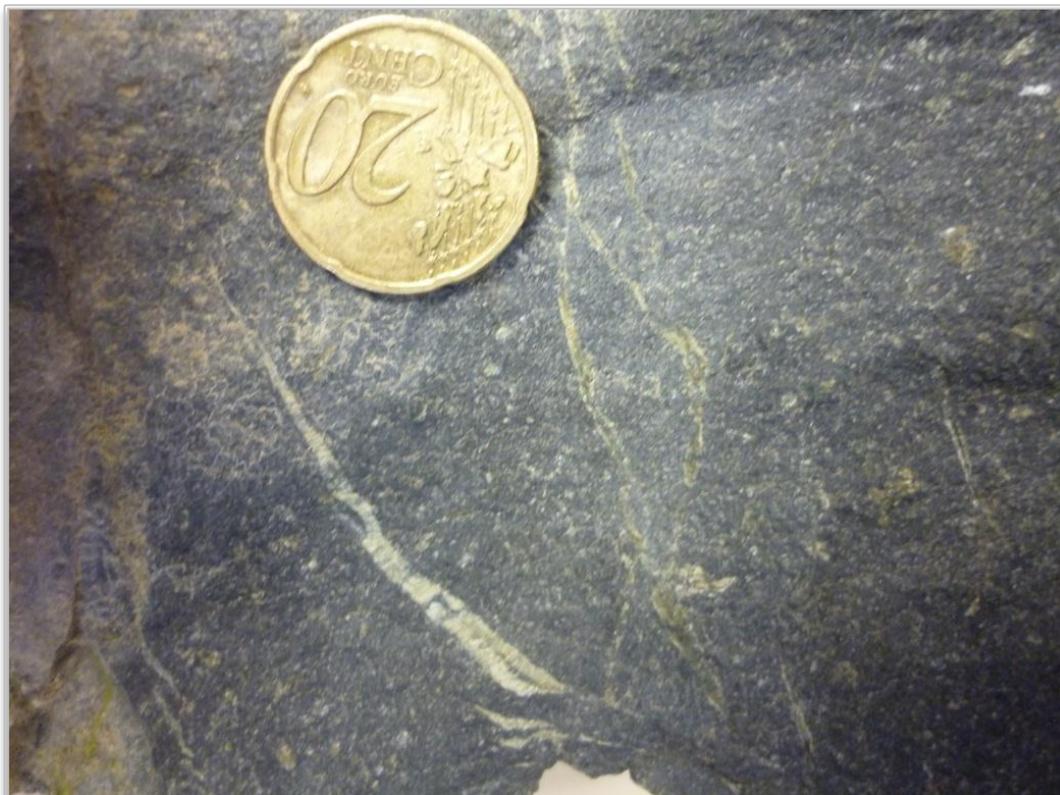


Illustration 31 : Fentes de tension comblées par des minéraux fibreux, affectant les filons basiques qui recoupent les amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, commune de Calanhel.

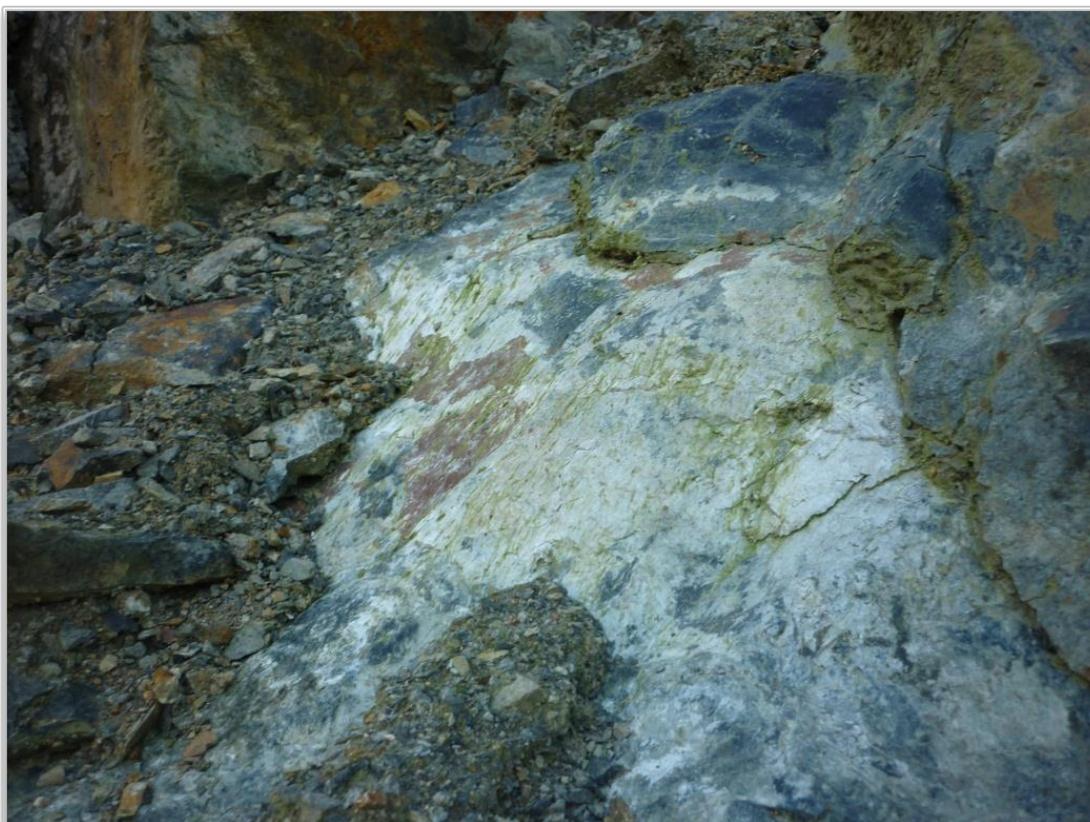


Illustration 32 : Placage de trémolite fibreuse sur le plan extérieur de l'éponte d'un filon basique, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.



Illustration 33 : Gerbe et placage de trémolite fibreuse, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.



Illustration 34 : Gerbe de trémolite fibreuse visible dans les déblais d'exploitation, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, carrière du Moulin-de-la-Roche, commune de Calanhel.

Dans la seconde zone d'affleurement, au Sud de Saint-Brieuc, cette entité est principalement composée de métagabbros, gris sombre à noir, à grain moyen, montrant des plages millimétriques d'amphibole et des mouchetures blanches de feldspath. Localement, on note aussi un fin litage infra-centimétrique, discontinu, avec alternance de lits blancs feldspathiques et de lits sombres amphiboliques.



Illustration 35 : Affleurement de métagabbro de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre (Parking de la société Néolait, lieu-dit le Moulin Neuf, commune de Trégueux).

Cette formation a été échantillonnée non seulement dans ces deux zones majeures, mais aussi, par soucis de rigueur et compte tenu de sa susceptibilité, sur l'ensemble de la formation : au total, 20 points d'observation ont été réalisés ;

• *les roche métamorphiques basiques à ultrabasiques de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre*

Cet ensemble forme plusieurs entités, d'emprise plurikilométrique, à l'Ouest de la carte de Guingamp (Egal et *al.*, 1999). Il est géologiquement très hétérogène et associe à la fois des amphibolites, des métagabbros et, plus localement, des ultrabasites. De plus, il est recoupé par des filons de dolérite. Les affleurements sont rares et généralement de mauvaise qualité. Néanmoins, cet ensemble est bien visible dans l'ancienne carrière de Tournemine, au Nord du bois de Coat-Liou. Cependant, les fronts de tailles principaux sont, soit inaccessibles, soit de trop mauvaise qualité pour être échantillonnés. Seules quelques observations macroscopiques ont donc pu être réalisées. La roche, très altérée, est couleur vert olive et présente un grain fin et, dans cette carrière, aucun indice de minéraux fibreux n'a été mis en évidence.

Plus au Nord, le long de la route qui mène au lieu-dit Kermabrianou, quelques affleurements et un ancien petit grattage ont aussi été identifiés. La roche assez fraîche

est alors massive, gris-sombre à noire mais aucun indice macroscopique de minéraux fibreux n'y a été observé. Des échantillons ont été prélevés à cet endroit. Au Nord de Guingamp, cet ensemble est présent aussi, mais il se réduit à des enclaves hectométriques à pluri-hectométriques, emballées dans les massifs granitiques de Plouisy et Pabu. Dans cette région, les conditions d'affleurement sont très médiocres et l'observation de cette formation n'a pu être réalisée que de façon ponctuelle. Au lieu-dit Kergrast, au Nord de la commune de Plouisy, quelques affleurements sont visibles dans les talus routiers. La roche, de couleur verte est bien foliée et se débite en petites plaquettes régulières. Aucun indice de minéraux fibreux n'a été observé dans ce secteur ;



Illustration 36 : Ancienne carrière de Tournemine, située au nord du bois de Coat-Liou, commune de Bourbriac.



Illustration 37 : Affleurement de roche basique de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, commune de Bourbriac.

- les amphibolites de la Formation de Lanvollon-Erquy en enclaves au sein de l'Unité de Guinguamp

Cette formation forme un essaim d'enclaves, plus ou moins grandes, au sein de l'Unité de Guinguamp. Les deux enclaves principales, de dimension kilométrique à pluri-kilométrique, sont situées sur les communes de Saint-Laurent et Kermoroc'h. Cependant, les affleurements sont très rares et lorsque présents, ils ne permettent qu'une observation partielle de la formation. Elle est constituée d'une roche à grain fin, finement foliée et à débit en plaquettes irrégulières.



Illustration 38 : Affleurement d'amphibolite de la Formation de Lanvollon-Erquy, en enclave dans l'Unité de Guingamp, bourg de Kermoroc'h.

3.2.3. Les metabasaltes et métadolérites

Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque médio-armoricain occidental

- *métabasaltes et métadolérites de l'Unité du bassin de Châteaulin*

Trois faciès sont distingués au sein de la Formation de Kerroc'h :

Les metabasaltes de la Formation de Kerroc'h sont cartographiés uniquement sur la carte géologique à 1 :50 000 de Quintin (Sagon, 1976). Limités vers le Nord par les métasédiments des groupes de Saint-Goazec, Landevennec et Seillou-Guendaré avec lesquels ils sont en contact normal, ils affleurent essentiellement en bandes d'extension kilométrique sur le flanc septentrional de la Formation de Kerroc'h. Les observations de terrain pour cette formation ont été concentrées dans la région du lac de Bosméléac à l'Est de Saint-Martin-des-Prés, zone qui offre les meilleures conditions d'affleurement. Néanmoins, seuls quelques blocs métriques ont pu être identifiés. La roche à grain fin est massive et présente quelques fractures secondaires tapissées de minéraux d'aspect fibro-radié.



Illustration 39 : Métabasalte massif de la Formation de Kerroc'h, Pont-de-la-Perche, Lac de Bosméléac, commune de Allineuc.

Les basaltes schistosés et métadolérites de la Formation de Kerroc'h sont cartographiés essentiellement sur la carte géologique à 1 :50 000 de Quintin (Sagon, 1976), où ils forment des bandes d'extension pluri-hectométrique au sein des volcanites acides et basiques.

À l'Ouest de Saint-Mayeux, au lieu-dit Quelféneq, ces métabasaltes et métadolérites affleurent assez largement, notamment aux environs du site archéologique de Quelféneq où la métadolérite a d'ailleurs donné lieu à une industrie néolithique majeure. Ces roches sont homogènes, massives, extrêmement dures et présentent de nombreuses fractures.



Illustration 40 : Affleurement de métadolérite à grain fin (Formation de Kerroc'h, commune de Plussulien).

Les métadolérites « grossières » de la Formation de Kerroc'h constituent, avec les metabasaltes et les méta-andésites, la lithologie principale de la Formation de Kerroc'h. Elles forment des plages cartographiques souvent plurikilométriques essentiellement dans l'angle SE de la carte de Quintin. Dans une moindre mesure, elles forment aussi des lentilles hectométriques à kilométriques à l'ouest de la carte de Moncontour (Carric et al., 1979). Sur le terrain, les affleurements sont rares, mais, au Sud du pont de Kérgan, dans les bois, quelques affleurements forment des microfalaises. En outre, sur la rive sud du lac de Bosméléac, de nombreuses « pierres volantes » en blocs décimétriques peuvent être identifiées. Les échantillons ont donc préférentiellement été prélevés dans ces deux secteurs. La roche, massive, peu altérée et peu fracturée, ne montre cependant aucun indice macroscopique de minéraux fibreux. Plus ponctuellement, cette roche a aussi été analysée et prélevée au sein de partie la plus méridionale de la formation où elle se présente uniquement en petits pointements rocheux dans les talus des routes.



Illustration 41 : Affleurement en microfalaise de métadolérite à grain plus ou moins grossier, Formation de Kerroc'h, rive sud du lac de Bosméléac, commune de Merléac.



Illustration 42 : Petit pointement rocheux, en pied de talus, de métadolérite de la Formation de Kerroc'h, lieu-dit la Porte-aux-Moines, commune de Saint-Martin-des-Prés.

Les metabasaltes et métadolérites du Domaine cadomien nord-breton

- ***les amphibolites de l'Unité de Saint-Brieuc***

Les dolérites amphibolitisées et microgabbrodiorites de la Formation de Lanvallon-Erquy forment une bande d'une vingtaine de kilomètres de long sur le flanc oriental de la Baie de Saint-Brieuc ; elle s'étend ainsi sur les cartes de Saint-Cast (Cogné et al., 1980), Lamballe (Thomas et Hallégouët, 2011) et Saint-Brieuc (Egal et al. 2004). Les affleurements les plus remarquables se situent au Sud d'Erquy, au niveau de la plage de la Cotentin à Planguenoual et au niveau des Pointes du Grouin et des Guettes à Hillon.

À Erquy, les affleurements ne manquent pas, notamment à la Pointe de la Heussaye où les différents faciès de la formation peuvent être identifiés. Cependant, aucun indice de minéraux fibreux n'a été décelé dans ce secteur.

Sur la plage de La Cotentin, à une dizaine de kilomètres au Sud des affleurements précédents, cette formation affleure en falaises décamétriques. La roche est assez altérée et présente de nombreuses fractures. Aucun indice de minéraux fibreux n'y a été observé ;



Illustration 43 : Affleurement de roche basique de la Formation de Lanvallon-Erquy, Pointe de la Heussaye, commune d'Erquy.



Illustration 44 : Affleurement de metabasaltes de la Formation de Lanvollon-Erquy, Pointe de la Heussaye, commune d'Erquy.



Illustration 45 : Affleurement de metabasaltes et méta-andésites sur la plage de La Cotentin, commune de Planguenoual.

- les amphibolites et metabasaltes de l'Unité du Trégor

Les metabasaltes spilitiques et métatufs de la Formation de Paimpol sont cartographiés, depuis la Pointe de Guilben en Côte d'Armor jusqu'à Plouegat-Guérand en Finistère. Ainsi, sur les cartes de Plestin-les-Grèves (Chantraine et *al.*, 1986), Lannion (Chantraine et *al.*, 1999), Pontrieux-Etables (Egal et *al.*, 1995) et dans une moindre mesure, sur la carte de Tréguier (Auvray et *al.*, 1976), cette formation dessine une série de lentilles et de bandes, hectométriques à plurikilométriques, plus ou moins continues et souvent masquées par une importante couverture de sédiments éoliens. Enfin, cette formation est limitée sur ces deux flancs par d'importantes structures tectoniques cisailantes, respectivement : les failles de Locquémeau à Lézardrieux et les failles de Trèdre à Beauport. De par sa susceptibilité et son emprise cartographique, cette formation a fait l'objet de nombreuses investigations. Ainsi, une vingtaine de points d'observations couvrant l'ensemble de la formation ont été réalisés et ont permis de prélever 18 échantillons.

À l'intérieur des terres, les affleurements sont observables uniquement dans les vallées, nombreuses. Par contre, sur le littoral, ces metabasaltes forment souvent des falaises massives.

À la Pointe de Guilben, vers Paimpol, la roche affleure sur plusieurs kilomètres ; elle est assez altérée, mais sa structure schistosée demeure encore facilement identifiable et localement un débit en coussin peut même être observé. La roche est affectée par de nombreuses fractures et est recoupée par des veinules millimétriques à centimétriques comblées de minéraux plus ou moins altérés. L'habitus de ces minéraux n'est cependant jamais fibreux. A plus grande échelle, la roche est aussi affectée par des fractures pluri-centimétriques à remplissage quartzo-feldspathique (?), parfois complètement lessivées.



Illustration 46 : Affleurement de metabasaltes spilitiques de la Formation de Paimpol, Pointe de Guilben, Paimpol.



Illustration 47 : Détail des metabasaltes spilitiques de la Formation de Paimpol. Sur la gauche de la photographie, on observe un débit en coussin fantôme ; sur la droite, deux fractures ouvertes, pluri-centimétriques plus ou moins lessivées sont identifiables. Pointe de Guilben, commune de Paimpol.

Dans la vallée du Trieux, vers Lézardrieux, cette formation affleure aussi sur plusieurs centaines de mètres, de part et d'autre de la rivière. Elle présente le même faciès lithologique qu'à la Pointe de Guilben mais, localement, elle peut être plus massive.



Illustration 48 : Affleurement de metabasaltes spilitiques de la Formation de Paimpol, vallée du Trieux, commune de Lézardrieux.

Les observations réalisées sur le littoral de Trédrez et à la Pointe de l'Armorique où les affleurements sont de bonne qualité, la roche est massive mais bien foliée et elle présente aussi de nombreuses fractures décimétriques à remplissage feldspathique. Cependant aucun indice de minéral fibreux n'a été noté.



Illustration 49 : Affleurement de metabasaltes spilitiques, Formation de Paimpol, littoral de la commune de Trédrez-Locquémeau.



Illustration 50 : Affleurement de metabasaltes spilitiques, Formation de Paimpol ; les fractures à remplissage feldspathique sont ici bien visibles, littoral de la commune de Trédrez-Locquémeau.

Ainsi, au Sud de Lannion, le long du GR34, cette formation affleure ponctuellement et bien que foliée elle peut être localement assez massive. Trois échantillons ont été prélevés dans ce secteur. De même, vers Quimperven, des échantillons ont été prélevés dans les vallées du Stéren et du Guindy.



Illustration 51 : Affleurement de métabasaltites spilitiques, Formation de Paimpol, GR 34 A, commune de Lannion.

Dans la région de Plestin la Formation de Paimpol est essentiellement constituée de métatufs plus ou moins spilitisés qui, à l'affleurement, ont un aspect de schistes verts finement lités ; ils sont associés à quelques passées de méta-laves basiques (en sills ou en coulées) plus massives.



Illustration 52 : Affleurement des métatufs de la Formation de Paimpol, en bordure de la D64 (site 29FB109).



Illustration 53 : Aspect lité des métatufs de la Formation de Paimpol, à Port-Mélou (site 29FB107).

3.2.4. Les roches magmatiques basiques (gabbro, norite, troctolite, dolérite, basalte)

Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque du Pays de Léon

• Les enclaves de gabbro du Massif des Gneiss de Brest.

Elles forment 3 lentilles hectométriques, au Fort du Dellec à Plouzané (Finistère) et sont identifiées sur la carte géologique à 1 :50 000 de Brest (Chauris et *al.*, 1980) comme « épidiomite du Dellec ». Les affleurements sont facilement identifiables sur l'estran où la roche, à grain fin et à feldspath bien visible, paraît massive. Localement, la roche semble être un gabbrodiorite. Aucun indice de minéraux fibreux n'a été identifié macroscopiquement.



Illustration 54 : Affleurement de gabbro enclavé dans le Massif de Brest, Pointe du Dellec, commune de Plouzané.

Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque médio-armoricain occidental

Elles constituent une dizaine de filons et de petits massifs, tout au plus kilométriques, de dolérites, emballés dans les formations dévoniennes plus ou moins cornéifiées. Le massif principal se situe au Nord de la forêt de Lorge, Près de l'Hermitage-Lorge (carte Moncontour, Carric et *al.*, 1979) mais quelques filons existent aussi à l'Est de

cette forêt. Sur le terrain, les conditions d'affleurement, très médiocres dans la forêt, n'ont pas permis d'échantillonner cette formation.

Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien nord-breton

- ***Le gabbro du massif de Saint-Alban***

Il s'étend en limite des cartes géologiques à 1 :50 000, de Saint-Brieuc (Egal et *al.*, 2004), Lamballe (Thomas et Hallégouët, 2011) et Saint-Cast (Cogné et *al.*, 1980), où il forme une bande SW-NE, se biseautant vers le NE. Il est limité au Nord par les métavolcanites de la Formation de Lanvollon – Erquy et au Sud par l'important Massif de gabbro de Coëtmieux – Fort-la-Latte.

Ce gabbro a été échantillonné dans deux zones principales : le long de D58 qui longe la vallée de l'Elora à St-Alban et en périphérie du marais de Sables-d'Or-les-Pins. Ce gabbro massif, très dur, est assez homogène sur l'ensemble du massif ; il présente généralement un grain moyen, localement grossier, et montre des minéraux sombres, principalement de l'amphibole et des minéraux blancs feldspathiques. Aucun indice de minéraux fibreux n'a été observé.



Illustration 55 : Affleurement plus ou moins rasant du gabbro du Massif de St-Alban, au Sud du marais de Sables-d'Or-les-Pins.

Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien normando-breton

- *les roches basiques (norite, troctolite et anorthosite) du Massif d'Ernée*

Ces roches forment deux petits massifs situés au Nord du bourg d'Ernée (Lerouge et *al.*, 2009). Le massif le plus à l'Est, sub-circulaire, est composé dans sa partie nord de norite et dans sa partie sud, de troctolite et de gabbro. Le massif le plus à l'Est, d'aspect étiré, est composée de gabbros, avec ou sans olivine, emballant une lentille d'anorthosite. L'ensemble de ce massif est recoupé par de nombreux filons de dolérites plus ou moins métamorphisées ;

- *les roches basiques indifférenciées (trachy-andésite et basalte à olivine)*

Cette formation n'existe à l'affleurement qu'en deux petites écailles, l'une au sud de Mollay-Littry, et l'autre au sud du bourg de Tournière (carte de Balleroy, Vernhet et *al.*, 1999). Elle est limitée sur son flanc sud par la Faille de Mollay-Littry, limite de la dépression permo-carbonifère. Sa position actuelle dans l'édifice structural résulte donc d'importants mouvements tectoniques ;

- *les spilites de Vassy*

Cette formation affleure en quelques lentilles, tout au plus kilométriques, dans la région de Vassy. Elles sont interstratifiées dans les grès et siltites de la Formation de la Laize.

Les roches magmatiques basiques du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes

- Ces roches basiques indifférenciées (trachy-andésite et basalte à olivine) n'ont pas été visitées.

3.3. ÉCHANTILLONNAGE DES FORMATIONS À ALÉA PRÉVISIONNEL « MOYEN »

3.3.1. Les amphibolites et métagabbros

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain

- *les amphibolites et pyroxénites de l'Unité des Sables-d'Olonne*

Des amphibolites, des pyroxénites et de rares métatufs basiques forment quelques lentilles hectométriques tant au sein des micaschistes de la Formation de Sauveterre que dans la Formation de gneiss des Sables-d'Olonne. Néanmoins, aucune de ces lentilles représentées sur la carte des Sables-d'Olonne - Longeville (Goujou et *al.*, 1994) n'a été observée à l'affleurement, ni à Bourgenay, zone désormais complètement lotie, ni aux « rochers du Noir » ;

- *les amphibolites prasinitiques de l'Unité de Saint-Gilles – La Vilaine*

Cette formation affleure en trois zones principales d'une part au Sud-Est et à l'Est de Saint-Gilles-Croix-de-Vie (Ters et Viaud, 1987) et d'autre part à l'embouchure de La Vilaine (carte La Roche-Bernard, Audren et *al.*, 1975). Dans la région de

Saint-Gilles-Croix-de-Vie, respectivement près de l'Aiguillon-sur-Vie et du Fenouiller, les amphibolites, associées à des métarhyolites, forment deux entités d'extension kilométrique, insérées au sein des micaschistes de la Formation de Saint-Gilles. Cependant les affleurements sont rares et de qualité médiocre et dans les champs, peu de « pierres volantes » sont identifiables. De ce fait les investigations ont été très limitées et un seul échantillon d'amphibolite fine en plaquettes, a été prélevé dans le secteur de L'Aiguillon.

À l'embouchure de la Vilaine, les amphibolites (et pyroxénites) de la Formation du Moustoir, forment une bande subcontinue de puissance pluri-hectométrique et d'extension plurikilométrique au sein des micaschistes de la Formation de Saint-Gilles. Elles affleurent bien en bordure de côte ;

- *les amphibolites de l'Unité du Pouldu*

L'Unité du Pouldu, localisée en bordure sud-ouest du Massif armoricain, est relativement riche en amphibolites ; ces dernières sont disposées en bandes de puissance modérée (0,50 à 10 m), interstratifiées au sein des micaschistes et paragneiss des différents groupes et formation de cette unité.

Les amphibolites du Groupe de Nerly forment généralement des niveaux de puissance pluri-décimétrique à pluri-métrique, interstratifiés au sein de paragneiss et micaschistes ; cependant, localement, au Sud du hameau de Saint-Roch en Plomelin (29) (carte Quimper Béchenec et *al.*, 1999), elles constituent une entité plus conséquente, de puissance et d'extension pluri-hectométrique. Elles se présentent comme des roches à grain fin, vert sombre, localement prasinitiques, finement foliées et se débitant en plaquettes.



Illustration 56 : Amphibolites finement foliées interstratifiées au sein des paragneiss et micaschistes du Groupe de Nerly (site 29FB022).

*Les amphibolites du Groupe de Merrien, sont encaissées au sein des micaschistes à ocelles qui forment la majeure partie de ce groupe qui se suit, en bordure de côte, depuis Concarneau (Béchenec et *al.*, 1996) à l'Ouest jusque Lorient à l'Est (carte Lorient, Béchenec et *al.*, 2012) ; elles forment des niveaux de 0,20 à 2 m de puissance, souvent plus ou moins boudinés. La roche a un grain fin à moyen, une teinte vert sombre et assez fréquemment, elle présente un faciès prasinitique caractérisé par la présence dans la matrice amphibolique sombre de nombreux petits ocelles millimétriques, blancs, de feldspath.*

Les schistes verts et amphibolites prasinitiques de la Formation de Tréogat constituent, au sud-ouest de Quimper, une bande d'extension plurikilométrique et de puissance pluri-hectométrique à kilométrique. Cette formation est principalement formée de schistes vert clair et d'amphibolite bleu-vert assez sombre, à débit en plaquettes, souvent parsemées de nombreux petits ocelles blancs de feldspath. Cette formation affleure peu, mais elles donnent de nombreuses pierres volantes ;



Illustration 57 : Affleurement d'amphibolites interstratifiées au sein des micaschistes du Groupe de Merrien (site 29FB081 - Carte 1:50 000 Concarneau, N° 382).



Illustration 58 : Affleurement d'amphibolites interstratifiées au sein des micaschistes du Groupe Merrien (site 29FB145 - Carte 1:50 000 Lorient, N° 383).



Illustration 59 : Détail de l'affleurement des amphibolites montrant la texture prasinitique de la roche, caractérisée par de nombreux ocelles blancs de feldspath (site 29FB145).



Illustration 60 : Affleurement rasant d'amphibolites bleu-vert de la Formation de Tréogat (site 29FB001).



Illustration 61 : Affleurement d'amphibolites de la Formation de Tréogat (site 29FB002).

- *les amphibolites de l'Unité de Groix - Bois-de-Céné*

Les schistes verts à amphibole bleu-vert de la Formation de l'Île de Groix représentent la plus importante formation de roches basiques de l'île. Cette formation se situe dans les parties centre et ouest mais à l'intérieur des terres, les affleurements, du fait d'une topographie relativement plate sont quasi-inexistants. Par contre, sur le littoral, cette formation est bien identifiable notamment au Sud de Port-Saint-Nicolas, où elle est exposée en falaises sur environ 1,3 km. À l'affleurement, la roche est composée d'une association assez intime de schistes verts amphiboliques et de schistes verts à texture prasinitique ; de plus, localement, des niveaux très riches en épidotes (épidotites ?) sont présents. La fracturation est bien développée mais la roche garde néanmoins une bonne cohésion. Enfin, fréquemment, un réseau de veines et veinules blanchâtres, infra-millimétriques, pouvant parfois s'étendre sur plusieurs mètres, recoupe ces schistes verts.



Illustration 62 : Falaises composées des schistes verts de la Formation de l'Île-de-Groix, Pointe-Saint-Nicolas, Île de Groix.



Illustration 63 : Affleurement de schistes verts à texture prasinitique, Pointe de Saint-Nicolas, Île de Groix.



Illustration 64 : Affleurement de schistes verts à niveau riche en épidote et fracture argilisée, Île de Groix.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque nantais

- les amphibolites et métagabbros de l'Unité des Mauges

Les métagabbros de la Formation de Drain sont essentiellement cartographiés dans le département du Maine-et-Loire (cartes Vallet, Marchand et *al.*, 1969 et Ancenis, Cavet et *al.*, 1970), alors qu'en Loire-Atlantique, ils constituent uniquement des lentilles interstratifiées dans l'ensemble amphibolique de Drain. Ces métagabbros ont été précédemment très localement échantillonnés lors de la cartographie de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010). Néanmoins, le nombre limité d'échantillons prélevés durant cette phase n'est pas suffisant pour représenter l'ensemble de la formation. De ce fait, des investigations plus poussées ont été menées en Maine-et-Loire où les métagabbros sont largement exposés le long de la Loire, au niveau de la commune de Drain. Dans ce secteur, ils sont associés aux amphibolites de la Formation de Drain et forment une bande d'extension plurikilométrique qui se biseaute vers le Sud-Ouest dans la région du Lorrroux-Bottereau et est en contact anormal (faille de détachement) avec l'Unité de Champtoceaux.

Le long de la Loire, en bordure de la D751, de nombreuses falaises ainsi qu'une ancienne carrière facilitent l'observation de cette formation. Les métagabbros sont massifs mais une foliation est localement bien définie ; de plus des indices de déformation importante sont présents, structures C/S, texture de type flaser-gabbro plus ou moins fruste. Une dizaine de points d'observation a été réalisée dans cette zone et 12 échantillons ont été prélevés ; néanmoins, aucun indice de minéraux fibreux n'a été observé.

Plus au Sud, vers la Boissière-sur-Èvre, les affleurements sont beaucoup plus restreints, mais ont néanmoins permis observations et échantillonnages.



Illustration 65 : Ancienne carrière artisanale dans les métagabbros de la Formation de Drain, Pont-Renault, commune de Liré.

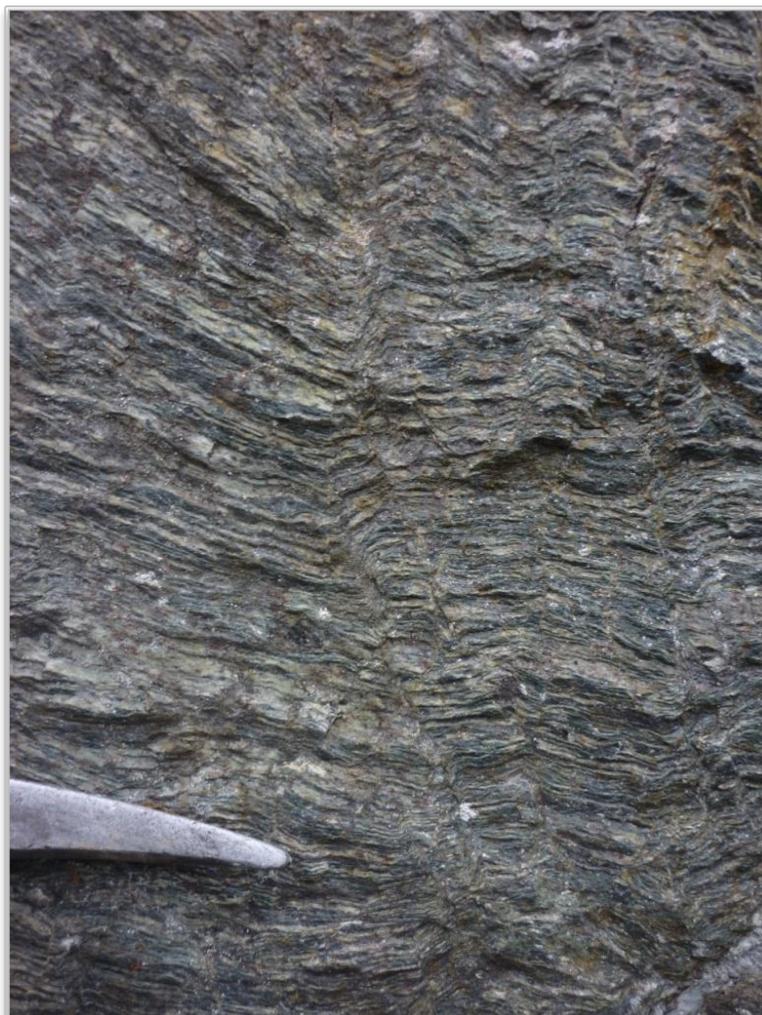


Illustration 66 : Vue de détail des métagabbros de la Formation de Drain, carrière de Pont Renault, commune de Liré.

La Formation des amphibolites et schistes verts de Beaupréau affleure principalement dans le département du Maine-et-Loire où elle forme deux entités cartographiques distinctes, l'une dans la région de Beaupréau et de La Chaussaire (cartes Chemillé, Wyns et *al.*, 1998 et Vallet, Marchand et *al.*, 1969), et l'autre près de Nueil-sur-Layon (limite des cartes Vihiers, Thiéblemont et *al.*, 2011 et Montreil-Bellay, Joubert et *al.*, 2000).

Dans le secteur de Beaupréau - La Chaussaire, la roche présente deux faciès : amphibolite massive mais bien foliée et schiste bleu-vert. Les amphibolites massives, déjà échantillonnées lors de la cartographie de l'amiante en Loire-Atlantique, n'ont été que ponctuellement ré-échantillonnées pour la présente étude.

Les schistes bleu-vert sont très présents dans la région de Beaupréau (sauf dans le bourg où les amphibolites sont massives). Les meilleurs affleurements sont situés le long de la vallée de l'Èvre, notamment au niveau de la D756 dans un ancien petit grattage. La roche, bien schistosée, présente un grain très fin et un aspect soyeux (présence d'actinolite-chlorite ?). Elle est recoupée par de nombreuses veines et veinules, localement plus importantes, remplies de minéraux blancs. Enfin, elle est affectée par quelques fractures qui induisent un débit en cailloutis.



Illustration 67 : Affleurement de schiste bleu-vert de la Formation de Beaupréau, D 756, commune de la Chapelle-du-Genet.



Illustration 68 : Fracture affectant les schistes de la Formation de Beaupréau, D756, commune de la Chapelle-du-Genet.



Illustration 69 : Veines et veinules blanchâtres recoupant les schistes verts de la Formation de Beaupréau, D756, commune de la Chapelle-du-Genet.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque de Bretagne centrale

- les amphibolo-pyroxénites du Dôme migmatitique de Plouguenast

Cette formation n'affleure que très ponctuellement au Sud de Plessala (carte Moncontour, Carric et *al.*, 1979) où elle forme un petit massif au sein des micaschistes. Elles apparaissent comme une roche à grain fin, massive et de teinte claire ;

- les cornéennes noires massives amphiboliques

Au contact des massifs granitiques de Langonnet, de Pontivy et de Rostrenen et du Dôme migmatitique de Plouguenast (cartes, Rostrenen, Bos et *al.*, 1997 ; Pontivy, Dadet et *al.*, 1986 ; Quintin, Sagon, 1976 ; Moncontour, Carric et *al.*, 1979) les séries du Briovérien sont affectées par un métamorphisme de contact ; celui-ci affecte aussi les dolérites (en filons de puissance métrique à décamétrique et d'extension hectométrique) incluses dans ces séries et les transforment en cornéennes de teinte noire, massives, très dures.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque du Pays de Léon

- les amphibolites et métagabbros du massif de Lannilis

Le massif de Lannilis centré sur le bourg de Lannilis forme une entité d'extension plurikilométrique dont la pointe occidentale s'étend jusqu'à Saint-Pabu. Cette formation affleure peu si ce n'est sur les berges de l'Aber Benoît, de l'Aber Vrac'h ; sur le plateau elle est partiellement recouverte par des limons éoliens.

Sur la rive sud de l'Aber Vrac'h au pied du pont de Loguivy, les affleurements pluri-décamétriques correspondent à un métagabbro-diorite massif, à grain moyen-grossier, à foliation plus ou moins bien marquée, qui, localement, est recoupé par des filons de granitoïdes.



Illustration 70 : Affleurement de métagabbro-diorite, rive sud de l'Aber Vrac'h, pont de Loguivy.

Sur l'estran à Prad ar Koum, ces métagabbros à grain moyen-grossier, sombres, massifs bien que foliés, sont recoupés ou emballés dans un granitoïde.



Illustration 71 : Métagabbro de Lannilis, massif, folié, recoupé par un sill de granitoïde, Prad ar Koum.

Mais plus généralement ces roches forment des boules métriques dispersées et souvent plus ou moins emballées dans les dépôts éoliens.



Illustration 72 : Boule de métagabbro-diorite, emballée dans des dépôts éoliens, Stivel, Ouest de Lannilis.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine cadomien normando-breton

- *les amphibolites de l'Unité de Saint-Malo*

Elles sont cartographiées sur la carte de Moncontour (Carric et al., 1979) où elles forment une série de lentilles au sein des métasédiments de la *Formation de Lamballe*. Ces amphibolites sont exclusivement cartographiées sur le flanc sud de cette formation qui, au contact avec le granite de Moncontour, subit un métamorphisme de contact. À l'Est de la commune de Hénon, se situe l'une des plus importantes lentilles d'amphibolites ; en dépit de son extension kilométrique, elle n'affleure guère mais donne d'abondantes pierres volantes ; la roche à un grain fin à moyen, est gris sombre et présente quelques minéraux noirs bien visibles à la loupe.

Les amphibolites et métagabbros du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes

- *les amphibolites de l'Unité de Coutances*.

Les amphibolites de l'Unité de Coutances appartiennent à la Formation de Montsurvent, dans laquelle elles sont associées à des métavolcanites basiques et acides. Cette formation forme la plus grande entité basique du département de la Manche et elle s'étend sur une vingtaine de kilomètres, à cheval sur les cartes de Coutances (Dupret et al., 1989) et St-Lo (Dupret et al., 1997). Dans sa partie méridionale, cette formation, du fait de l'auréole métamorphique de la Diorite de Coutances, est composée d'amphibolites rubanées.

3.3.2. Les metabasaltes et métadolérites

Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque sud-armoricain

- *les métadolérites de l'Unité de Chantonnay*.

Les métadolérites forment des sills de puissance inférieure à 50 m et d'extension limitée à quelques centaines de mètres, notamment dans les Formations du *Bourgneuf* et de *Sigournais* et, dans une moindre mesure, dans celle des *Gerbaudières*. La roche, massive, est généralement très altérée et présente une couleur fauve.

Les metabasaltes et métadolérites du Domaine varisque médio-armoricain occidental

- *les metabasaltes et métadolérites de l'Unité de Châteaulin*

Dans l'Unité de Châteaulin, ce type de roche est présent dans deux formations, celle de Kerroc'h qui forme une mince bande discontinue ceinturant le cœur carbonifère du bassin de Châteaulin et celle de Lohuec qui s'étend plus au Nord au sein des séries du Dévonien.

Les metabasaltes et méta-andésites de la Formation de Kerroc'h sont cartographiés sur les cartes Quintin (Sagon, 1976) et Moncontour (Carric et al., 1979), Huelgoat, Gourin où ils forment plusieurs bandes et lentilles d'extension kilométriques associée aux dolérites de la même formation. Cependant, aucun site n'a permis de l'identifier de façon rigoureuse et seuls quelques affleurements ponctuels ont permis de prélever des échantillons. Dans aucun cas, la présence d'indice de minéraux fibreux n'a pu être mise en évidence ;



Illustration 73 : Affleurement très restreint de metabasalte de la Formation de Kerroc'h.

les metabasaltes et métadolérites de la Formation de Lohuec forment un ensemble assez étendu qui jouxte la limite entre les départements du Finistère et des Côtes d'Armor, entre Huelgoat au SW et Belle-Isle-en-Terre au NE. Cette formation affleure peu, mais elle constitue néanmoins, localement, tel à Pont-Troël, en bordure de route, des affleurements pluri-décamétriques ; la roche vert sombre, massive, à grain moyen et présente une tendance à l'altération en boue.



Illustration 74 : Affleurement de métadolérite massive de la Formation de Lohuec, Pont-Troël (29).



Illustration 75 : Altération en boule de la métadolérite de la Formation de Lohuec, Pont-Troël (29).

Par ailleurs, elles peuvent aussi, donner de nombreuses pierres volantes dans les champs.



Illustration 76 : Pierres volantes de métadolérites de la Formation de Lohuec, Le Ilorzhou (29).

Les metabasaltes et métadolérites du Domaine du Cotentin et des Iles anglo-normandes

- *les métavolcanites basiques de l'Unité de Coutances*

Les métavolcanites basiques de l'Unité de Coutances appartiennent à la Formation de Montsurvent. Cette formation forme la plus grande entité basique du département de la Manche et elle s'étend sur une vingtaine de kilomètres, à cheval sur les cartes de Coutances (Dupret et *al.*, 1989) et St-Lo (Dupret et *al.*, 1997). Dans sa partie méridionale, cette formation, du fait de l'auréole métamorphique de la Diorite de Coutances, est composée d'amphibolites rubanées. Cette formation n'a pas été visitée.

3.3.3. Les roches magmatiques basiques (gabbro et diorite)

Les roches magmatiques basiques du Domaine varisque nantais

- *le Massif des Quatre-Étalons et du Châtillonnais*

Cet ensemble forme, dans le Choletais (cartes Cholet, Le Métour et *al.*, 1989 ; Les Herbiers, Rolin et *al.*, 2008), deux entités d'extension plurikilométrique, limitées par des contacts tectoniques. Composé principalement de diorite à amphibole et dans une moindre mesure de gabbro-diorite, cette entité est bien visible dans la carrière de la Gouberte au Sud de Saint-Macaire-en-Mauges, alors que par ailleurs les affleurements sont rares et de dimensions réduites. Accessoirement, des roches cumulatives de type hornblendites et anorthosites y sont aussi signalées.

Les roches magmatiques basiques du Domaine cadomien nord-breton

- *la méladorite de Kéralain*

Cette formation affleure en quelques lentilles pluri-hectométriques associées aux metabasaltes spilites de la Formation de Paimpol. Les campagnes de terrain menées pour l'échantillonnage de la Formation de Paimpol ont aussi permis d'identifier cette roche. En effet, bien que d'emprise très restreinte, les lentilles sont facilement identifiables, notamment dans la vallée du Guindy, à l'Est de Rospez, où les affleurements forment un talus le long de la D65. La roche gris-noire, massive, présente un grain moyen et est recoupée par quelques veinules millimétriques feldspathiques. Aucun indice de minéraux fibreux n'a été observé.



Illustration 77 : Affleurement de la méladorite de Kéralain, D65, commune de Quemperven.

3.4. ÉCHANTILLONNAGE DES FORMATIONS D'ALÉA PRÉVISIONNEL « FAIBLE »

3.4.1. Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, gabbros, diorites

Les amphibolites et métagabbros du Domaine varisque sud-armoricain

- *les amphibolites et pyroxénites du Complexe de la baie d'Audierne*

Les amphibolites de la Formation de Penhors sont interstratifiées au sein des métasédiments qui constituent l'essentiel de cette formation (cartes Pont-Croix, Plaine et *al.*, 1981 et Quimper, Béchenec et *al.*, 1999). Elles sont plus particulièrement visibles sur l'estran dans la moitié nord de la série mais elles affleurent aussi par ailleurs, telle en bordure de la D40 au niveau de Kerbiget ; elles se présentent comme des roches vert sombre à noir, à grain fin, finement feuilletées et à débit en plaquettes.

Les pyroxénites à grenat de la Formation de Peumerit apparaissent uniquement sous forme de blocs et de pierres volantes notamment près de Méot au NE de Pouldreuzic où elles sont associées aux serpentinites (carte Pont-Croix, Plaine et *al.*, 1981). Elles se présentent comme des roches massives, sombres, qui, parfois, montrent un rubanement fruste ;

- *les amphibolites de la Formation de Koad-Konk*

Cette formation constitue une étroite bande (50 à 250 m de puissance) orientée W.NW-E.SE, enclavée au sein du granite de Pluguffan ou de l'orthogneiss de Nizon ; elle se suit en continu sur environ 30 km, depuis le Nord de La Forêt-Fouesnant à l'Ouest jusqu'au Sud-Est de Bannalec à l'Est (cartes Quimper, Béchenec et *al.*, 1999 ; Rosporden, Béchenec et *al.*, 2001). Néanmoins, cette formation affleure peu mais donnent de nombreuses pierres volantes dans les champs. Elle est constituée d'amphibolites vert sombre, à grain fin, assez massives mais à débit en plaquettes ;



Illustration 78 : Affleurement en base de talus, des amphibolites altérées de la Formation de Koad-Konk (29).

- *les amphibolites d'Hennebont*

Cette formation constitue une lentille d'extension plurihectométrique au sein de l'orthogneiss d'Hennebont-Tréauray en rive orientale du Blavet, au cœur de la vieille ville d'Hennebont (carte Lorient, Béchenec et Hallégouët, 2012). Ces amphibolites à grain fin, gris-sombre, massives bien que foliées, affleurent principalement en bordure du chemin piétonnier longeant le Blavet ;



Illustration 79 : Amphibolites massives de la Formation d'Hennebont, chemin de halage, rive orientale du Blavet, Hennebont (56).

- les calcaires cristallins à trémolite de l'Unité de St Gilles/ La Vilaine

Une lentille hectométrique de calcaire cristallin est cartographiée au sein des micaschistes de la Formation de La Vilaine (carte La Roche-Bernard, Audren et *al.*, 1975). Décrite comme constituée d'un calcaire dolomitique blanc à aiguilles de trémolite partiellement chloritisée : elle n'a pas été observée ;

- les gneiss à amphibole et amphibolites de la Formation d'Arzal

Cette formation est cartographiée en limite des cartes Questembert (Plaine et *al.*, 1984) et La Roche-Bernard (Audren et *al.*, 1975) ; elle est principalement constitué de leptynites auxquelles sont localement associées des gneiss à amphibole et des amphibolites en lits de puissance décimétriques. Ces faciès basiques n'ont pas été observés ;

- les metabasaltes et métadolérites de l'Unité de Chantonay

La Formation des metabasaltes de La Meilleraie constitue la principale formation de roches basiques de cette unité dont elle occupe le cœur ; elle forme ainsi une entité de plus de 1 000 m de puissance qui s'étend sur une vingtaine de kilomètres. Outre des basaltes cette formation inclue des tufs plus ou moins grossiers, des brèches, des hyaloclastites et des cinérites recoupés par des sills et des dykes basiques. Elle est particulièrement bien exposée à Meilleraie-Tillay (carte Chantonay, Wyns et *al.*, 1988), dans la carrière de La Motte, où se rencontre les différents faciès cités et où de plus s'observent de rares fissures tapissées de trémolite fibreuse gris-blanc à vert clair, au toucher soyeux.



Illustration 80 : Métabasaltes de la Meilleraie, carrière de La Motte, La Meilleraie-Tillay (85).



Illustration 81 : Trémolite fibreuse tapissant de rares fissures dans les metabasaltes de la Formation de la Meilleraie, carrière de La Motte, La Meilleraie-Tillay (85).

Enfin des dolérites forment des filons de puissance pluri-métrique à décamétrique et d'extension hectométrique au sein des sédiments/métasédiments de cette unité ;

- les amphibolites prasinites et écloqites de l'Unité de Groix – Bois-de-Céné

Les amphibolites et prasinites de la Formation du Bois-de-Céné ont été observées et échantillonnées lors de la phase d'étude précédente de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) et leurs analyses ont montré que l'aléa consolidé de ces formations était faible.

Les écloqites à amphiboles et grenat de l'île de Groix se situent principalement au SE et au NE de l'île respectivement près de Locmaria et de Kerrohet (Carte Ile de Groix, Audren et *al.*, 1993). La principale zone d'observation étant située dans la zone protégée de la réserve minéralogique, ces roches n'ont pas été échantillonnées. Néanmoins leur observation macroscopique montre qu'elles n'incluent pas de minéraux fibreux ;

- les amphibolites de l'Unité de Montaigu, les amphibolites et écloqites du Complexe des Essarts, les amphibolites de l'Unité de Saint-Martin-des-Noyers

Ces roches ont été largement échantillonnées lors de la phase d'étude précédente de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) et leurs analyses ont montré que l'aléa consolidé de ces formations était faible quel que soit leur unité de référence ;

- les amphibolo-pyroxénites

Les amphibolo-pyroxénites forment de rares petites lentilles tant dans les granites du Complexe granitique du Bas-Bocage vendéen que dans les granites et migmatique de l'Unité du Morbihan. Les observations faites lors de la cartographie récente de ces entités, ont montré que ces roches n'offrent guère de potentialité de minéraux fibreux ;

- les métadolérites de l'Unité du Marillet

Les métasédiments de l'Unité du Marillet (cartes Fontenay-le-Comte, Diot et *al.*, 2007 et Coulonges-sur-l'Autizé, Bouton et Branger, 2007) sont recoupés par de très rares filons de métadolérites à texture grenue dans lesquelles aucun minéral fibreux n'a été observé.

Les amphibolites, écloqites, métagabbros, gabbros et diorites du Domaine varisque nantais

- les amphibolites de la Formation des Folies-Siffait

Ces roches ont été largement échantillonnées lors de la phase d'étude précédente de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) et leurs analyses ont montré que leur aléa consolidé était faible ;

- les écloqites de l'Unité la Formation du Cellier

Ces écloqites forment uniquement de très petites lentilles qui n'ont pas été observées. Cependant leur description dans la littérature laisse supposer que la présence de minéraux fibreux en leur sein est peu probable ;

- les gabbros des Massifs du Pallet, de Montfaucon et de Tillières

Ces roches ont été largement échantillonnées lors de la phase d'étude précédente de l'amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) et leurs analyses ont montré que leur aléa consolidé était faible ;

- la Formation de la Pierre Carrée

Cette formation se situe dans la partie orientale du Sillon Houiller de Basse-Loire, à Montjean-sur-Loire (carte Chalonnes-sur-Loire, Cavet et *al.*, 1970). Elle est essentiellement constituée de tufs et de cinérites qui sont souvent plus ou moins silicifiés. Elle ne montre pas de minéraux fibreux ;

- enclaves de roches gabbroïques du massif de la Renaudière

Ce massif de monzodiorite quartzique (carte Cholet, Le Métour et *al.*, 1989), intrusif dans les micaschistes de l'Unité des Mauges, a la particularité d'inclure dans sa partie méridionale une zone comportant de nombreuses enclaves de gabbro et de diorite sombre. Cependant, d'après les données bibliographiques, l'amphibole présente est essentiellement de la hornblende ;

- les Massifs de Thouars et de Vézins : Diorite de Cossé-d'Anjou et de La Prée, lentilles de métagabbro et de métadolérite, diorite quartzique

Les différentes formations basiques des Massifs de Thouars et de Vézins (cartes Thouarcé, Blaise et *al.*, 1986 ; Cholet, Le Métour et *al.*, 1989 et Vihiers, Thiéblemont et *al.*, 2011), d'après la bibliographie, comportent essentiellement de la hornblende verte comme amphibole et la présence de minéraux fibreux est donc peu probable dans ces différents faciès ;

- les gneiss à amphibole et pyroxène de La Tessouale

Ces gneiss sombres, homogènes ou finement rubanés, forment de rares petites lentilles enclavées au sein des migmatites (Carte Cholet, Le Métour et *al.*, 1989). D'après les études bibliographiques ces gneiss montrent une texture de recuit typique et une paragenèse à andésine-labrador, hornblende brune ou brun vert et clinopyroxène ; la présence éventuelle de minéraux fibreux est donc très peu probable.

Les amphibolites, éclogites, métagabbros, gabbros et diorites du Domaine varisque ligéro-séan

- le métagabbro-diorite du Méneg et la métadiorite quartzique de Lokunolé

Ces entités forment deux massifs plurikilométriques, allongés parallèlement au CSA respectivement à l'Ouest de Saint-Thurien et au Sud de Lokunolé (Carte Rosporden Béchenec et *al.*, 2001 et Plouay, Béchenec et *al.*, 2006). Le métagabbro-diorite du Méneg affleure ponctuellement en bordure de route et se présente comme une roche massive, gris-verdâtre, à grain fin/moyen grossièrement orienté. Sa paragenèse comprend principalement du plagioclase et de la hornblende verte et/ou hornblende actinolitique en grandes et moyennes plages.

La métadiorite-quartzique de Lokunolé affleure aussi ponctuellement en bord de route au Sud immédiat du bourg de Lokunolé mais elle apparaît principalement en pierres volantes dans les champs et en boules métriques sur leurs bordures. Elle se présente comme une roche massive, gris-vert à bleu-vert sombre avec des mouchetures millimétriques blanches, à grain fin-moyen grossièrement orienté. Sa paragenèse comprend principalement du feldspath plagioclase, de la hornblende verte en grandes et moyennes plages et de la biotite.

Ainsi aucune de ces deux entités ne présentent de minéraux fibreux ;

- l'enclave d'amphibolites du granite d'Ergué-Languidic

Ces amphibolites forment une enclave hectométrique au sein du granite d'Ergué-Languidic, dans la ville de Quimper (carte Quimper, Béchenec et *al.*, 1999). Elles présentent un grain très fin, une teinte vert sombre, une fine foliation et sont particulièrement dures. Leur paragenèse comprend principalement du plagioclase et de la hornblende verte en baguette. Aucun minéral fibreux n'a été observé ;

- *les tufs basiques et les basaltes spilitiques de l'Unité de Saint-Georges-sur-Loire*

L'Unité de Saint-Georges-sur-Loire est principalement constituée par les séries sédimentaires et métasédimentaires de la Formation de Frégréac, au sein desquelles s'intercalent de nombreux niveaux de roches volcaniques/hypovolcanites rapportées à la Formation de La Romme. Les conditions d'affleurement sont particulièrement mauvaises mais de nombreuses lentilles hectométriques à pluri-hectométriques de basaltes spilitiques associés à des tufs ont néanmoins été cartographiées (cartes Nort-sur-Erdre, Barbaroux et Cavet, 1983 ; Ancenis, Cavet et *al.*, 1978 ; Chalonnès, Cavet et *al.*, 1970). Ces roches peuvent présenter une paragenèse à actinolite, mais celle-ci, d'après les données bibliographiques, est en baguettes bien formées et non en fibres asbestiformes ;

- *les pyroxéno-amphibolites, amphibolites plagioclasiques et amphibolites à grenat de l'Unité de Péaule*

Au sein des micaschistes sont interstratifiées des lentilles de roches basiques, d'extension pluri-hectométrique et parfois kilométrique, comprenant des pyroxéno-amphibolites intimement associées à des amphibolites plagioclasiques litées et à des amphibolites à grenat. Les paragenèses décrites dans ces roches comprennent outre du plagioclase, de la hornblende verte bien cristallisée localement rétrotransformée en actinolite et dans une moindre mesure du clinopyroxène et du grenat. Aucun indice de minéraux fibreux n'est noté.

Les amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque de Bretagne centrale

- *les amphibolites et métadolérites des formations du Faouët, de Plouquenast et de la Mayenne*

De nombreuses passées et lentilles de métadolérites et d'amphibolites sont intercalées dans les puissantes et monotones séries métasédimentaires briovériennes de l'Unité de Bretagne centrale.

Dans la partie occidentale de l'Unité elles sont observables dans d'anciennes petites carrières artisanales, telle celle située à Pennarun au Sud du bourg de Briec (carte Châteaulin Plusquellec et *al.*, 1999). Elles se présentent comme des roches massives, vert sombre, à grain fin.

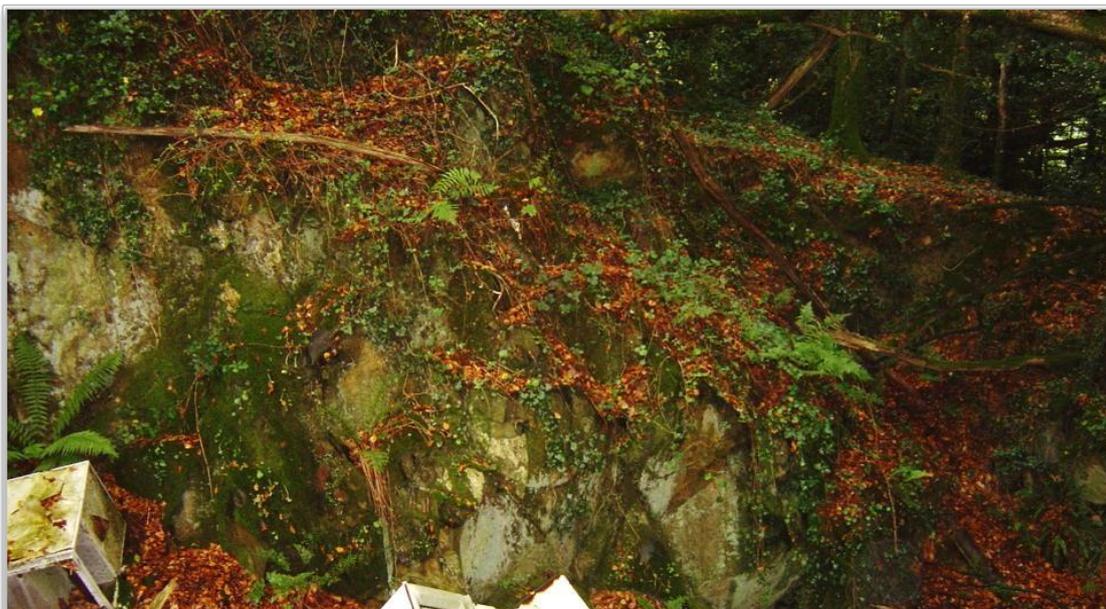


Illustration 82 : Sill de métadolérite massive à grain fin, ancienne petite carrière, Pennarun, Briec (29).

Mais plus généralement, on les observe uniquement sous forme de pierres volantes et de boules décimétriques ou plus, dans les champs.



Illustration 83 : Boule de métadolérite en bordure de champ, Kervennou, Edern (29).

Les amphibolites forment aussi des niveaux de puissance pluri-décimétrique et exceptionnellement décimétrique, interstratifiés dans les métasédiments briovériens. Elles n'affleurent que rarement mais donnent néanmoins de nombreuses pierres volantes dans les champs. Elles se présentent comme des

roches vert sombre, à grain fin, à débit en dalles ou en plaquettes et ne présentent, macroscopiquement, aucun indice de minéral fibreux ;

- la métadiorite de Niverrot-Tréanna et le métagabbro-diorite de Gourvily

La métadiorite forme un sill d'extension déca-kilométrique, orienté SW-NE, qui se suit depuis le Nord d'Ergué-Gabéric jusqu'à Tréanna (cartes Quimper Béchenec et *al.*, 1999 ; Rosporden Béchenec et *al.*, 2001) et dont la puissance varie de 50 à 500 m. Le métagabbro-diorite forme Nord de Quimper, un petit massif d'allongement E-W (0,5 x 3 km). Ces deux entités recoupent les micaschistes briovériens.

La métadiorite n'affleure que ponctuellement mais donne de nombreuses pierres volantes dans les champs et parfois des blocs pluri-décimétriques à métriques. Elle se présente comme une roche massive, de teinte gris plus ou moins sombre et a un grain moyen. Le métagabbro-diorite affleure relativement bien dans la zone commerciale de Gourvily et donnent par ailleurs, tel à Stang Vihan, des blocs sub-arrondis pluri-décimétriques à pluri-métriques. Il se présente comme une roche massive, gris sombre, à mouchetures millimétriques blanches, qui prend une teinte fauve à l'altération. Généralement, son grain est moyen mais localement il peut être pegmatoïdique.

Ces deux roches présentent une paragenèse à hornblende verte et aucun indice d'amphibole fibreuse n'est décelé ni macroscopiquement ni au microscope.



Illustration 84 : Affleurement du métagabbro-diorite de Gourvily, Gourvily, Quimper (29).

Les amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites, basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque médio-armoricain occidental

- les metabasaltes, métadolérites et les métagabbros de l'Unité de Châteaulin

L'Unité de Châteaulin est constituée de formations (méta)-sédimentaires paléozoïques qui s'étagent de l'Ordovicien au Carbonifère. A différents niveaux de la succession s'observent quelques petits épisodes volcaniques, notamment les basaltes et tufs des formations des grès de Kermeur et des calcaires de Rosan (Ordovicien supérieur), les basaltes et tufs de la Formation des Grès de Landévennec (Dévonien inférieur) ; cependant c'est à son toit (Dévonien supérieur-Carbonifère) que se développe le plus important épisode volcanique à metabasaltes et métadolérites.

La Formation de Lohuec présente des metabasaltes spilitiques en coussins intimement associés à des metabasaltes en coulées et en sills, et localement à des métadolérites et des métagabbros. Elle forme une entité d'extension déca-kilométrique en limite des départements du Finistère et des Côtes d'Armor. Ces roches affleurent peu mais donnent néanmoins des pierres volantes assez fréquentes dans les champs. L'un des affleurements les plus remarquables se situe dans une ancienne petite carrière près de la ferme de Kerambail dans laquelle s'observent des pillows-lavas sub-métriques et des jaspes rouge associés.



Illustration 85 : Pillow dans les metabasaltes spilitiques de la Formation de Lohuec, ancien grattage de Kerambail, Plourac'h (22).



Illustration 86 : Basaltes spilitiques de la Formation de Lohuec, associés à des jaspes rouges et noirs, ancien grattage de Kerambail, Plouroc'h (22).

Les métadolérites et métagabbros de cette formation sont essentiellement présents dans la forêt de Beffou, où ils apparaissent sous forme de blocs sub-arrondis de taille décimétrique et plus. La roche de teinte gris-bleu, massive, très dure, présente un grain fin-moyen. Aucun indice macroscopique de minéral fibreux n'a été observé dans ces roches.

Les dolérites et métadolérites de la Formation de Lostenvern (carte Gourin ; Le Gall et al., 1992) constituent un complexe filonien à dominante doléritique associé à des faciès volcanoclastiques fins (shales, tuffs, tuffites, cinérites) et recoupé par de rares sills de microdiorites quartziques. Les dolérites et métadolérites affleurent peu mais donnent dans les champs de nombreuses pierres volantes pluri-centimétriques et d'assez fréquentes boules décimétriques et pluri-décimétriques. La roche, de teinte vert ou gris-vert, présente un grain fin à fin/moyen et est généralement grossièrement foliée. Aucun indice de minéral fibreux n'a été observé macroscopiquement ;

- *le gabbro du Massif de Saint-Jean-du-Doigt et les gabbros et diorites du Massif de Ploumanac'h*

Le Massif de Saint-Jean-du-Doigt constitue la principale entité du complexe volcano-plutonique du Petit-Trégor ; il est essentiellement composé de faciès gabbroïques variés et montre localement une association intime avec des faciès granitiques. Le faciès le plus fréquent du gabbro correspond à une roche vert sombre à grain moyen/fin, massif, qui affleure remarquablement en bordure de côte. Les variations de granulométrie sont fréquentes, mais aucun indice de minéral fibreux n'a été observé.



Illustration 87 : Gabbro de Saint-Jean-du-Doigt, massif, grain moyen-fin, plage de Plougasnou - Saint-Jean-du-Doigt.



Illustration 88 : Gabbro de Saint-Jean-du-Doigt associé à des diorites et recoupé par des filons de granites, plage de Milin-Izella, Moulin de Trobodec (29).

Les roches basiques enclavées au cœur du Massif granitique de Ploumanac'h, notamment à Trégastel (Carte Perros-Guirrec), sont constituées principalement de gabbros et localement de gabbro-norite à grain fin/moyen montrant une texture fluidale soulignée notamment par des baguettes de hornblende verte. Aucun indice de minéral fibreux n'a été identifié dans ces roches basiques.

Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltées, gabbros et diorites du Domaine varisque du Pays de Léon

La Formation de Lesneven est essentiellement constituée de paragneiss et d'orthogneiss, intimement associés, au sein desquels sont enclavées de fréquentes lentilles d'amphibolites et, dans une moindre mesure, d'amphibolites éclogitiques et de pyroxénites (cartes St Pol-de-Léon : Chauris et *al.*, 1998 ; Landerneau : Darboux et *al.*, 2010 ; Plabennec : Outin et *al.*, 2000). Aucun minéral fibreux n'est actuellement décrit dans ces différentes roches.

Les diorites migmatitiques de Portsall affleurent localement sur l'estran, où elles sont associées à des faciès de granitoïdes. Elles ont un grain moyen/grossier et apparaissent sombres et massives. Aucun indice de minéral fibreux n'y a été décelé.



Illustration 89 : Diorites migmatitiques de Portsall, estran de Porsguen, Portsall (29).

Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltes, gabbros et diorites du Domaine varisque médio-armoricain oriental

Le Domaine varisque médio-armoricain oriental ne montre que peu de roches basiques. Lorsque présentes, tel dans l'Unité de Laval, elles sont associées aux séries sédimentaires du Carbonifère, la Formation de l'Huisserie, et correspondent principalement des basaltes spilitiques ou à des trachy-andésites. Aucun indice minéral fibreux n'est signalé dans ces faciès basiques.

Amphibolites, métagabbros, metabasaltes, métadolérites basaltes, gabbros et diorites des Domaines cadomiens nord-breton et normando-breton

Les domaines cadomiens comportent quelques entités basiques de grande extension tel le Massif de diorites et gabbros de Saint-Quay-Portrieux, le Massif de gabbro-diorites de Coëtmieux-Fort-la-Latte, le Massif de gabbro de Trégomar et le Massif de la Diorite de Neau.

Les gabbros-diorites du massif de Saint-Quay-Portrieux sont massifs ; cependant, localement, tel sur le port de Saint-Quay, ils présentent parfois de petites fractures tapissées de minéraux d'aspect aciculaire, fins à fibreux (Illustration 90 à Illustration 92).



Illustration 90 : Gabbro-diorite de Saint-Quay-Portrieux, d'aspect massif, localement recoupé par des plans de fractures.



Illustration 91 : Vue de détail d'une fracture recoupant le gabbro-diorite, tapissée de minéraux d'aspect aciculaire à fibreux.

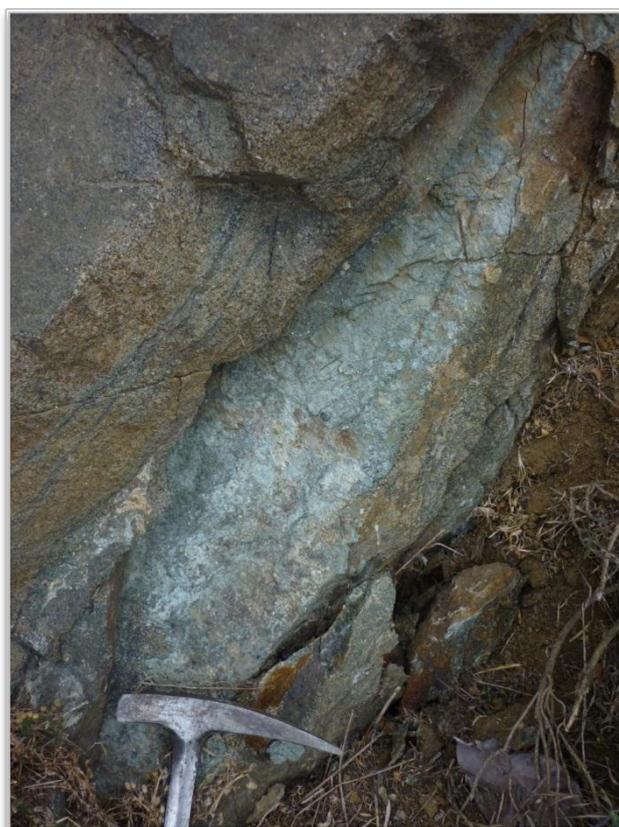


Illustration 92 : Vue d'un plan de fracture tapissé de minéraux d'aspect aciculaire à fibreux (gabbro-diorite de Saint-Quay-Portrieux).

Les volcanites de la Formation des schistes et calcaires de l'Unité du Maine ont aussi une grande extension ; cependant il s'agit principalement de volcanisme acide et les andésites et les trachy-andésites associées ne sont pas très développées.

Ces domaines comportent aussi des formations de roches basiques de dimensions restreintes, telles les basaltes de la Formation de Callac et des gabbros, en filons ou en petits pointements.

Dans ces différentes occurrences aucun indice de minéral fibreux n'a été ni décelé, ni signalé dans la bibliographie.

Dolérites et métadolérites en filons, tous domaines

Le Massif armoricain est recoupé par des champs filoniens de dolérites, champs qui sont particulièrement importants dans l'Unité du Trégor où ces filons sont orientés ENE-WSW, dans les unités de Guingamp et de Saint-Malo où ils sont orientés N-S et dans l'Unité de Fougères et le Batholite mancelien où leur orientation varie de NNW-SSE à NNE-SSW. D'après les données bibliographiques aucun minéral fibreux n'y est signalé.

3.5. ANALYSES PÉTROGRAPHIQUES AU MICROSCOPE POLARISANT ET À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE

Les échantillons prélevés dans les différentes formations sélectionnées à la suite des analyses thématiques et multicritères ont été systématiquement observés au microscope polarisant. Ainsi, 268 lames minces ont été réalisées et étudiées, afin de déterminer si la minéralogie des roches sélectionnées comportait des minéraux potentiellement asbestiformes et si oui dans quelles proportions. De plus, dans certains cas, il a été tenté de préciser la nature chimique de certains minéraux fibreux observés au microscope, grâce à la microsonde électronique.

3.5.1. Les formations d'aléa prévisionnel « Fort à très fort »

Les serpentinites et péridotites

L'étude pétrographique des serpentinites a été effectuée sur les échantillons prélevés lors des investigations de terrain. La plus importante occurrence de ces ultrabasites appartient à la formation de Ty-lann (Complexe de la baie d'Audierne) ; cependant elles forment aussi des entités d'extension non négligeable dans l'Unité de Paimboeuf-Montaigu, dans le Complexe des Essarts alors que par ailleurs, dans les Unités du Pouldu, de Groix - Bois-de-Céné, du Bassin de Châteaulin et d'Yffiniac - Belle-isle-en-Terre, elles se limitent à de petites lentilles.

Les serpentinites de Ty-Lann sont essentiellement constituées d'antigorite (et probablement lizardite) à texture maillée qui emballe des reliques de blastes d'olivine et d'orthopyroxène, enveloppées de couronnes réactionnelles comportant parfois de la trémolite incolore, sub-fibreuse.

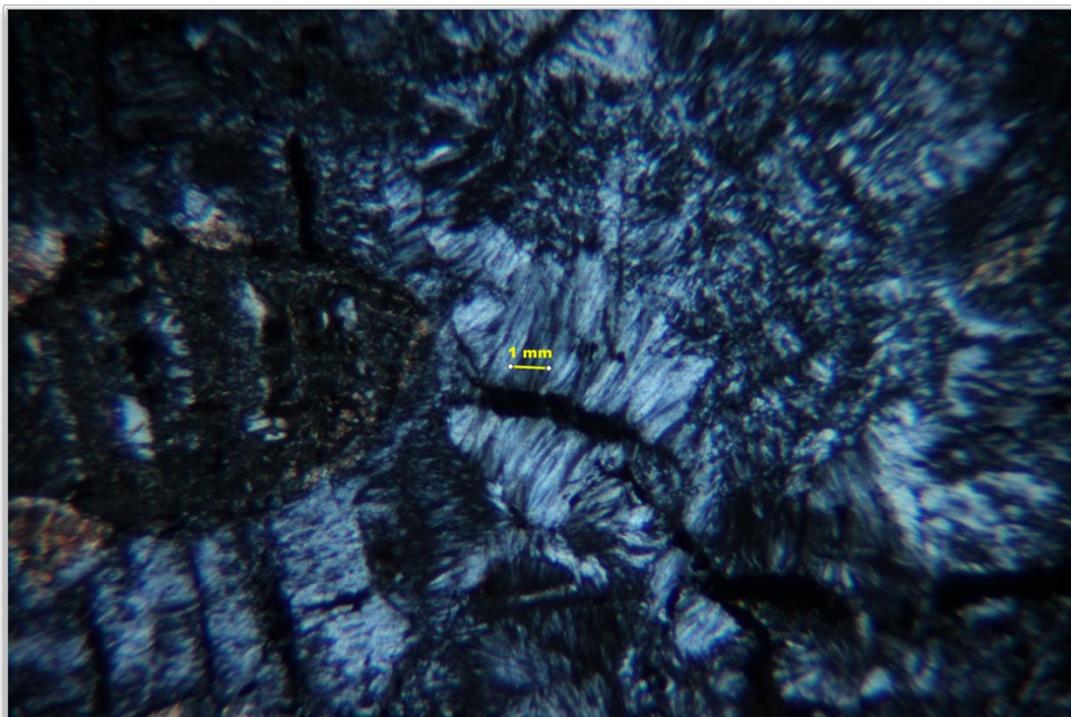


Illustration 93 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), de la texture maillée à antigorite et lizardite (site 29FB003B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann Complexe de la Baie d'Audierne).

Cette matrice et les blastes reliques d'olivine sont assez fréquemment recoupés par de minces fractures de 0,5 à 2 mm de puissance comblées de chrysotile fibreux (Illustration 94 à Illustration 97).

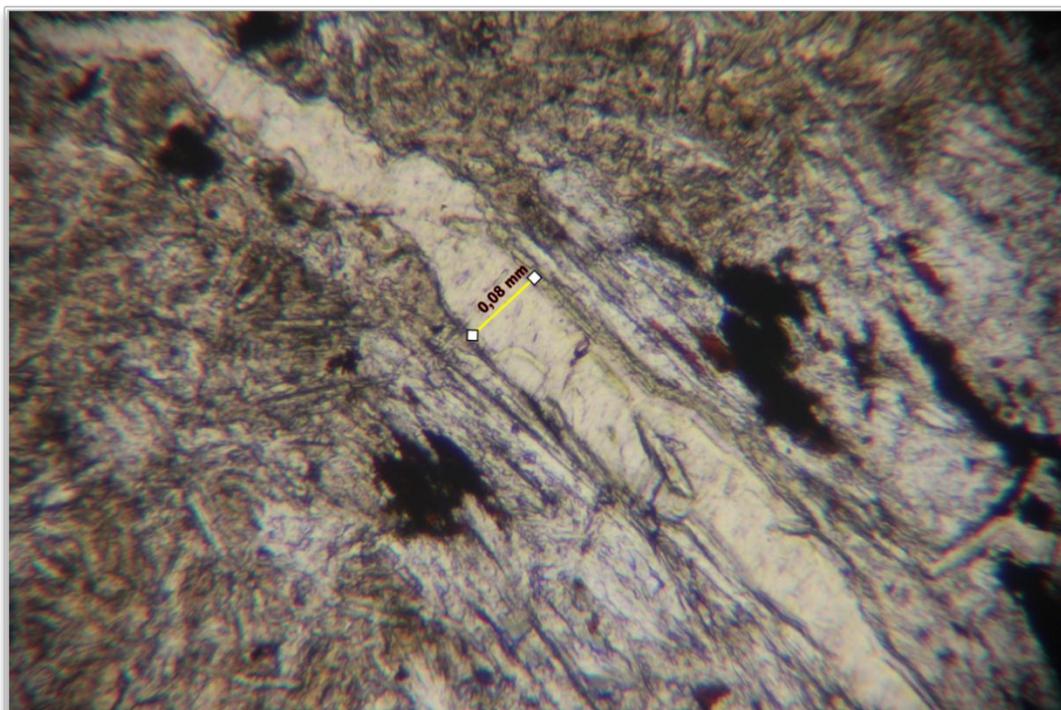


Illustration 94 : Vue au microscope polarisant, en lumière naturelle (objectif x 10), d'une fracture recoupant la matrice à dominante d'antigorite et remplie de chrysotile fibreux (site 29FB006B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).

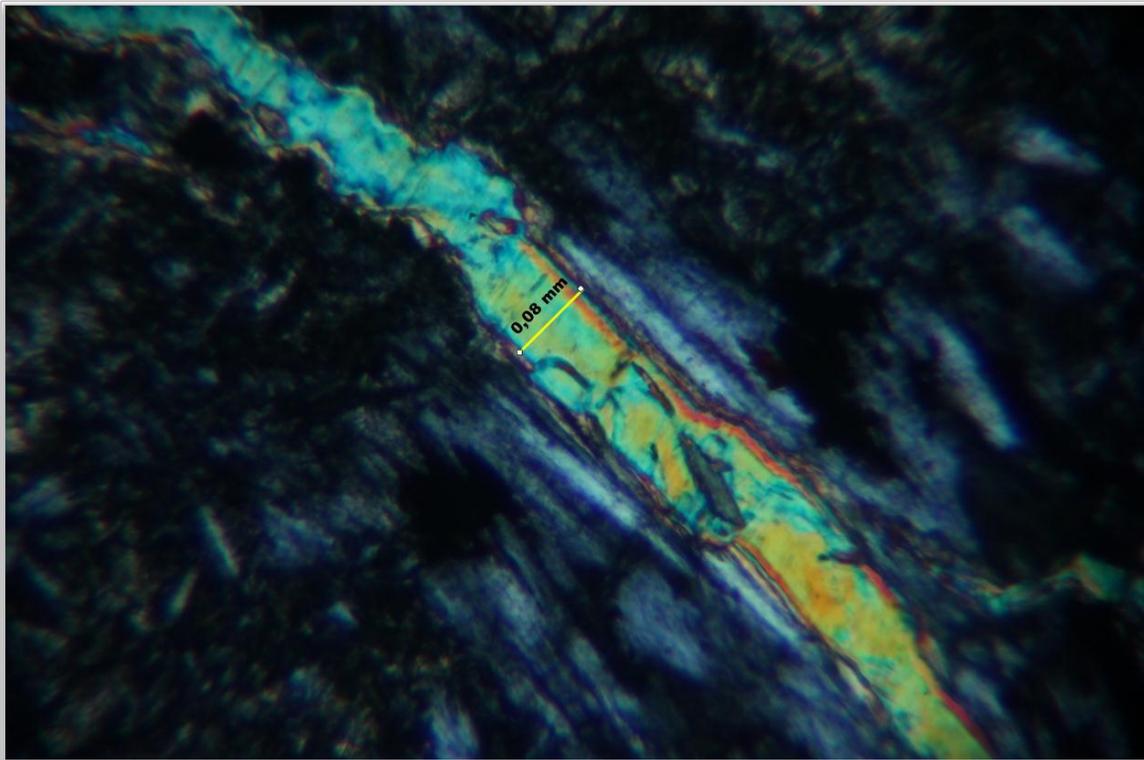


Illustration 95 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 10), d'une veine recoupant la matrice à dominante d'antigorite et remplie de chrysotile fibreux (29FB006-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).

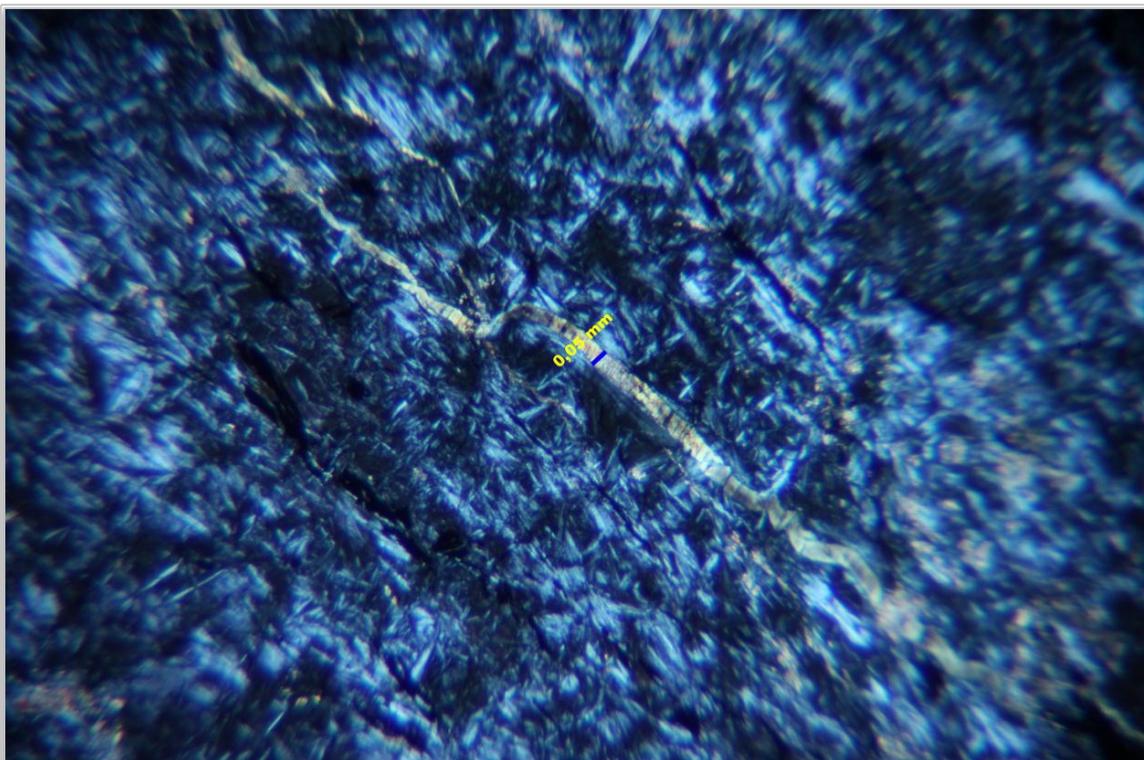


Illustration 96 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), montrant la texture maillée à antigorite-lizardite, recoupée par une fracture à remplissage de chrysotile (29FB007-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierne).

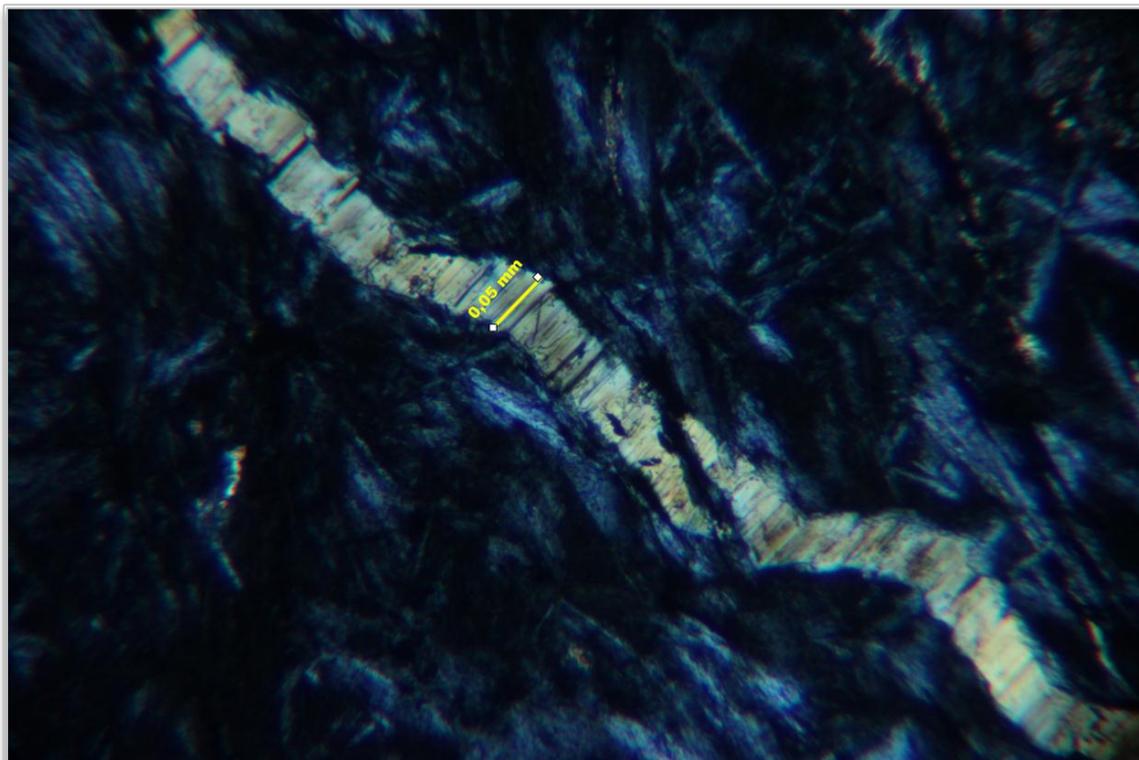


Illustration 97 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, soulignant l'aspect fibreux du chrysotile disposé dans la veine (29FB007-B, serpentinites de la Formation de Ty-Lann, Complexe de la Baie d'Audierno).

Les serpentinites de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu sont essentiellement constituées d'antigorite à texture maillée, associée à de la chlorite, des opaques (magnétite) et de rares blastes reliques de pyroxènes ; cependant, localement elles sont silicifiées et transformées en birbirites.

Les serpentinites du complexe HP des Essarts, largement étudiées dans le cadre de la cartographie de l'aléa amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) sont souvent entièrement silicifiées et transformées en birbirites ; la matrice de ces dernières est constituée de quartz et calcédoine avec de rares reliques d'antigorite.

De même les serpentinites de l'Unité Groix - Bois-de-Céné étudiées dans le cadre de la cartographie de l'aléa amiante environnemental en Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010) sont essentiellement constituées d'antigorite associée à des spinelles et divers oxydes. Cependant des fractures assez fréquentes et dont la puissance peut être centimétrique, recoupent cette matrice et sont comblées de fibres de chrysotile

Enfin, pour mémoire, les serpentinites de la région nantaise, Orgeraie, Butte de la Roche, Butte de Sem, La Brosse (Béchenec et *al.*, 2010) forment aussi des occurrences assez conséquentes et sont notamment caractérisées par la présence de chrysotile dans de fréquentes fractures.

Les serpentinites en lentilles dans l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre ont des paragenèses comparables à celles de la Formation de Ty-Lann ; elles montrent, en effet, une matrice à texture maillée, essentiellement constituée d'antigorite, emballant quelques blastes reliques d'amphibole et des opaques ; cette matrice et les blastes

reliques sont recoupés par des microfractures scellées de chrysotile fibreux (Illustration 98).

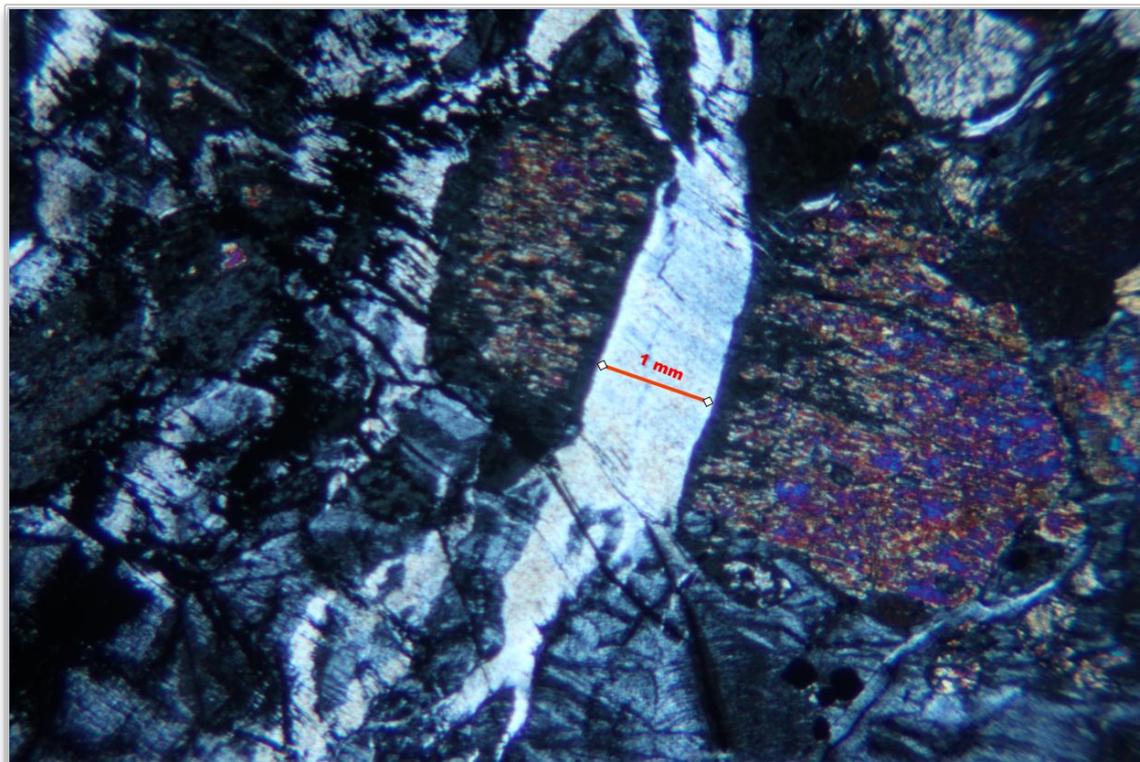


Illustration 98 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, montrant la texture maillée de la matrice à antigorite emballant un blaste relique d'amphibole, le tout recoupé par une veinule à chrysotile (22GA054-A, serpentinites en lentilles dans l'Unité d'Yffiniac – Belle-isle-en-Terre).

Les autres formations à aléa prévisionnel « Fort à très fort »

Les études en lames minces n'ont pas permis de confirmer ce statut pour les autres formations à susceptibilité forte à très forte, tels qu'identifiées à la suite de l'analyse multicritère tant dans les domaines varisques sud-armoricain, nantais, médio-armoricain occidental, du pays de Léon, que dans les domaines cadomiens nord-breton et normando-breton (amphibolites de l'Unité de Peumerit ; glaucophanites de la Formation de L'île-de-Groix ; amphibolites de la Formation de L'île-de-Groix ; amphibolites de la Formation de Drain ; amphibolites du Massif de Barnenez-Plestin ; metabasaltes, amphibolites et dolérites de la Formation de Kerroc'h ; amphibolites et métagabbros de l'Unité d'Yffiniac-Belle-Isle-en-Terre ; amphibolites en enclaves de la Formation de Lanvollon-Erquy ; gabbro du massif de St-Alban). En effet, les lithologies concernées, montrent uniquement des paragenèses à hornblende verte ou brune, parfois associées à de l'actinolite et plus rarement à de la trémolite incolore ; mais ces minéraux ne présentent que rarement un aspect aciculaire et jamais un aspect fibreux.

Cependant, les amphibolites à grenat de l'Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre, sont recoupées localement, tel dans la carrière du Moulin-de-la-Roche (commune de Calanhel), par des filons basiques qui montrent des fissures de tensions et sur leurs épontes des fractures et des plaquages de trémolite fibreuse (*cf. supra* § 3.2.2.4). L'observation en lames minces montre que la présence de trémolite fibreuse semble conditionnée à la présence des filons basiques recoupant les amphibolites ; en effet,

seuls les échantillons prélevés à proximité de ces filons montrent ce type de paragenèse (cf. lames 22GA65-A, -B).

Enfin les amphibolites de la Formation de Drain (Unité des Mauges, Domaine varisque nantais) demeurent susceptibles de présenter de tels habitus. En effet, bien que lors de cette dernière étude, aucune observation de ce type n'y a été faite, il n'en demeure pas moins que la présence d'amphibole fibreuse y a été détectée lors de l'étude consacrée au département de Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010).

3.5.2. Les formations à susceptibilité moyenne

L'observation macroscopique des formations à susceptibilité moyenne n'a guère permis d'identifier d'habitats de minéraux fibreux dans les différentes entités répertoriées.

L'observation en lames minces des échantillons prélevés confirme cette absence. En effet, les différentes roches basiques observées montrent des paragenèses à hornblende verte et/ou actinolite et parfois à trémolite nettement subordonnée, mais ces minéraux ne semblent pas se présenter sous une morphologie asbestiforme, au plus sont-ils aciculaires.

3.5.3. Les formations à aléa prévisionnel « Faible »

L'observation macroscopique des formations à faible-moyenne susceptibilité n'a guère permis de détecter de minéraux fibreux dans les différentes unités et formations ainsi répertoriées. Cependant la présence d'amphibole d'aspect fibreux a été notée ponctuellement dans de minces fractures affectant d'une part le gabbro-diorite du Massif de Saint-Quay-Portrieux (Domaine cadomien nord-breton) et d'autre part les metabasaltes de la Formation de la Meilleraie (Domaine varisque sud-armoricain).

L'observation microscopique en lames minces des échantillons prélevés confirme cette conclusion, les paragenèses de ces roches montrant des amphiboles de type hornblende verte ou brune et ou à actinolite, mais jamais sous un habitus asbestiforme.

Par contre, dans deux des lames réalisées dans des échantillons prélevés dans le gabbro-diorite du massif de Saint-Quay-Portrieux, la présence d'amphibole, trémolite et actinolite, à habitus sub-fibreux est avérée (22GA065-A, -B).

De même, une lame mince réalisée dans le basalte de la Formation de la Meilleraie (85FB001-A) confirme la présence de petites veines comblées de trémolite fibreuse disposée perpendiculairement aux épontes (Illustration 99 à Illustration 101).

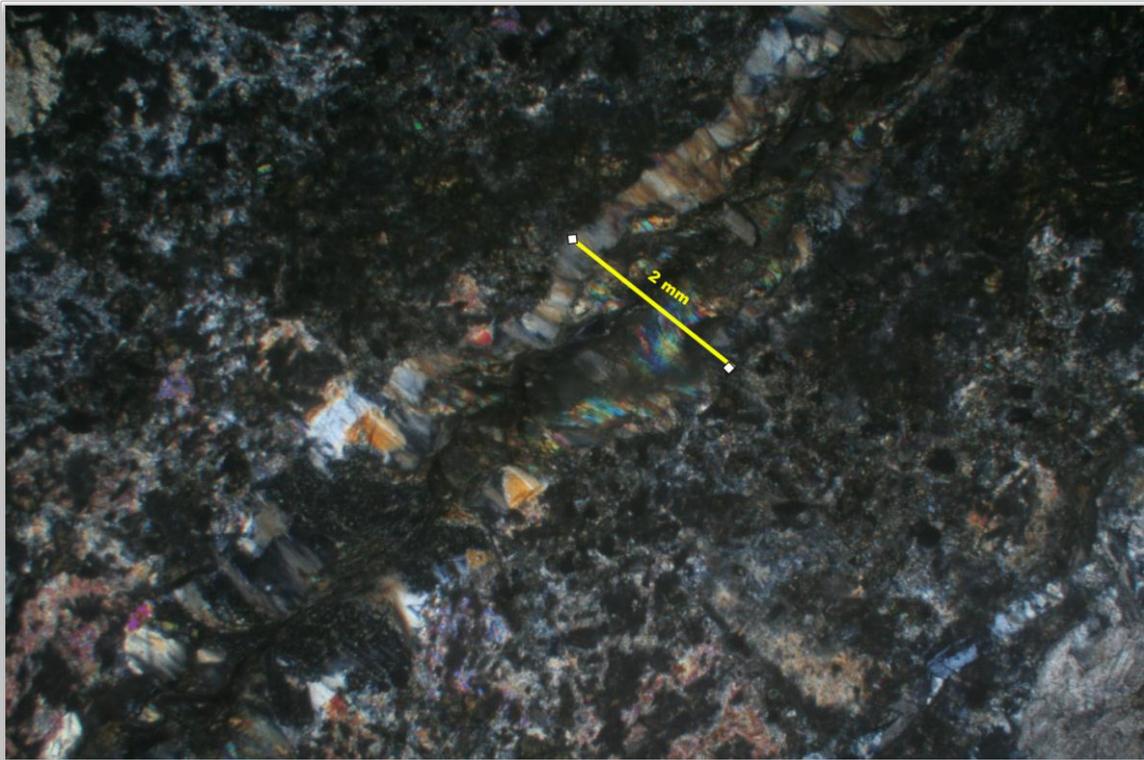


Illustration 99 : Vue au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée (objectif x 2), d'une veine millimétrique recoupant la matrice du métabasalte de la Formation de la Meilleraie, et tapissée de trémolite fibreuse disposée perpendiculairement aux épontes (85FB001A).

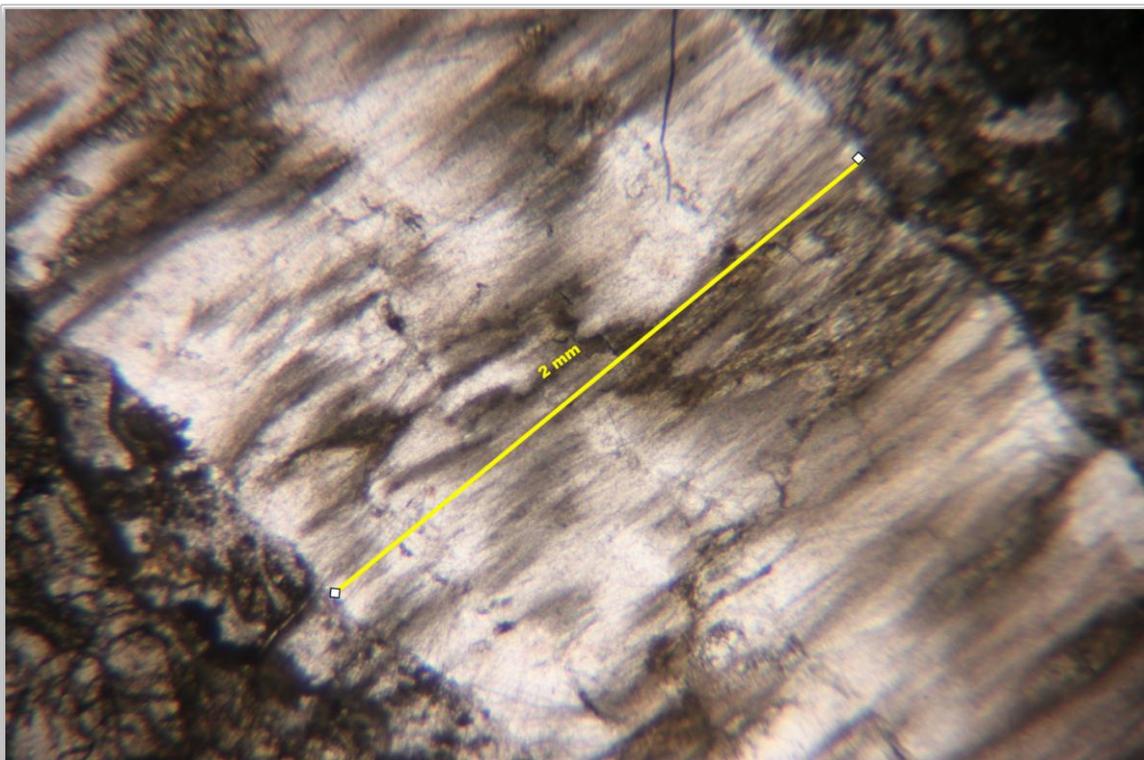


Illustration 100 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière naturelle, du remplissage par de la trémolite fibreuse, d'une veine millimétrique qui recoupe la matrice du métabasalte de la Formation de la Meilleraie (85FB001A).

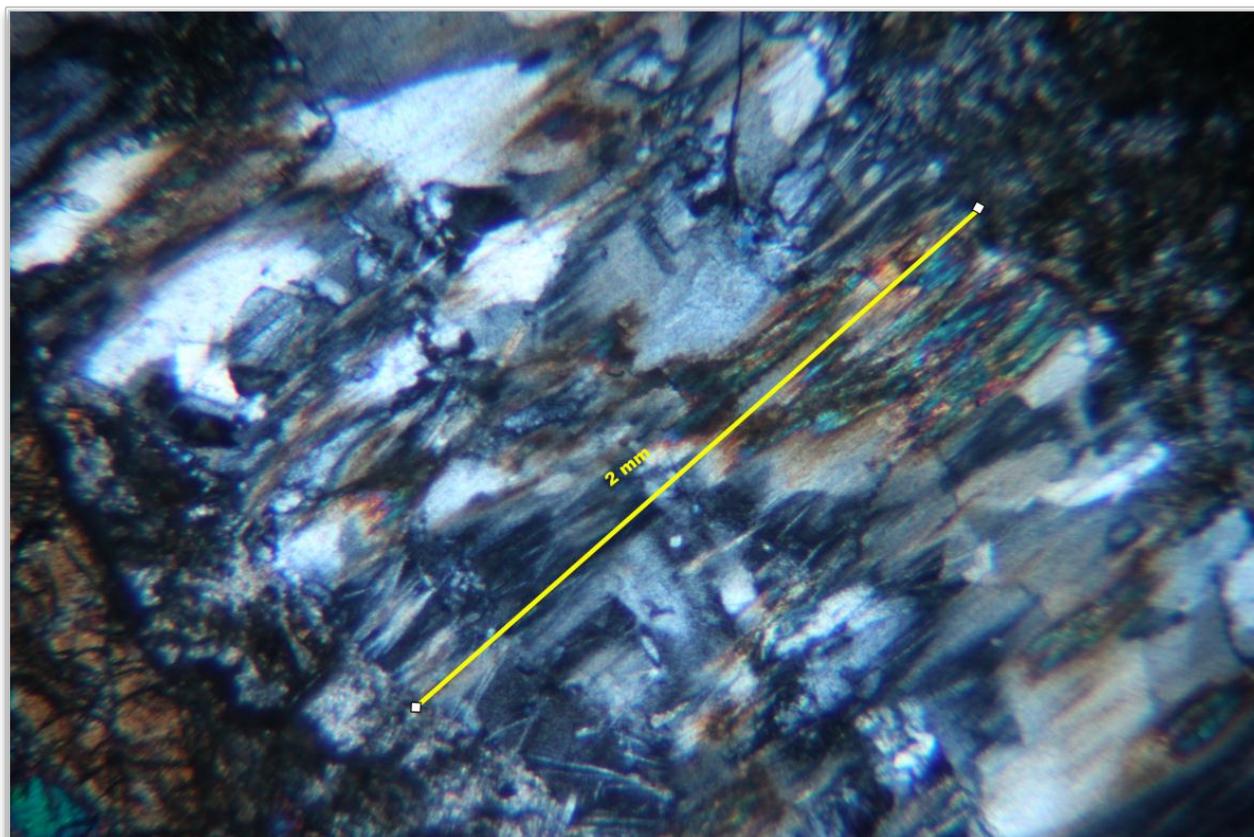


Illustration 101 : Vue de détail (objectif x 10) au microscope polarisant, en lumière polarisée-analysée, du remplissage par de la trémolite fibreuse et accessoirement du quartz, d'une veine millimétrique qui recoupe la matrice du metabasalte de la Formation de la Meilleraie (85FB001A).

4. Établissement des cartes d'aléas

4.1. DÉTERMINATION DES ALÉAS CONSOLIDÉS

4.1.1. Les formations d'aléa « Fort à très fort »

Suite aux investigations de terrain et aux analyses pétrographiques, seules les formations de serpentinites identifiées lors de la phase 1 par l'analyse multicritère comme ayant un aléa prévisionnel « Fort à très fort », sont confirmées dans ce statut et appartiennent donc, au final, à la classe d'aléa consolidé 4 (forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères). Cette catégorie comprend :

- les serpentinites du Domaine varisque sud-armoricain avec notamment :
 - les serpentinites du Complexe de la Baie d'Audierne (Fm. de Ty-Lann), qui constituent l'une des plus grandes entités de ce type de roches dans le Massif armoricain ;
 - les serpentinites et birbirites de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu ;
 - les lentilles de serpentinites et birbirites du Complexe des Essarts ;
 - les lentilles de serpentinites de l'Unité de Groix - Bois-de-Céné ;
- les petites lentilles de serpentinites du Domaine varisque nantais ;
- les lentilles de serpentinites du Domaine varisque médio-occidental (Fm. de Lohuec, Unité de Châteaulin) ;
- les lentilles de serpentinites du Domaine cadomien Nord-breton (Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en-Terre).

Dans toutes ces entités, la présence de minéraux asbestiformes de type chrysotile est avérée tant macroscopiquement que microscopiquement, et ce dans des proportions qui peuvent être importantes.

Enfin, pour mémoire, soulignons que dans le département de la Loire-Atlantique, les travaux réalisés en 2010 (Béchenec et *al.*, 2010) ont abouti à affecter à la classe d'aléa 4 non seulement les formations de serpentinites, mais aussi la Formation, essentiellement amphibolitique, de Pont-de-Barel (limite des Domaines varisques nantais et ligéro-sénaise). En effet, les amphibolites qui la constituent montrent une présence constante d'actinolite fibreuse tant dans la matrice de la roche que dans les fractures secondaires.

4.1.2. Les formations d'aléa « Faible »

Six formations ont été affectées en classe d'aléa 2 (faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères), car les observations réalisées macroscopiquement et/ou microscopiquement ont permis de noter la présence ponctuelle de minéraux à habitus fibreux. On trouve dans cette catégorie :

- les métagabbros et les amphibolites de l'Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre (Domaine cadomien nord-breton) (codes 128 à 131 ; Illustration 102). En effet, bien que ces roches ne semblent guère présenter de minéraux fibreux dans leur matrice, la présence de trémolite fibreuse y a été observée là où les conditions d'affleurement et donc d'observation sont les plus favorables, à savoir les carrières. Il convient cependant de noter que ces occurrences d'amphiboles fibreuses semblent uniquement associées à des fractures et/ou à des plans de mouvement localisés et n'affectent pas l'ensemble des volumes rocheux exploités ;
- le Massif de diorite-gabbro de Saint-Quay-Portrieux (Domaine varisque nord-breton) ; en effet, bien que la roche elle-même ne montre guère de minéraux fibreux, il a été observé localement dans ce massif, de petites fractures tapissées d'amphibole calcique fibreuse de la série actinolite-trémolite ;
- les amphibolites de la Formation de Drain (Unité des mauges, Domaine varisque nantais) et ceci bien qu'aucune amphibole fibreuse n'ait été observée lors de cette cartographie. Cependant, lors de l'étude de cette même formation dans le département de la Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010), l'observation de certains échantillons au microscope a mis en évidence la présence d'actinolite fibreuse secondaire associées à des fractures millimétriques.

4.1.3. Les formations d'aléa « Nul à très faible »

Toutes les autres formations sont affectées en classe d'aléa de niveau 1 (probabilité nulle à très faible de présence de minéraux asbestiformes). En effet, ni les reconnaissances de terrain ni les études effectuées par microscopie optique, n'ont conduit à identifier la présence d'occurrences de minéraux asbestiformes dans ces différentes formations.

Formations affectées en classes d'aléa consolidé 4 et 2			
Code formation	Formation : description lithologique	Susceptibilité	Classe d'aléa
112	Serpentinites, Fm. de Lohuec, Unité du Bassin de Châteaulin, Domaine varisque médio-armoricain occidental	Forte à très forte	4
132	Serpentinites, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en Terre, Domaine cadomien nord-breton	Forte à très forte	4
158	Serpentinites, Fm. de Ty-Lann, Complexe de la baie d'Audierne, Domaine varisque sud-armoricain	Forte à très forte	4
181	Péridotite serpentinisée, Massifs des Quatre-étalons et du Châtillonnais, Domaine varisque nantais	Forte à très forte	4
220	Serpentinites, birbirites, Unité de Paimboeuf-Montaigu, Domaine varisque sud-armoricain	Forte à très forte	4
229	Serpentinites, birbirites, Complexe des Essarts, Domaine varisque sud-armoricain	Forte à très forte	4
232	Serpentinites, Fm. du Bois-de-Céné, Unité de Groix - Bois-de-Céné, Domaine varisque sud-armoricain	Forte à très forte	4
128, 129, 130, 131	Amphibolites, amphibolites à grenats, métagabbros, Unité d'Yffiniac - Belle-Isle-en Terre, Domaine cadomien nord-breton	Forte à très forte	2
134	Diorite-gabbro, Massif de Saint-Quay-Portrieux, Domaine cadomien nord-breton	Faible	2
187	Amphibolites, Fm. de Drain, Unité des Mauge, Domaine varisque nantais	Forte à très forte	2

Illustration 102 : Récapitulatif des formations sélectionnées et échantillonnées, affectées aux classes d'aléa consolidé 4 et 2.

4.2. PRÉSENTATION DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA CONSOLIDÉ

4.2.1. Présentation générale

Le traitement des données à l'échelle du Massif armoricain a abouti à la classification des différentes formations en trois classes d'aléa consolidé. Pour illustrer cette dernière, 11 cartes départementales sont reproduites ci-après (Illustration 103 à Illustration 114).

Enfin, pour les entités d'aléa consolidé 4 les plus étendues, celle de la Formation des serpentinites de Ty-Lann et celle des serpentinites-birbirites de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu, deux cartographie de détail sont proposées ci-après (Illustration 115 ; Illustration 116).

De plus, compte tenu de l'étendue de la zone étudiée, qui correspond à l'ensemble du Massif armoricain, une version numérique des résultats cartographiques a été réalisée à partir des contours issus des différentes cartes géologiques harmonisées à 1:50 000 utilisées.

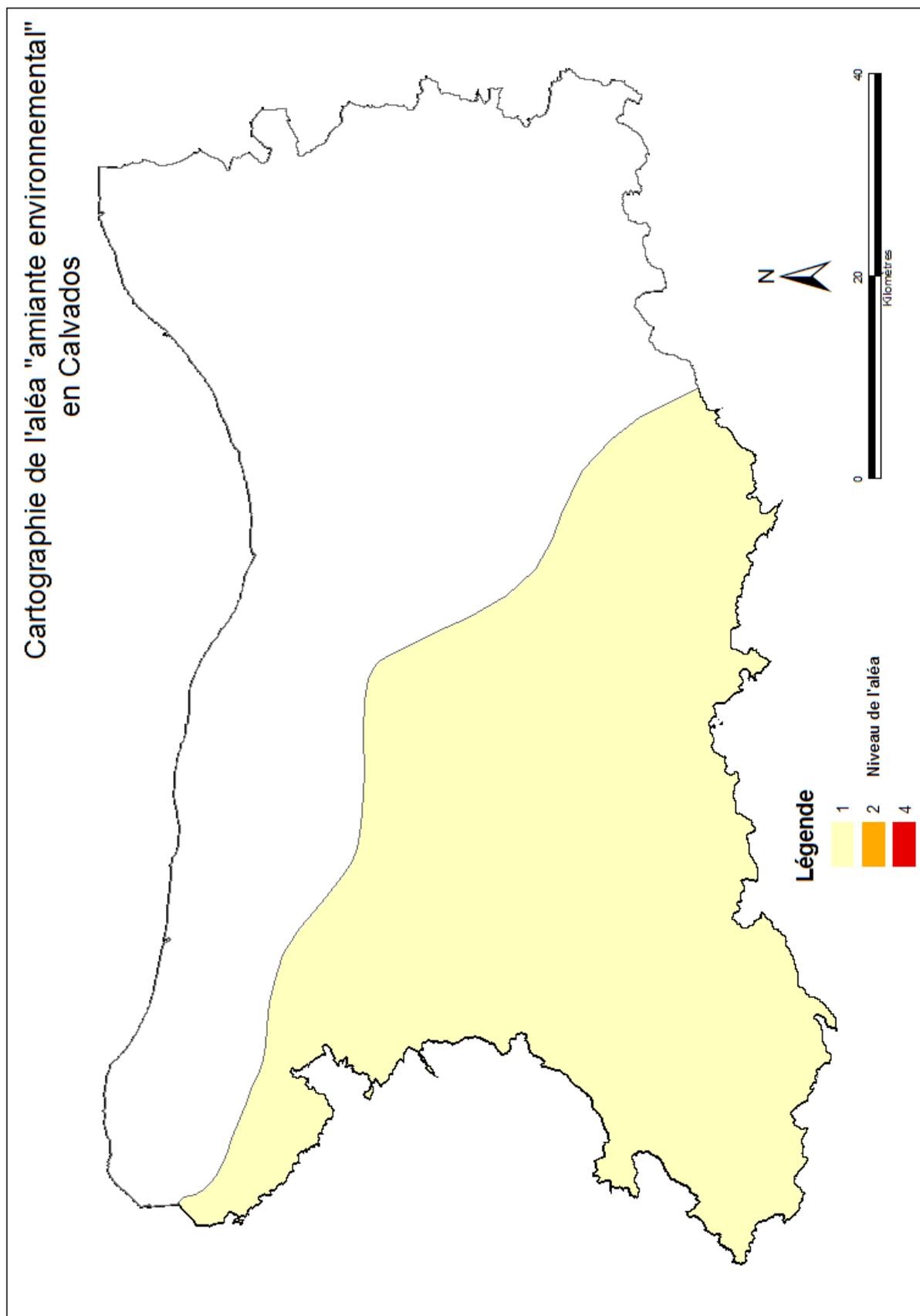


Illustration 103 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Calvados (14).

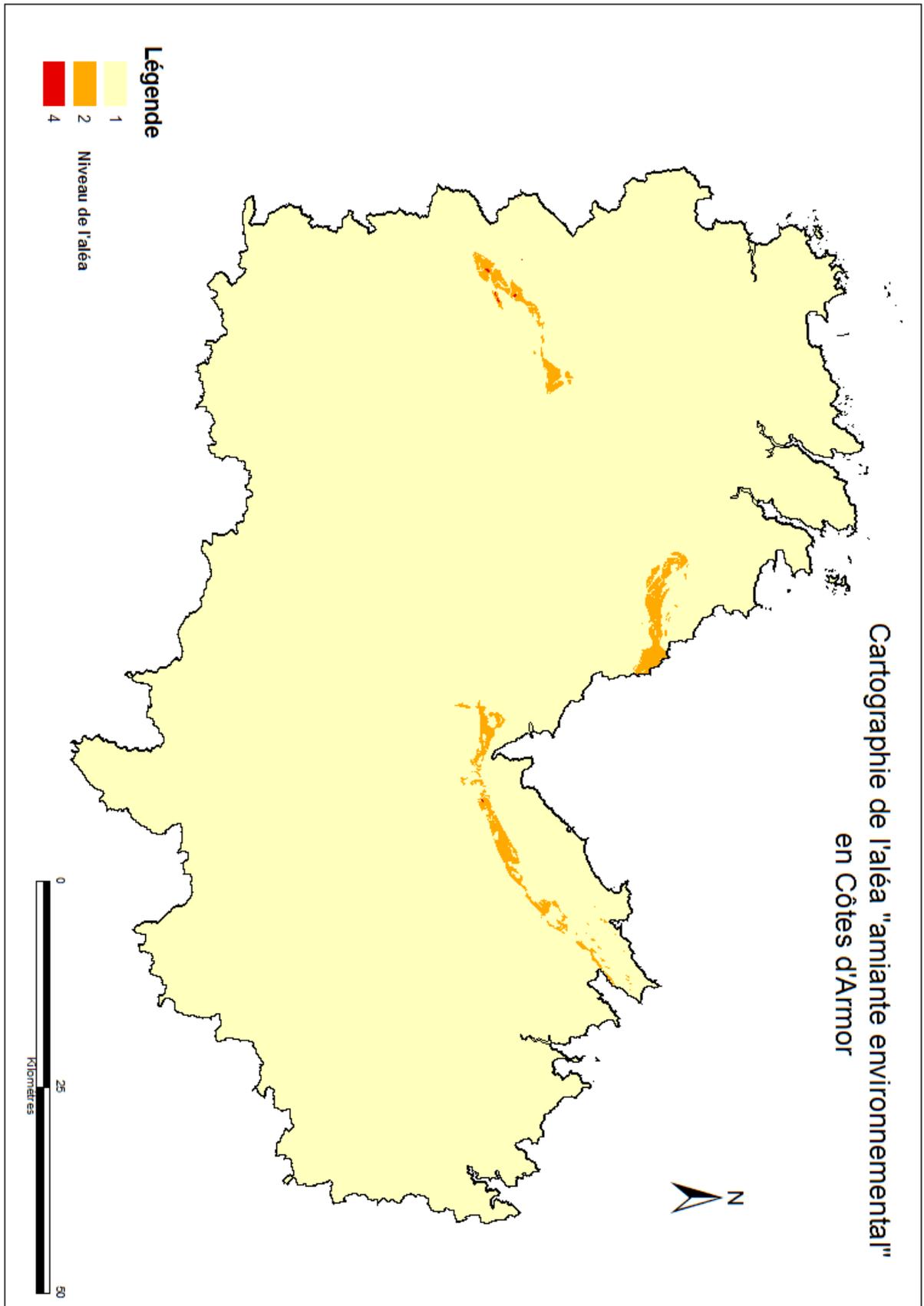


Illustration 104 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département des Côtes d'Armor (22).

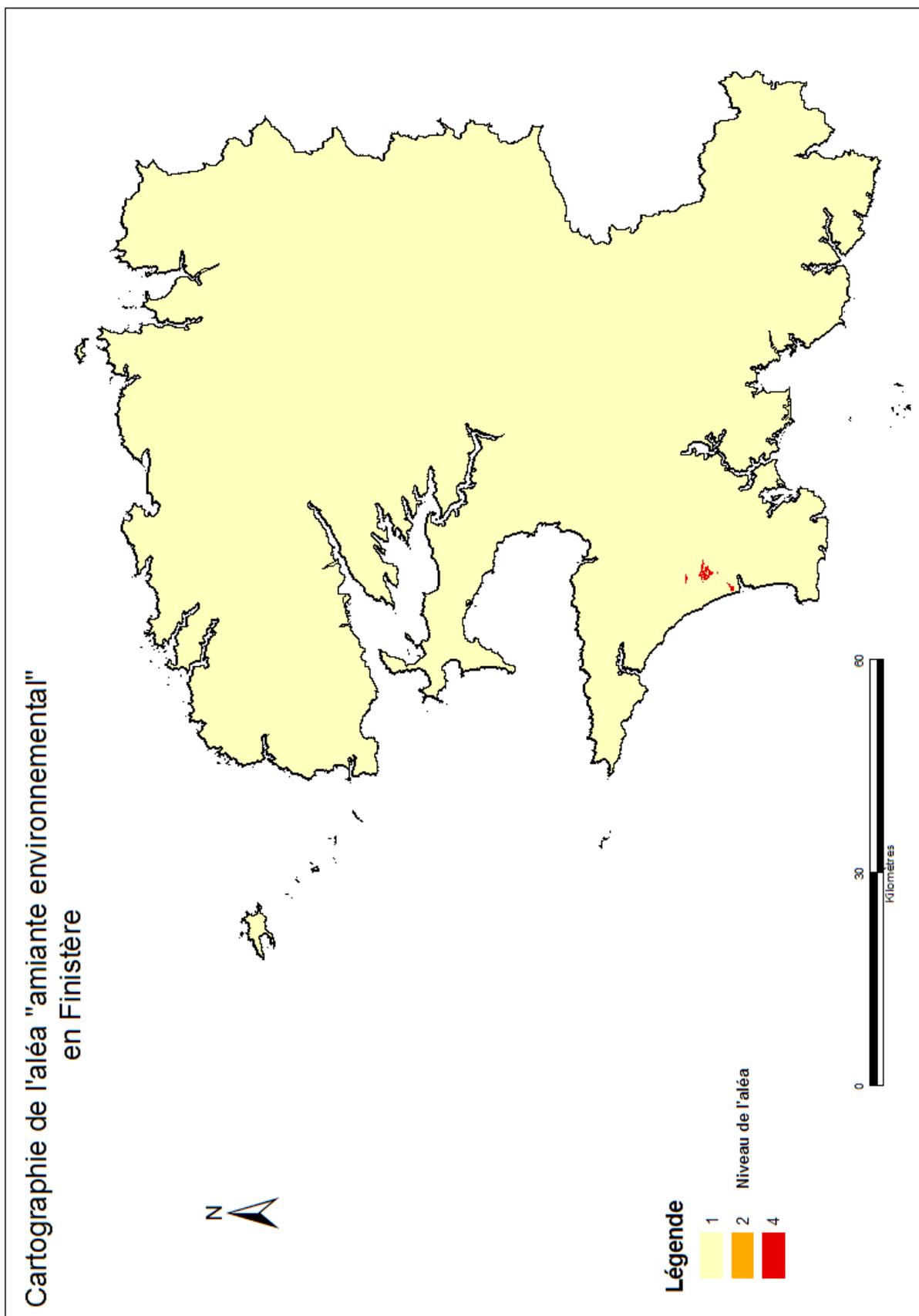


Illustration 105 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département du Finistère (29).

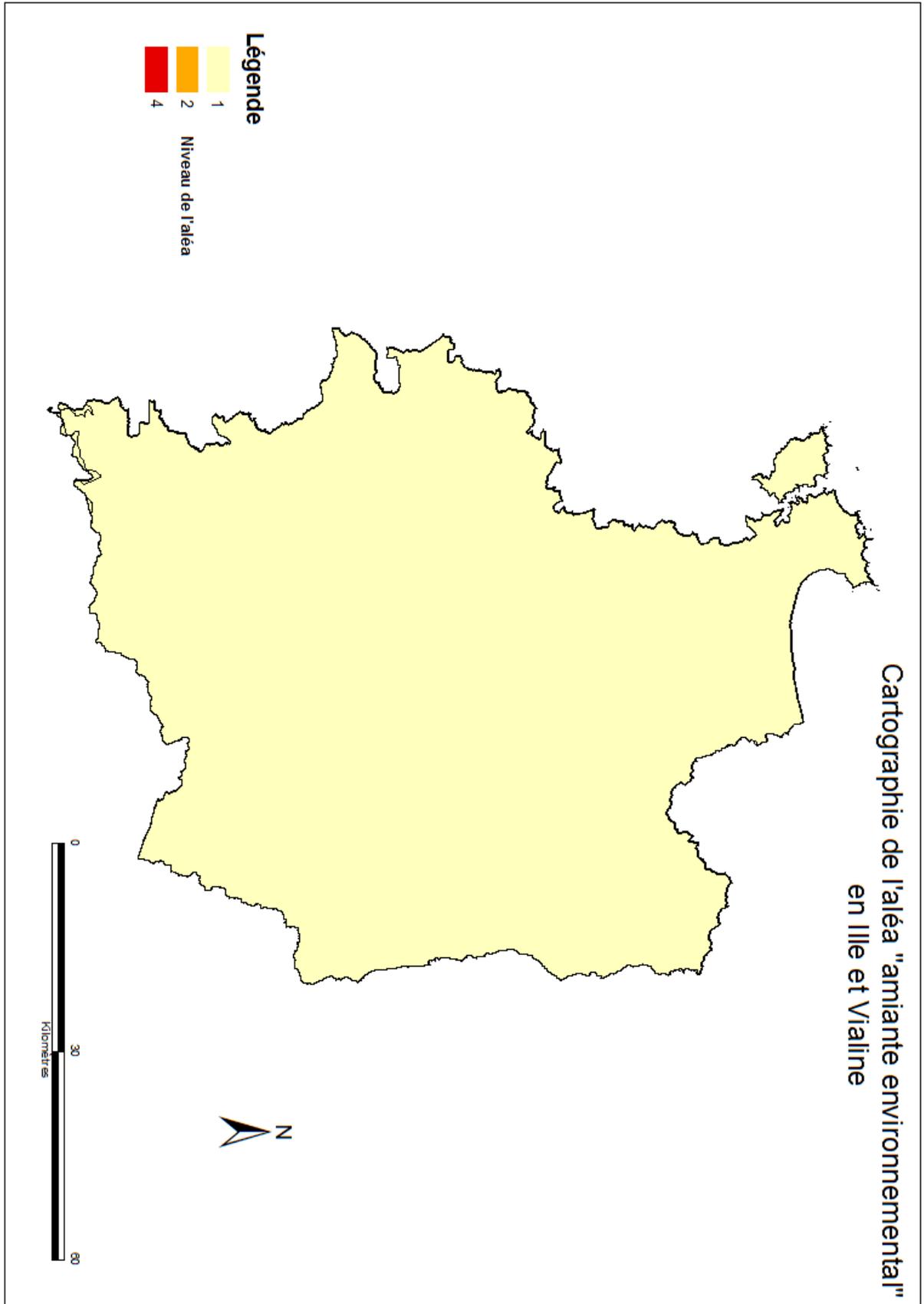


Illustration 106 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département de l'Ille et Vilaine (35).

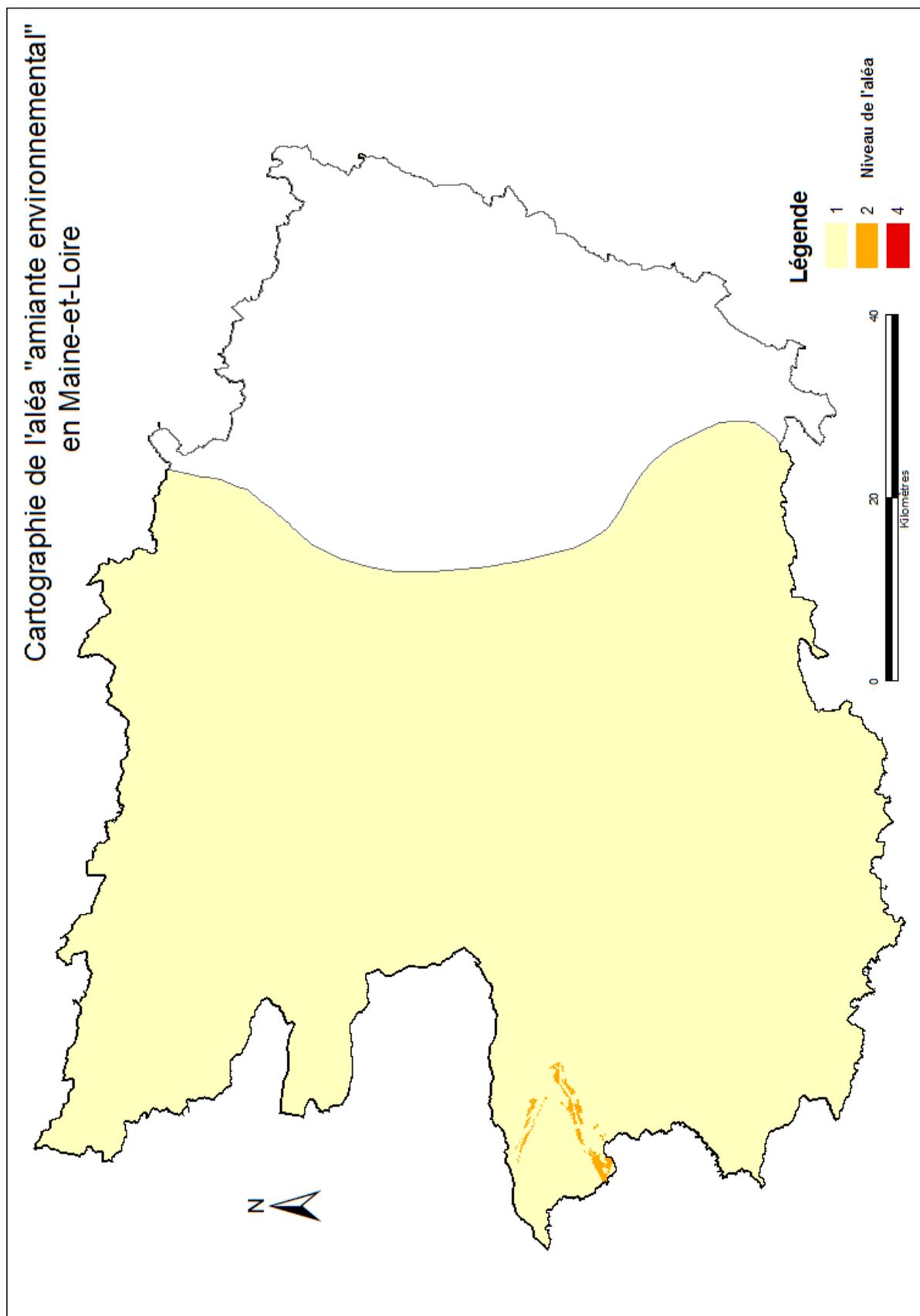


Illustration 107 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département du Maine-et-Loire (49).

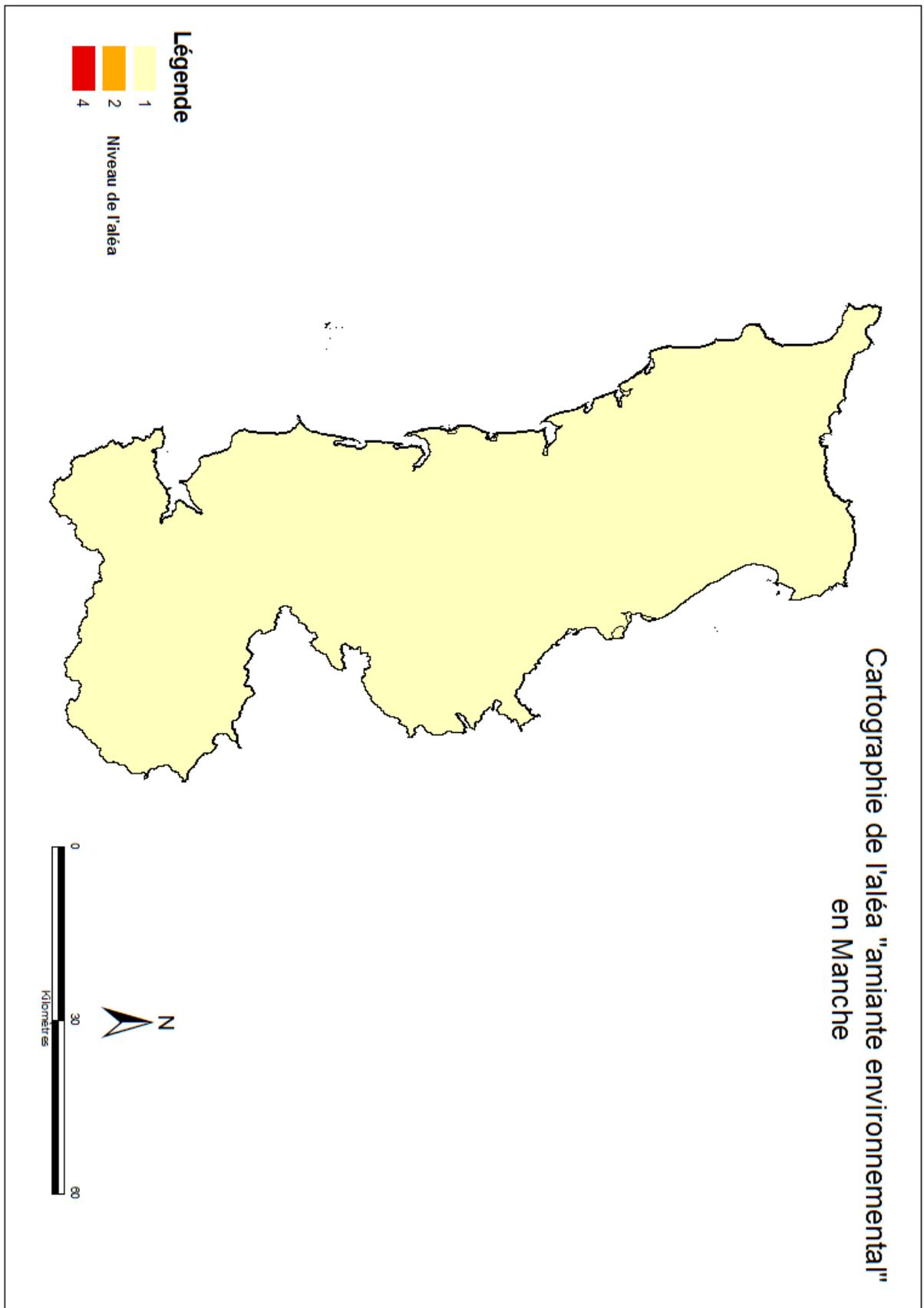


Illustration 108 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département de la Manche (50).

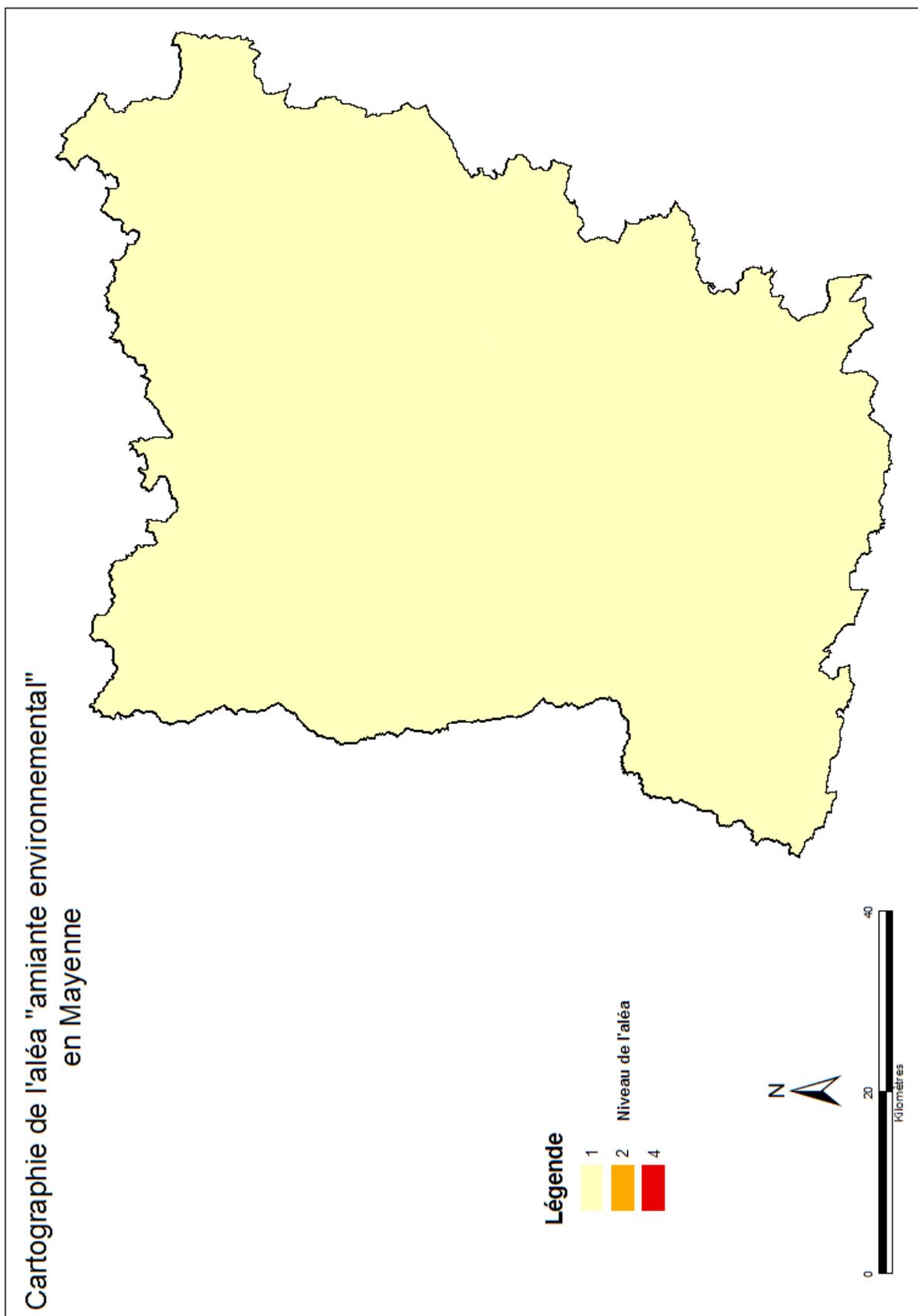


Illustration 109 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Mayenne (53).

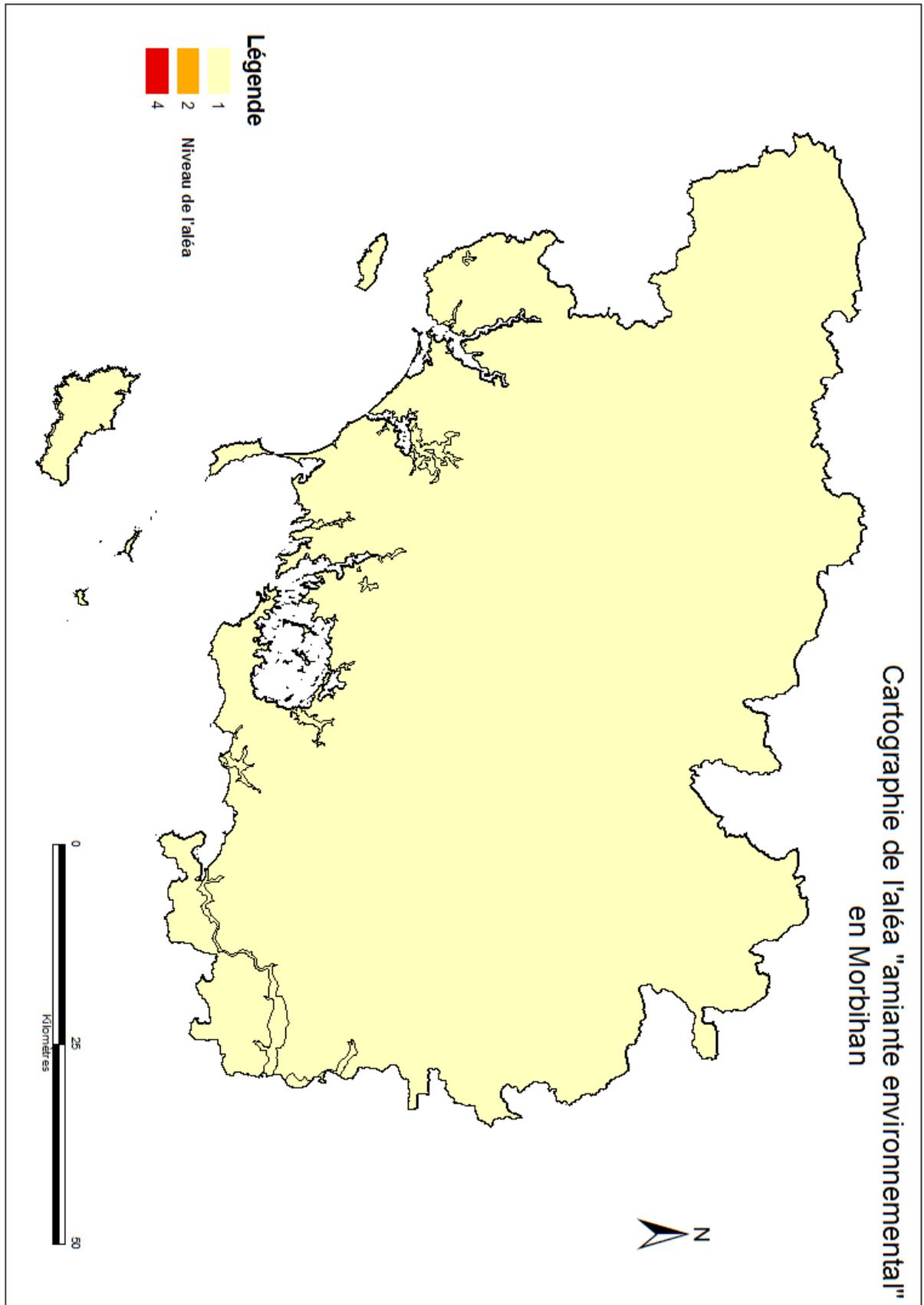


Illustration 110 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département du Morbihan (56).

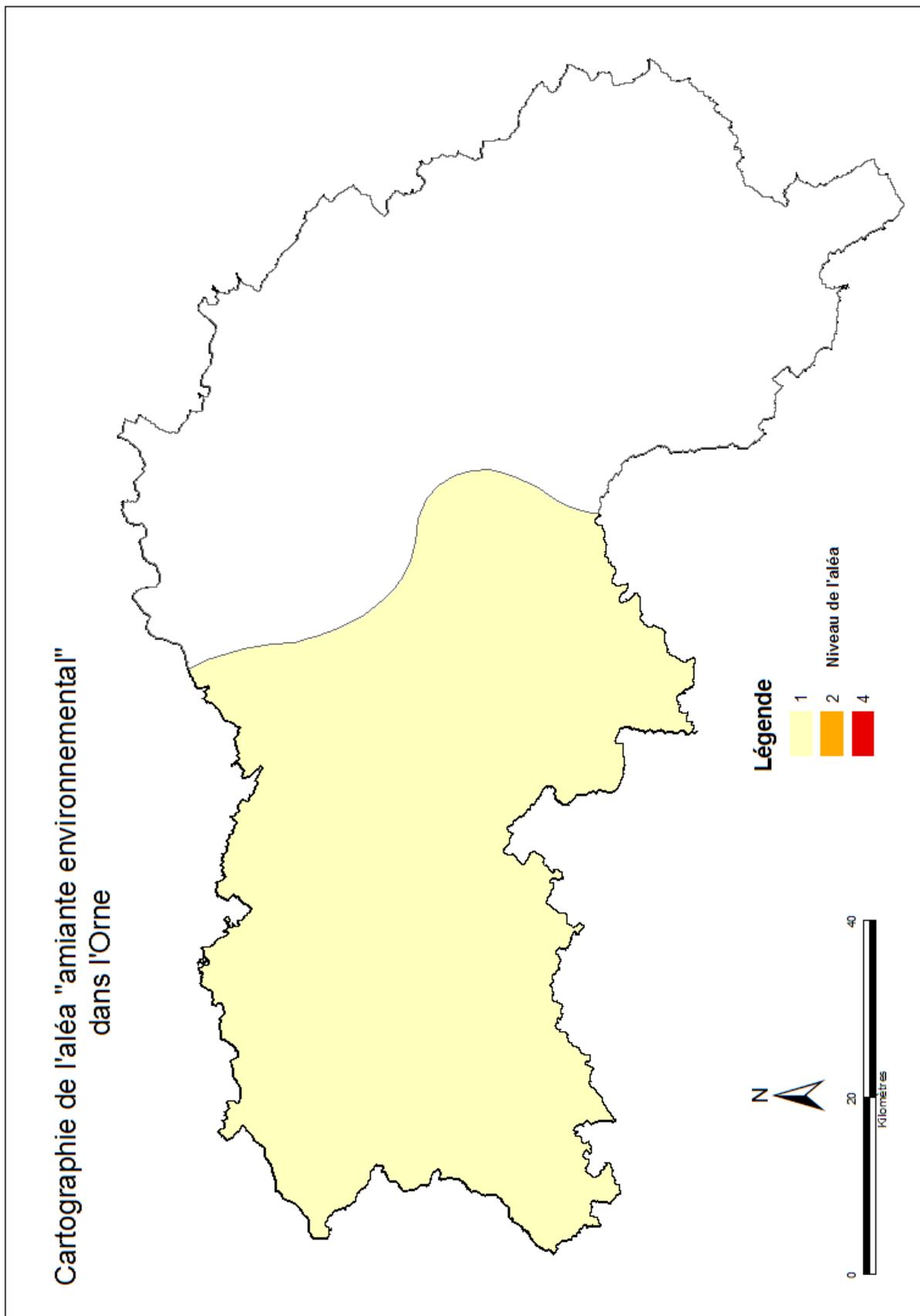


Illustration 111 : Schéma cartographique de l'aléa amiante environnemental dans le département de l'Orne (61).

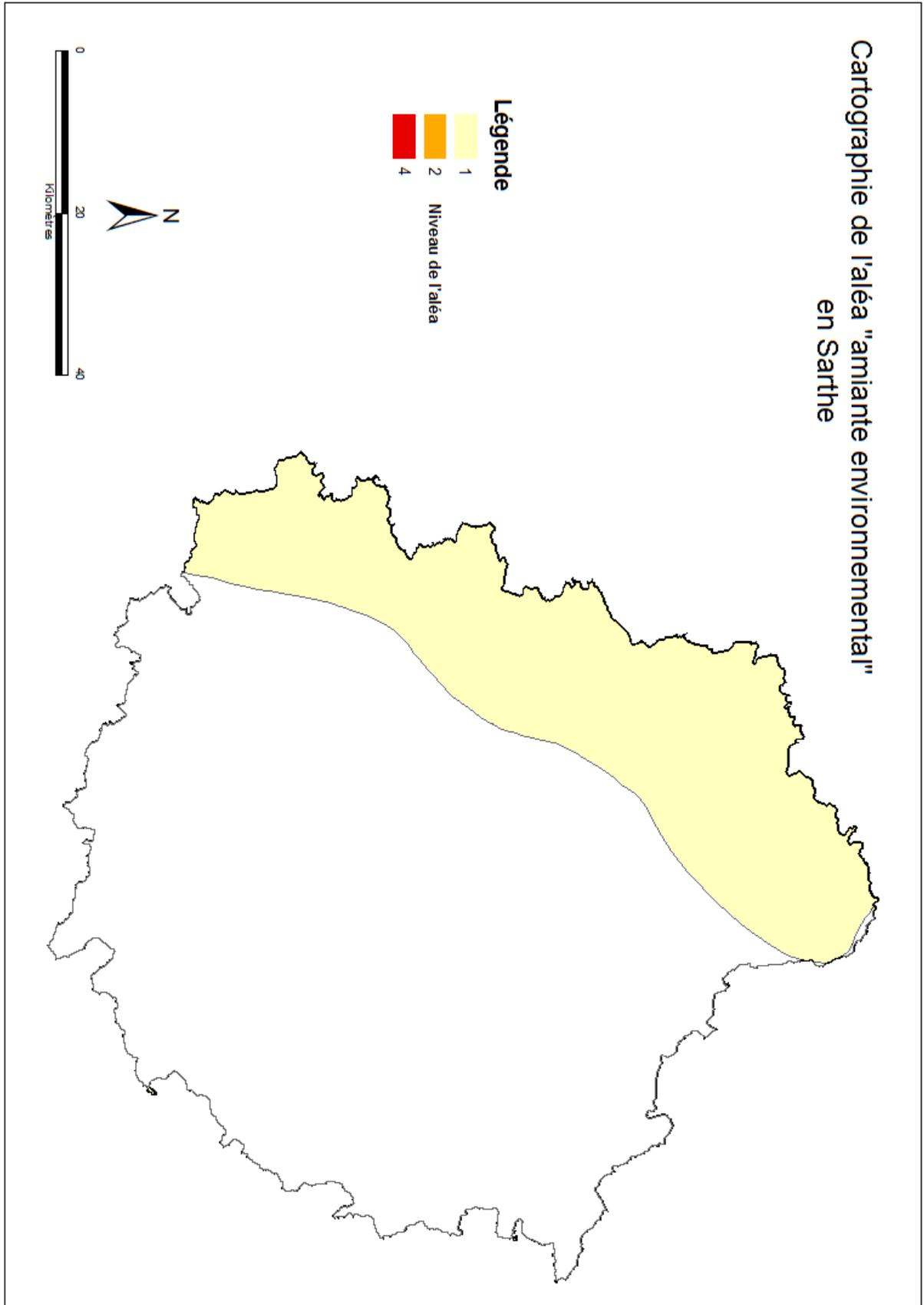


Illustration 112 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département de la Sarthe (72).

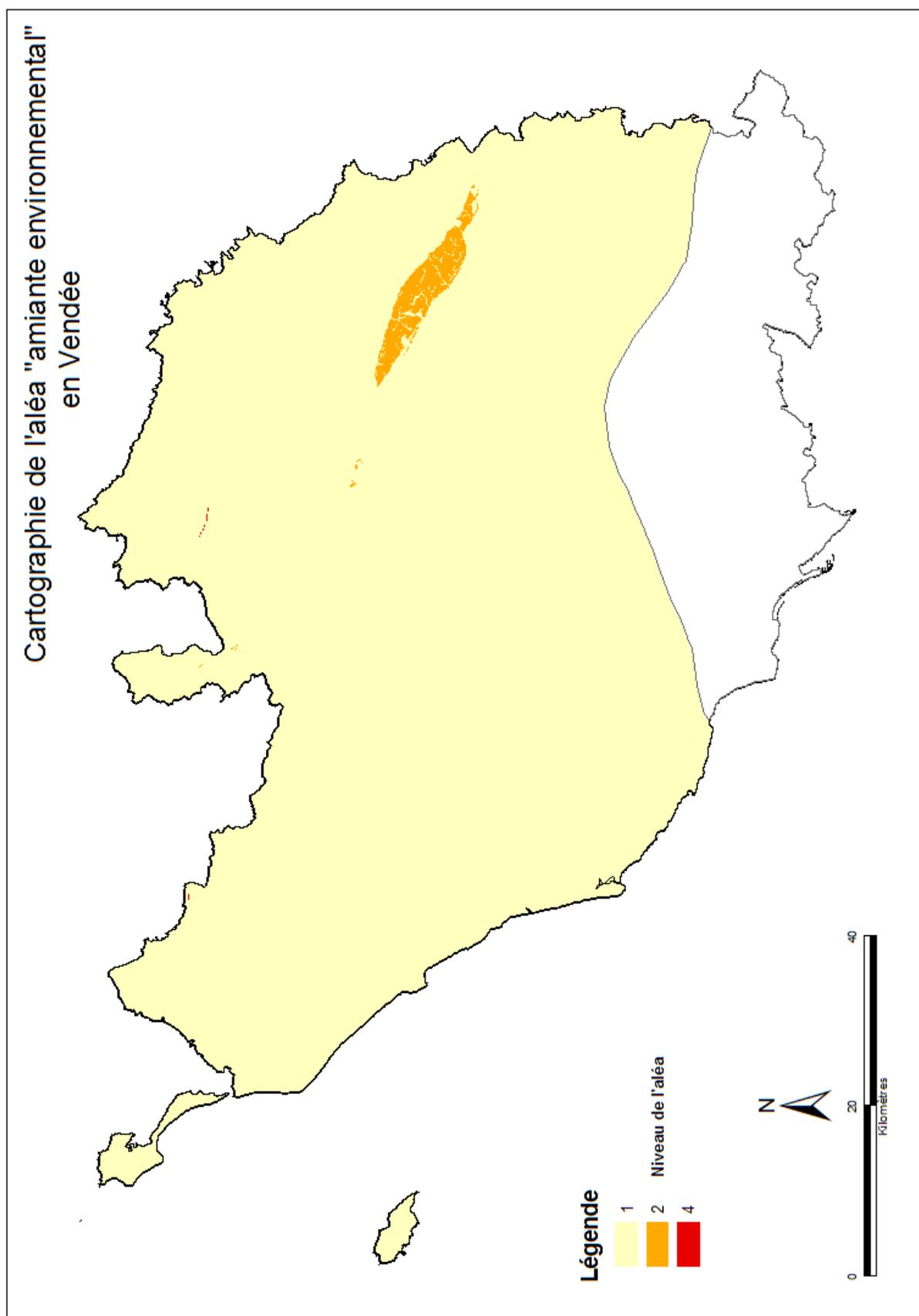


Illustration 113 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département de la Vendée (85).

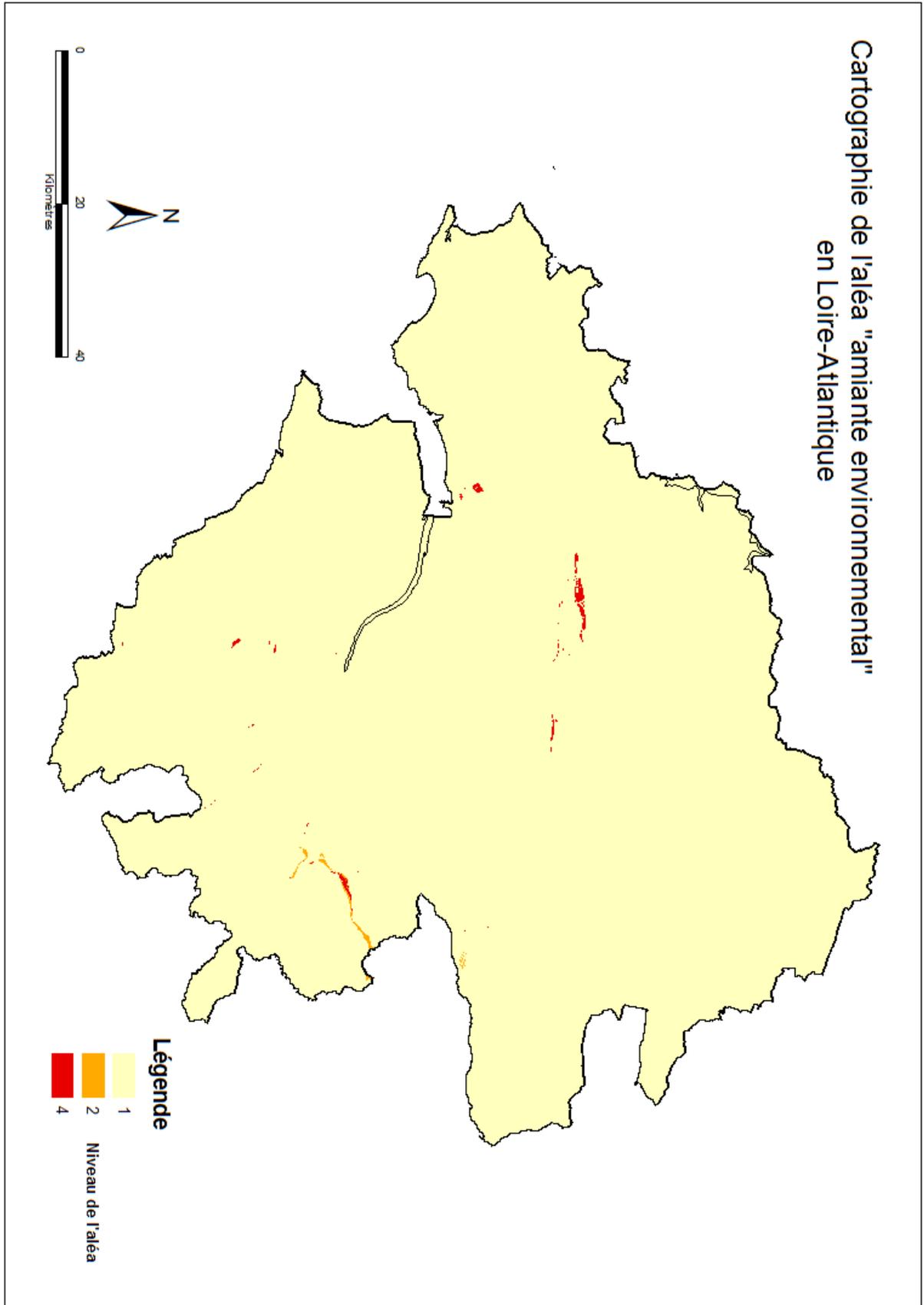


Illustration 114 : Schéma cartographique de l'aléa *amiante environnemental* dans le département de la Loire-Atlantique (44) (d'après Béchenec et al., 2010).

Cartographie de l'aléa "amiante environnemental" du Complexe de la baie d'Audierne

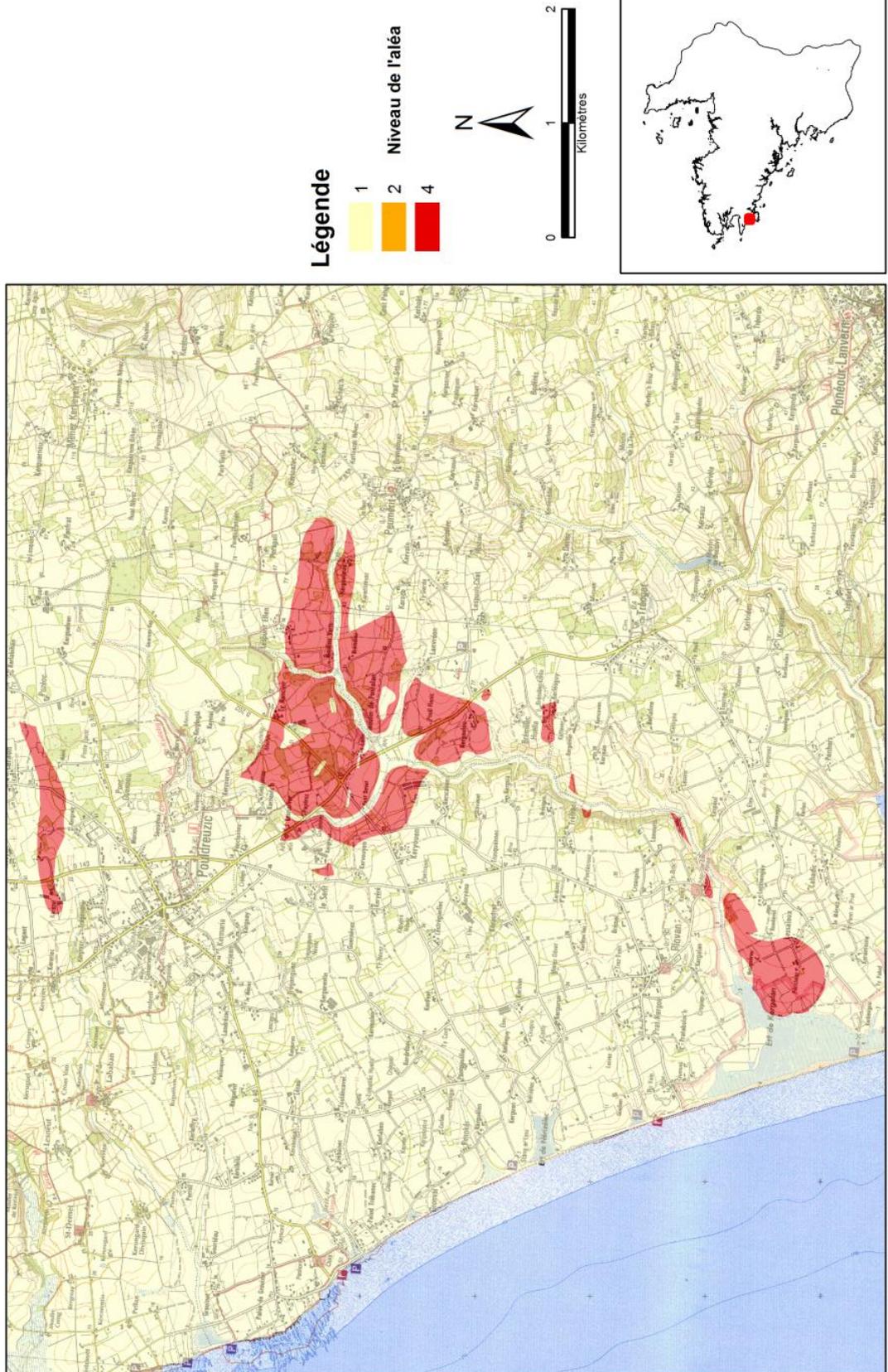


Illustration 115 : Carte de détail de l'aléa consolidé de niveau 4 dans le Complexe de la baie d'Audierne (Finistère).

Cartographie de l'aléa "amiante environnemental" de l'Unité de Paimboeuf-Montaigu

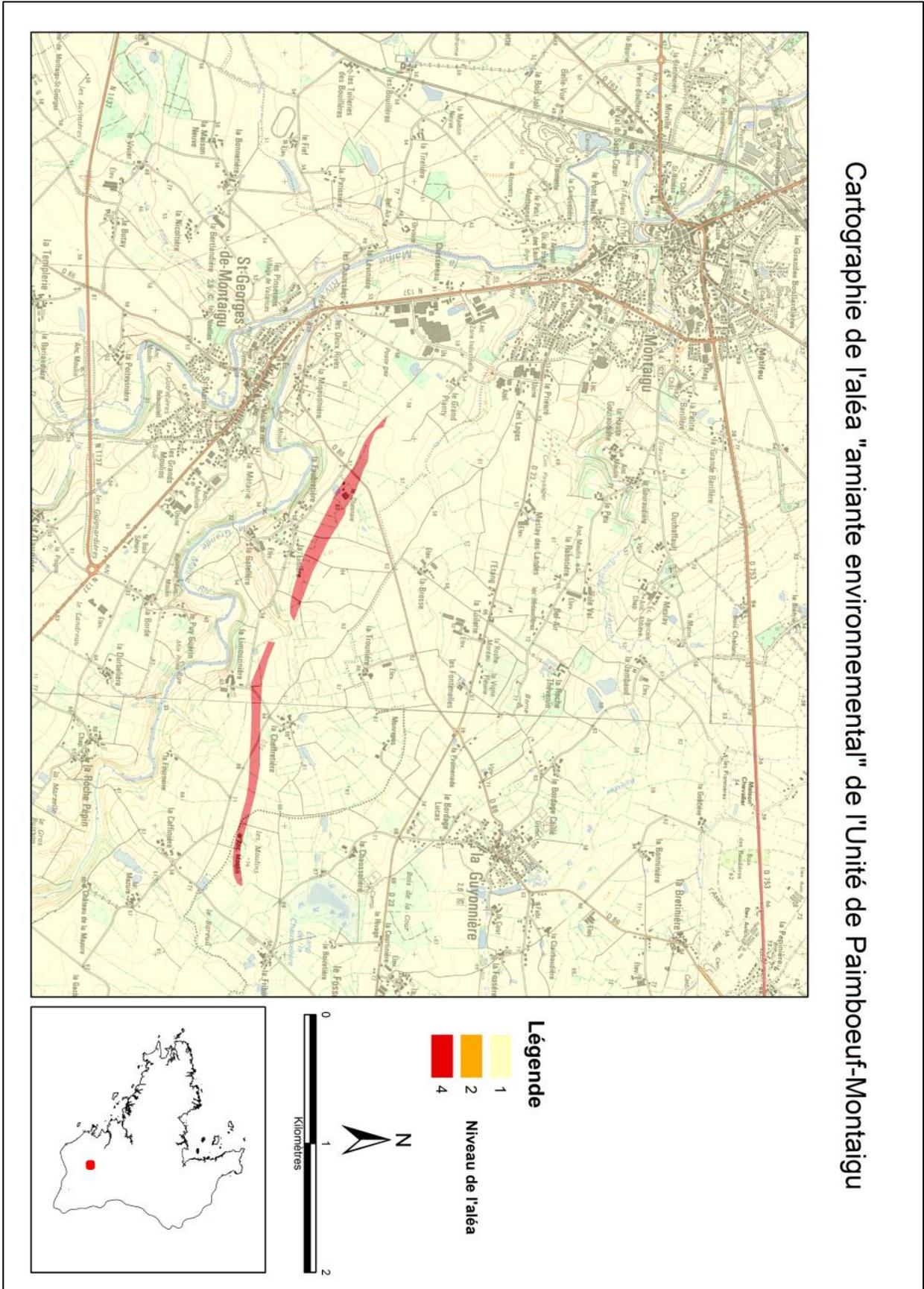


Illustration 116 : Carte de détail de l'aléa consolidé de niveau 4 dans l'Unité de Paimboeuf-Montaigu (Vendée).

4.2.2. Limites d'utilisation

La carte géologique régulière de la France, à l'échelle de 1:50 000, offre une information condensée où 1 mm sur la carte représente 50 m sur le terrain. Cette couverture 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 intéressant une formation potentiellement amiantifère du substrat rocheux sont envisagés.

Le BRGM attire spécialement l'attention sur l'utilisation qui sera faite des extraits agrandis des cartes géologiques à 1:50 000, notamment pour 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 centaines 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 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 au 1:5 000 et de 20 cm dans le cas d'un agrandissement au 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 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.

Pour attirer l'attention des utilisateurs sur ces limites d'utilisation, l'avertissement suivant est attaché à chaque carte produite :

« Ce document cartographique a été établi à partir des données de la carte géologique départementale harmonisée, elle-même issue de la synthèse des cartes géologiques à 1:50 000 préalablement produites dans le cadre du programme national de la Carte Géologique de la France.

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 centaines 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 ce document. »

4.3. BASE DE DONNÉES ET SIG

Une base de données relative aux sites et roches amiantifères de France a été élaborée par le BRGM dans le cadre des conventions en cours depuis 2009 ayant concerné les départements de la Haute-Corse (2B), des Hautes-Alpes (05), du Calvados (14), des Côtes d'Armor (22), du Finistère (29), de l'Ille-et-Vilaine (35), de l'Isère (38), de la Loire-Atlantique (44), du Maine-et-Loire (49), de la Manche (50), de la Mayenne (53), du Morbihan (56), de l'Orne (61), de la Sarthe (72), de la Savoie (73) et de la Vendée (85). Toutes les informations géologiques relevées sur le terrain ainsi que tous les résultats des analyses réalisées à partir des échantillons prélevés ont été intégrés dans cette base de données commune à tous les départements étudiés.

Cette base de données a été provisoirement développée sous Microsoft Access 2003 ©. Son architecture s'organise autour d'une table principale « Affleurement » et de tables liées (« Auteur_affleurement » pour les auteurs des expertises de terrain, « Type_Amiante » pour les types d'amiante observés sur les sites, « Structure » pour les mesures structurales, « Photo » pour les hyperliens vers les photos de terrain et « Lithologie_Associée » pour les lithologie(s) associée(s) à la lithologie principale) (Illustration 117). En plus des tables citées ci-dessus et contenant les observations terrain, des tables lexiques sont également chargées dans la base qui permettent de personnaliser le formulaire de consultation (Illustration 117).

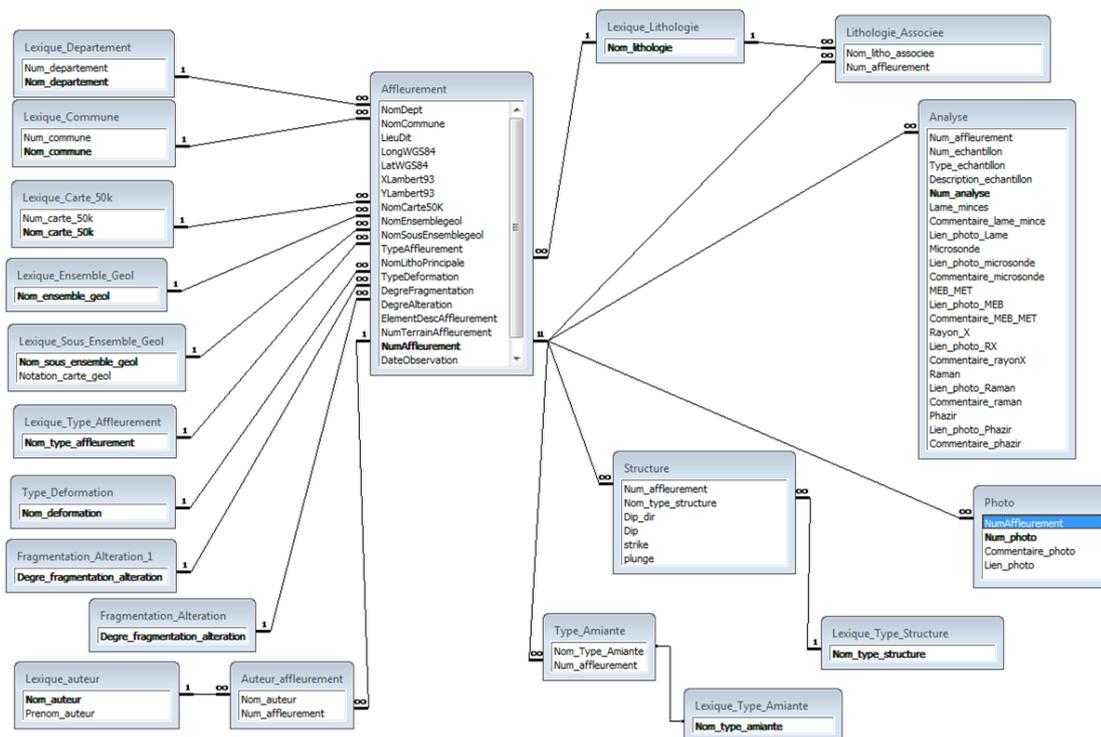


Illustration 117 : Schéma relationnel des tables et des lexiques.

4.3.1. Description sommaire des lexiques

La base de données relative aux sites et roches amiantifères de France est composée des douze lexiques suivants. Ces lexiques permettent une homogénéisation de saisie des termes qui seront utilisés dans les recherches, comme par exemple la recherche par communes et par département notamment. Les descriptions des lexiques sont les suivantes :

- « Lexique_Departement » : il s'agit du lexique renfermant les noms et les numéros des départements (exemple : « Nom_departement » = VENDEE, « Num_departement » = 85) ;
- « Lexique_Commune » : il s'agit du lexique renfermant les noms et les numéros INSEE des communes (exemple : « Nom_commune » = ABBARETZ, « Num_commune » = 44001) ;
- « Lexique_Carte_50K » : il s'agit du lexique comprenant les noms et les numéros des cartes à l'échelle 1/ 50 000 (exemple : « Nom_carte_50K » = SAINT-BRIEUC, « Num_carte_50K » = 243) ;
- « Lexique_Ensemble_Geol » : il s'agit du lexique regroupant les noms des ensembles géologiques des cartes géologiques harmonisées (exemple : « Nom_ensemble_geol » = Unité d'Yffiniac – Belle-Isle-en-Terre) ;
- « Lexique_Sous_Ensemble_Geol » : il s'agit du lexique regroupant les noms des sous-ensembles géologiques des cartes géologiques harmonisées ainsi que leurs notations (exemple : « Nom_sous_ensemble_geol » = Gabbros, « Notation_carte_geol » = θ) ;
- « Lexique_Type_Affleurement » : il s'agit du lexique refermant les différents types d'affleurements (exemple : « Nom_type_affleurement » = Talus) ;
- « Type_Deformation » : il s'agit du lexique contenant les types de déformations (exemple : « Nom_deformation » = Ductile) ;
- « Fragmentation_Alteration » : il s'agit du lexique comprenant les degrés de fragmentation et d'altération (exemple : « Degre_Fragmentation_Alteration » = Fort) ;
- « Lexique_Type_Amiante » : il s'agit du lexique regroupant les différents types amiantes (exemple : « Nom_type_amiante » = Chrysotile) ;
- « Lexique_Type_Structure » : il s'agit du lexique renfermant les divers types de structures (exemple : « Nom_type_structure » = Axe de pli) ;
- « Lexique_auteur » : il s'agit du lexique regroupant les noms et prénoms des auteurs (exemple : « Nom_auteur » = BECHENNEC, « Prenom_auteur » = François) ;
- « Lexique_Lithologie » : il s'agit du lexique comprenant les noms des différentes lithologies (exemple : « Nom_lithologie » = Amphibolite).

4.3.2. Description sommaire des tables

La base de données est constituée de sept tables. La table « Affleurement » est la table principale. Le lien qui relie cette table avec les autres est le champ « NumAffleurement » qui se retrouve dans chacune de ces tables.

Les descriptions des différentes tables qui suivent donnent des indications sur le contenu de ces tables :

- « Affleurement » : élément principal de la base, elle contient toutes les informations relatives à la localisation de l'affleurement. Elle est constituée de vingt champs qui renseignent, entre autres, sur la localisation, la nature lithologique, la déformation,

l'altération, etc. La description de ces divers champs est consignée dans l'illustration ci-après (Illustration 118) ;

	Champ	Description	Valeur possible
Table "Affleurement"	NomDept	Nom du département dans lequel se situe l'affleurement	Lexique Département
	NomCommune	Nom de la commune dans laquelle se situe l'affleurement	Lexique Commune
	LieuDit	Nom du Lieu-dit correspondant à la zone d'affleurement	Texte libre
	LongWGS84	Longitude (Système WGS84)	Réel double
	LatWGS84	Latitude (Système WGS84)	Réel double
	XLambert93	Coordonnée X (Lambert93)	Réel double
	YLambert93	Coordonnée Y (Lambert93)	Réel double
	NomCarte50K	Nom de la carte à 1 :50 000 sur laquelle se situe l'affleurement	Lexique Carte à l'échelle 1 :50 000
	NomEnsemblegeol	Nom de l'ensemble géologique auquel appartient l'affleurement	Lexique Ensemble géologique
	NomSousEnsemblegeol	Nom du sous-ensemble géologique auquel appartient l'affleurement	Lexique Sous-ensemble géologique
	TypeAffleurement	Type d'affleurement	Lexique Type d'affleurement
	NomLithoPrincipale	Nom de la lithologie la plus représentée au niveau de l'affleurement	Lexique Lithologie
	TypeDeformation	Nature de la déformation principale affectant l'affleurement	Lexique Déformation
	DegréFragmentation	Degré de fragmentation observé au niveau de l'affleurement	Lexique Fragmentation et altération
	DegréAltération	Degré d'altération observé au niveau de l'affleurement	Lexique Fragmentation et altération
	ElementDescAffleurement	Description simplifiée de l'affleurement	Texte libre
	NumTerrainAffleurement	Numéro de l'affleurement affecté sur le terrain	Texte libre ou formaté
	NumAffleurement	Numéro de l'affleurement attaché à la base de données	Texte formaté (du type 29FB085)
	DateObservation	Date de l'observation de l'affleurement	Formaté (du type 14/07/2010)
	PresenceAmiante	Indique la présence ou l'absence d'amiante au niveau de l'affleurement	Oui/Non

Illustration 118 : Table « Affleurement ».

- « Auteur_Affleurement » : elle contient les informations concernant le nom du géologue ayant fait les observations de terrain. Elle est constituée de deux champs (Illustration 119) ;

Champ	Description	Valeur possible
Nom_auteur	Nom du géologue ayant fait les observations au niveau de l'affleurement	Lexique Auteur
NumAffleurement	Numéro de l'affleurement attaché à la base de données	Texte formaté (du type 29FB085)

Illustration 119 : Table « Auteur_Affleurement ».

- « Type-Amiante » : cette table comporte les informations sur le (ou les) type(s) d'amiante(s) rencontré(s) sur l'affleurement (Illustration 120) ;

Champ	Description	Valeur possible
Nom_Type_Amiante	Type(s) d'amiante(s) reconnu(s) au niveau de l'affleurement	Lexique Type d'amiante
NumAffleurement	Numéro de l'affleurement attaché à la base de données	Texte formaté (du type 29FB085)

Illustration 120 : Table « Type_Amiante ».

- « Structure » : elle rassemble sur 6 champs les données concernant les structures rencontrées sur les différents points d'observation (Illustration 121) ;

Champ	Description	Valeur possible
NumAffleurement	Numéro de l'affleurement attaché à la base de données	Texte formaté (du type 29FB085)
Nom-type-structure	Type(s) de (micro)structure(s) géologique(s) observé(s) sur l'affleurement	Lexique Type de structure
Dip_dir	Direction du pendage de la (micro)structure planaire observée	Entier (de 0 à 360°)
Dip	Plongement de la (micro)structure planaire observée	Entier (de 0 à 90°)
Strike	Direction du pendage de la (micro)structure linéaire observée	Entier (de 0 à 360°)
Plunge	Plongement de la (micro)structure linéaire observée	Entier (de 0 à 90°)

Illustration 121 : Table « Structure ».

- « Photo » : cette table a été créée pour rassembler les photographies et leurs commentaires relatifs aux points d'observation ;

- « Analyse » : cette table comporte 23 champs correspondant aux analyses (Lame mince, Microsonde, MEB, MET, Rayon X, Raman, Phazir) réalisées à partir des échantillons prélevés sur l'affleurement (Illustration 122) ;

Champ	Description	Valeur possible
NumAffleurement	Numéro de l'affleurement attaché à la base de données	Texte formaté (du type 29FB085)
Num_echantillon	Numéro d'affleurement éventuellement suivi d'une lettre (A, B, C,...)	Texte formaté (du type 29FB085-A)
Type_echantillon	Type d'échantillon prélevé sur l'affleurement	Texte libre
Description_echantillon	Description de l'échantillon prélevé sur l'affleurement	Texte libre
Num_analyse	Numéro de l'analyse	Texte formaté (du type 29FB085-B_1)
Lame_mince	Indique la présence ou l'absence de lame mince	Oui/Non
Commentaire_lame_mince	Description simplifiée de la lame mince	Texte libre
Lien_photo_lame	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_LMC2.jpg)
Microsonde	Indique la présence ou l'absence d'analyse(s) à la microsonde	Oui/Non
Lien_photo_microsonde	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_MSE.jpg)
Commentaire_microsonde	Description simplifiée des analyses à la microsonde	Texte libre
MEB_MET	Indique la présence ou l'absence d'analyse(s) par microscopie électronique	Oui/Non
Lien_photo_MEB_MET	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_MET2.jpg)
Commentaire_MEB_MET	Description simplifiée des analyses par microscopie électronique	Texte libre
Rayon_X	Indique la présence ou l'absence d'analyse(s) aux rayons X	Oui/Non
Lien_photo_Rayon_X	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_RX2.jpg)
Commentaire_Rayon_X	Description simplifiée des analyses par microscopie électronique	Texte libre
Raman	Indique la présence ou l'absence d'analyse(s) par spectroscopie Raman	Oui/Non
Lien_photo_Raman	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_RAM2.jpg)
Commentaire_Raman	Description simplifiée des analyses par microscopie électronique	Texte libre
Phazir™	Indique la présence ou l'absence d'analyse(s) par spectrométrie infrarouge	Oui/Non
Lien_photo_Phazir™	Nom du fichier image	Texte formaté (du type 29FB085_PHA2.jpg)
Commentaire_Phazir™	Description simplifiée des analyses par spectrométrie infrarouge	Texte libre

Illustration 122 : Table « Analyse ».

- « Lithologie associée » : cette table rassemble les données sur la ou les lithologie(s) associée(s) à la lithologie principale.

4.3.3. Formulaire d'accueil, de consultation et de sélection

Afin de faciliter la consultation des données, la base de données ACCESS s'ouvre sur une fenêtre d'accueil (Illustration 123) qui propose deux types d'action :

- Quitter : pour quitter la base de données,
- Données : pour consulter les données.



Illustration 123 : Formulaire d'accueil.

Le formulaire de consultation (Illustration 124) permet de prendre connaissance de l'ensemble des informations contenues dans la base de données. Il est composé de quatre bandeaux disposés horizontalement avec, de bas en haut :

- bandeau « AFFLEUREMENT » (Numéro d'affleurement, Commentaires, Auteur(s), Amiante(s) détecté(s) et type(s) d'amiante) ;
- bandeau « DONNÉES GÉOGRAPHIQUES » (Département, Commune, Lieu-dit, Coordonnées) ;
- bandeau « DONNÉES GÉOLOGIQUES » (Carte 1 :50 000, Ensemble géologique et formation géologique de la carte harmonisée, Type d'affleurement, Lithologies principale et secondaire, Déformations, Type de structure) ;
- bandeau « ECHANTILLONS-ANALYSES ». Pour consulter un affleurement, il suffit de cliquer sur la liste déroulante intitulée « Rechercher un affleurement par son numéro dans la base ». Un second bouton permet d'effectuer le même type de recherche par commune.

Illustration 124 : Formulaire de consultation.

En dessous du numéro d'affleurement, dans le bandeau « AFFLEUREMENT », un bouton appareil-photo permet d'accéder aux photographies de l'affleurement (Illustration 125).

Illustration 125 : Bouton de visualisation des photographies des affleurements.

5. Conclusions et perspectives

Le projet de cartographie de l'amiante environnemental naturel dans le Massif armoricain s'est déroulé en trois phases :

- une analyse thématique et une analyse multicritère - basées sur les données des cartes géologiques départementales harmonisées à 1 :50 000 des départements du Calvados (14), des Côtes d'Armor (22), du Finistère (29), de l'Ille-et-Vilaine (35), de la Loire-Atlantique (44), du Maine-et-Loire (49), de la Manche (50), de la Mayenne (53), du Morbihan (56), de l'Orne (61), de la Sarthe (72) et de la Vendée (85) - a conduit à la sélection de toutes les formations potentiellement amiantifères de cette vaste entité géologique ;
- une phase d'expertise sur le terrain de toutes les formations précédemment sélectionnées a permis d'une part une observation des roches in situ et d'autre part de procéder à un échantillonnage représentatif de ces roches. Par la suite, les analyses en laboratoire (microscope optique polarisant et microsonde électronique) des échantillons prélevés ont permis de compléter les observations macroscopiques et d'affiner les conclusions issues de la première phase ;
- au final, ces travaux ont abouti à la réalisation de cartes d'aléa consolidé « amiante environnemental naturel », associées à un rapport de synthèse et à une base de données intégrant l'ensemble des informations générées au cours de ces différentes opérations.

Cette étude vient en complément de celle réalisée en 2010 sur le seul département de la Loire-Atlantique (Béchenec et *al.*, 2010). Les résultats obtenus confirment un fait déjà connu par ailleurs, à savoir que les affleurements de roches ultrabasiques (péridotites ± serpentinisées, serpentinites) renferment des fibres d'amiante d'une manière pratiquement systématique (chrysotile, trémolite-amiante) et que les zones dans lesquelles ce type d'affleurement existe constituent, dès lors qu'elles sont découvertes et soumises à l'érosion et/ou (surtout) à des dégradations anthropiques, des sources susceptibles de libérer des fibres et donc de contaminer leur environnement.

Cette étude démontre également que de l'amiante est parfois présent dans des roches basiques métamorphiques (amphibolite, metabasalte, métagabbro, spillite, etc.). Les occurrences d'amiante associées à ces metabasites sont plus difficiles à appréhender et à caractériser car elles sont généralement discrètes (volumes rocheux impactés faibles) et très localisées. D'une manière générale, les observations réalisées à partir d'affleurements strictement naturels ou assimilés (fossés et talus routiers) ne permettent pas de définir d'une manière précise les niveaux de l'aléa. Cette difficulté provient directement des conditions d'affleurement, généralement médiocres (affleurements masqués par des formations superficielles, affleurements très altérés, importance du couvert végétal, etc.). Ces mauvaises conditions d'affleurement sont susceptibles d'avoir conduit, du moins dans certains cas, à une sous-estimation du potentiel amiantifère. Les seuls sites permettant d'acquérir des informations suffisamment claires et étayées sur le potentiel amiantifère de ces formations basiques métamorphiques correspondent aux carrières, qu'elles soient actives ou fermées.

De ce fait, il apparaît cohérent de prévoir, dans la suite logique de ce projet, une étude détaillée de toutes les carrières actuellement concernées par l'exploitation de ce type de roche. Une liste de ces carrières est actuellement en cours d'élaboration dans le cadre d'une convention liant le BRGM au MEDDE-DGPR/D3S.

6. Bibliographie

Audren C., Triboulet C. avec la collaboration de **Goyallon J., Lefort Jp. et Jegouzo P.** (1993) - Carte géologique à 1 : 25 000 de l'Île-de-Groix (415), Orléans : BRGM. Notice explicative par C. Audren, C. Triboulet, L. Chauris, JP. Lefort, JL. Vignerresse, J. Audrain, D. Thiéblemont, J. Goyallon, P. Jegouzo, P. Guennoc, C. Augris, A. Carn A. (1993), 101 p.

Audren C., Jégouzo P., Barbaroux L. et al. (1975) - Notice explicative de la carte géologique à 1 : 50 000 La Roche-Bernard (449), Orléans : BRGM, 38 p. Carte géologique par C. Audren, P. Jegouzo, L. Barbaroux, P. Bouysse (1975).

Auvray B., Lefort J.P. et Monnier J.L. (1976) - Carte géologique à 1 : 50 000 Tréguier (171) Orléans : BRGM. Notice explicative par B. Auvray, JP. Lefort, JL. Monnier, (1976) 26 p.

Bailly L. (2004) - Sequestration minérale ex-situ de CO₂ – Inventaire français des roches basiques et ultrabasiques. BRGM/RP-53511-FR, 28 p., 2 annexe, 1 CD. Rom.

Barbaroux L., Cavet P. (1983) – Notice explicative de la carte géologique à 1 : 50 000 Nort-sur-Erdre (451), Orléans : BRGM, 46 p . Carte géologique par L. Barbaroux, P. Cavet, J. Marchand, B. Lasnier, G. Godard, J.P. Margerel, B. Bousquet, D. Sellier, G. Carlier (1983).

Baret C. (1898) – Minéralogie de la Loire-Inférieur. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest France*, t.8, 175 p.

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

Baris, Y.I., Artvinlu, M., Sahin, A.A., Savas, T., Erkan, M.L. (1979) - Etude du mésothéliome pleural malin, de la pleurésie fibrosante chronique et des plaques pleurales liées à l'environnement en Turquie. *Rev. Fr. Mal. Resp.*, 7, pp. 687-694.

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.

Béchenec F., Hallégouët B., Thion I. (2012) - Carte géologique de France à 1/50 000 Lorient (383) 2^{ème} édit., Orléans : BRGM. Notice explicative par F. Béchenec, B. Hallégouët, D. Thiéblemont, I. Thion *et al.*, (2012) 134 p.

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

Béchenec F. (2009) - Carte géologique harmonisée du département de Vendée. Orléans, BRGM/RP - 57473 – FR, 346 p.

Béchenec F. (2007) – Carte géologique harmonisée du département de Loire-Atlantique. Orléans, BRGM/RP-55703-FR, 371 p.

Béchenec F., Thiéblemont D., Audru Jc., Cocherie A. et Corbier P. (2006) - Notice explicative, de la carte géologique à 1/50000 Plouay (348), Orléans : BRGM, 110 p. Carte géologique par F. Béchenec, Jc. Audru, J. Bourgon, Y. Guyomard et J. Dos Santos Cardoso (2006).

Béchenec F. (2004) - Carte géologique harmonisée du département du Maine-et-Loire. Orléans, BRGM.

Béchenec F., Hallégouët B., Thiéblemont D. et al., (2001) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50000 Rosporden (347), Orléans : BRGM, 124 p. Carte géologique par F. Béchenec et B. Hallégouët (2001).

Béchenec F., Hallégouët B., Thiéblemont D. et al., (1999) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50000 Quimper (346), Orléans : BRGM, 120 p. Carte géologique par F. Béchenec et B. Hallégouët (1999).

Béchenec F., Guennoc P., Guerrot C., Lebret P., Thiéblemont D. et al. (1996) - Notice explicative, de la carte géologique à 1/50000 Concarneau (382), Orléans : BRGM, 129 p. Carte géologique par F. Béchenec, P. Guennoc, Y. Delanoë, P. Lebret, B. Hallégouët, S. Le Meur (1997).

Blaise J., Arnaud A., Brossé R., Cavet P., Dépagne J., Gruet M., Lardeux H. (1986) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Thouarcé (484) Orléans : BRGM, 57 p. Carte géologique par J. Blaise, Gruet M., R. Brossé, P. Cavet, H. Lardeux, A. Arnaud (1985).

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.

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.

Bos P., Clément J.P., Castaing C., Cassard D., Martin P. (1997) - Carte géologique à 1/50000 Rostrenen (312), Orléans : BRGM. Notice explicative par Bos P., Clément J.P., Castaing C., Chantraine J., Lemeille F. *et coll.* (1997), 132 p.

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.

Bouton P. & Branger P. (2007) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Coulonges-sur-L'Autize (587) – Orléans : BRGM, 132 p. Carte géologique par P. Bouton & P. Branger (2007).

Cagnard F. (2009) - Carte géologique harmonisée du département du Morbihan, Orléans, BRGM/RP – 56656 – FR, 297 p.

Cagnard F., Schroetter JM. (2009) - Carte géologique harmonisée du département d'Ille-et-Vilaine, Orléans, BRGM/RP – 57855-FR, 257 p.

Cagnard F. (2008) - Carte géologique harmonisée du département du Finistère, Orléans, BRGM/RP – 56273 – FR, 435 p.

Carric G., Chantraine J., Dadet P., Flageollet J.C., Sagon J.P., Talbo H. (1979) - Notice de la carte géologique à 1/50 000 Moncontour (279) - Orléans BRGM, 43p. Carte géologique par J. Chantraine, B. Guérangé, P. Dadet, JP. Sagon, A. Tegzey, G. Carric, JC. Flageollet (1979).

Catania D., Jégou J.P., Loislard M., Weller-Lennert G. (2008) - Catalogue succinct des Archives de l'inventaire minier de l'armorique – Rapport final – Rapport BRGM/RP-57006-FR, 103 pages, 3 annexes.

Cavet P., Arnaud A., Blaise J. et al. (1978) – Notice explicative de la carte géologique à 1 /50 000 Ancenis (452), Orléans : BRGM, France. Carte géologique par P. Cavet, J. Marchand, M. Gruet, H. Lardeux, L.M. Rivière, A. Arnaud (1978).

Cavet P., Arnaud A., Blaise J. et al. (1970) – Notice explicative de la carte géologique à 1 /50 000 Chalonnes-sur-Loire (453), Orléans : BRGM, 32p. Carte géologique par P. Cavet, J. Blaise, M. Gruet, H. Lardeux, L.M. Rivière, A. Arnaud, L. Barbaroux, R. Brossé, H. Jourdainne, L. Chauris (1970).

Chantraine J, Houlgatte E, Chauris L, Le Goff E, Coussement C, Garreau J, Larsonneur C, Carn A. (1999) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Lannion (203), Orléans - BRGM, 166 p. Carte géologique par J. Chantraine, E. Houlgatte, L. Chauris, E. Le Goff, C. Coussement, CM. Larsonneur, M. Barrière, J. Garreau (1999).

Chantraine J., Chauris L., Cabanis B., Chauris MM., Larsonneur C., Herrouin Y., Rabu D., Lulzac Y., Bos P. (1986) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Plestin-les-Grèves (202), Orléans – BRGM, 84 p. Carte géologique par J. Chantraine, M. Barrière, B. Cabanis, L. Chauris, Y. Herrouin, D. Rabu, MM. Chauris, C. Larsonneur (1985).

Chantraine J., Chauris L., Herrouin Y., Hirbec Y., Beurrier M., Castaing C., Pinna P., Bos P. (1984) - Carte géologique à 1/50 000 Belle-Isle-en-Terre (241), Orléans - BRGM. Notice explicative par A. Bambier *et al.*, (1984), 64 p.

Chauris L., Marcoux E., Le Goff E., Thiéblemont D., Carn A. avec la collaboration de **Bouysse P., Egal E., Hallégouët B., Johan V.** (1998) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Saint-Pol-de-Léon (201), Orléans - BRGM, 168 p. Carte géologique par L. Chauris et E. Marcoux (1998).

Chauris L., Plusquellec Y., Hallégouët B., Darboux JR., Melou M., Chauvel JJ., Le Corre C., Babin C., Morzadec P., Thonon P., Hirschberger F. (1980) - Carte

géologique de France à 1/50 000 Brest (274), Orléans : BRGM. Notice explicative par L. Chauris, Y. Plusquellec, B. Hallégouët *et al.*, (1980) 52 p.

Clinkenbeard J.P., Churchill R.K., Lee K. (2002) - Guidelines for Geologic Investigations of Naturally Occurring Asbestos in California.

Cogné J., Jeannette D., Auvray B., Morzadec MT., Larsonneur C., Bambier A. (1980) – Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Saint-Cast (206), Orléans : BRGM, 41p. Carte géologique par J. Cogné, J. Le Métour, B. Auvray, D. Jeannette, C. Larsonneur, JP. Lefort, MT. Morzadec (1980).

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.

Dadet P., Bos P., Sagon JP., Chantraine J., Laville P. (1986) - Carte géologique de France à 1/50 000 Pontivy (313), Orléans : BRGM. Notice explicative par P. Dadet, P. Bos, J. Chantraine, P. Laville, JP. Sagon (1988) 77 p.

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.

Darboux JR., Marcoux E., Hallégouët B., Lebret P., Sorel PY. (2010) - Carte géologique de France à 1/50 000 Landerneau (239), Orléans : BRGM. Notice explicative par JR. Darboux, E. Marcoux, B. Hallégouët, P. Lebret, E. Thomas, C. Bourdillon, JP. Margerel, S. Blanchet, A. Carn (2010) 139 p.

Dessandier D. & Spencer C. (2005) – Recensement et classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France. Orléans, BRGM/RP-53599-FR, 59 p.

Diot H., Femenias O., Moreau C., Gaufriau A., Roy C., Karnay G. (2007) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Fontenay-le-Comte (586), Orléans : BRGM, 96 p. Carte géologique par Moreau C., Femenias O., Diot H., Karnay G. (2007).

Dupret L., Dissler E., Poncet J., Coutard JP. (1997) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Saint-Lô (143). Orléans : BRGM. Carte géologique par L. Dupret, E. Dissler, J. Poncet, JP. Coutard, JP. Lautridou, G. Clouet (1997).

Dupret L., Poncet J., Lautridou JP., Hommeril P. (1989) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Coutances (142). Orléans : BRGM, 58p. Carte géologique par L. Dupret, J. Poncet, JP. Lautridou, P. Hommeril (1987).

Egal E. (2010) - Carte géologique harmonisée du département des Côtes d'Armor, Orléans, BRGM/RP-586576-FR, 498 p.

Egal E., Thiéblemont D., Thomas E., Guennoc P., Hallégouët B., avec la collaboration de **Carn A., Chantraine J., Guerrot C., Le Berre P., Martelet G., Monnier J., Teygey M., Truffert C.** (2004), Notice explicative de la carte géologique St Brieuc

(243), Orléans : BRGM, 221p. Carte géologique par E. Egal, E. Thomas, P. Guennoc, B. Hallégouët, E. Houlgatte, C. Augris (2004).

Egal E., Le Goff E., Lebret P. et al., (1999) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Guingamp (242), Orléans : BRGM, 194 p. Carte géologique par E. Egal, E. Le Goff, P. Lebret (1996a).

Egal E., Le Goff E., Guennoc P., Lebret P., Thiéblemont D., Hallégouët B., Houlgatte E., Callier M., Carn A. (1995) - notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Pontrieux - Etables (204), Orléans : BRGM, 194 p. Carte géologique par E. Egal, P. Guennoc, E. Le Goff, D. Thiéblemont, P. Lebret, B. Hallégouët et al., (1996b).

Fischesser R. (1955) - Données des principales espèces minérales.

Godard G., Bouton P., Poncet D. et al. (2005) – Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Montaigu (536), Orléans : BRGM, 171 p. Carte géologique par G. Godard, D. Poncet, M. Chevalier, P. Bouton, G. Carlier (2005).

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.

Goujou J.C., Debrand-Passard S., Hantzpergue P., Lebret P. (1994) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Les Sables-d'Olonne-Longeville (584), Orléans : BRGM, 95 p. Carte géologique par M. Ters et J.Gabilly (1986).

Joubert JM., Thiéblemont D., Karnay G., Wyns R., Poncet D. (2000) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Montreuil-Bellay (512), Orléans : BRGM 116 p. Carte géologique par JM. Joubert, D. Thiéblemont, G. Karnay, R. Wyns (2000).

Lacroix MA. (1995) - Etude pétrographique des éclogites de la Loire-Inférieure. *Bull.Soc.Sc.Nat.Ouest de la France*, nouvelle série, 1995, tome 17, pages 78-107.

Lahondère D., Lesimple S., Cagnard F., Lahfid A., Wille G., Maurizot P. (2012) – Serpentinisation et fibrogénèse dans les massifs de péridotite de Nouvelle-Calédonie. Orléans, Rapport BRGM/RP-59108-FR, Rapport final, 458 p.

Lahondère D., Cagnard F., Maton F. (2011a) – Cartographie et minéralogie de l'amiante environnemental sur la commune de Corte (Haute-Corse). Rapport final, Orléans, BRGM/RP-59981-FR, 128 p.

Lahondère D., Cagnard F., Maton F. (2011b) – Cartographie et minéralogie de l'amiante environnemental sur la commune de Bustanico (Haute-Corse). Rapport final, Orléans, BRGM/RP-60356-FR, 132 p.

Lahondère D., Cagnard F., Zammit, C., Berthier H. (2010a) – Cartographie de l'aléa amiante environnemental dans le département de la Haute-Corse. Rapport final, Orléans, BRGM/RP-58847-FR, 162 p.

Lahondère D., Cagnard F., Béchennec F., Zammit, C., Blein O. (2010b) – Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » sur trois départements français (Haute Corse, Savoie, Loire Atlantique). Rapport d'avancement, Orléans, BRGM/RP-58159-FR, 118 p.

Lahondère D., Chèvremont P., Béchenec F. et al. (2009) – Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Palluau (535), Orléans : BRGM, 173 p. Carte géologique par D. Lahondère, P. Chèvremont, G. Godard, P. Bouton, F. Béchenec et al. (2009).

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.

Lasnier B. (1970) - Le métamorphisme régional des gabbros d'après la littérature internationale. Etude préliminaire des gabbros coronitiques du Massif armoricain et du massif des Maures, (France).

Le Gall B., Billa M., Bos P., Garreau J., Le Goffic M., Paradis S. (1992) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Gourin (311), Orléans : BRGM, 81 p. Carte géologique par B. Le Gall et J. Garreau (1988).

Le Gleuher M., Livi K.J.T., Veblen D.R., Noack Y., Amouric M. (1990) - Serpentinization of enstatite from Pernes, France: Reaction microstructures and role of system openness. *American Mineralogist*, 1990, Volume 75, p. 813-824.

Le Goff E., Hallégouët B., Lebret P., Guennoc P. (2009) – Carte géologique de France à 1/50 000 Saint-Malo (207), Orléans : BRGM. Notice explicative par E. Le Goff , P. Guennoc, B. Hallégouët, P. Lebret, E. Thomas (2009).

Le Métour J., avec la collaboration de **Blouin J.-P., Chantraine J., Clozier L., Etienne H.** (1989) – Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000, Cholet (563), Orléans : BRGM, 55 p. Carte géologique par L. Clozier et J. Le Métour (1984).

Lerouge G., Besombes J.C., Le Gall J., Gigot P., Pivette B., Lebret P., Vernhet Y., Cuney M., Gauquelin J.L., Chevremont P. (2009) – Notice explicative, de la carte géologique à 1/50 000, Ernée (284), Orléans : BRGM, 181 p. Carte géologique par G. Lerouge , J.C. Besombes, J. Le Gall, P. Gigot, B. Pivette, P. Lebret, Y. Vernhet (2009).

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

Marchand J., Perrin J., Weecksteen G. (1969) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Vallet (482), Orléans : BRGM 11 p. Carte géologique par J. Marchand, J. Perrin, G. Weecksteen, F. H. Forestier, B. Lasnier (1969).

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). Rapport BRGM/RP-55425-FR, 68 pages, 1 fig., 1 tabl., 5 ann.

Musée national de Sèvres, procès-verbaux n° ICF 9.655, déc. 1958. Voir aussi **I. CHIVA et D. OJALVO**, « La poterie corse à l'amiante », *loc. cit.*, p. 225-227.

Outin J.M., Thomas E., Hallégouët B., Quété Y., Le Goffic M., Rivière J.M. (2000) - Notice de la carte géologique à 1/50 000 Plabennec (238), Orléans : BRGM, 109 p. Carte géologique par E. Thomas, JM. Outin, B. Hallégouët (2000).

Page N.J. (1976) - Serpentinization and Alteration in an Olinine Cumulate from the stillwater Complex, Southwestern Montana. *Contributions to Mineralogy and petrology*, **54**, 127-137.

Page N.J. (1967) - Serpentinization at Burro Mountain, California. *Contributions to Mineralogy and petrology*, **14**, 321-342.

Pitra P., Ballèvre M., Ruffet G. (2010) - Inverted metamorphic field gradient towards a Variscan suture zone (Champtoceaux Complexe, Armorican massif, France). *J. metamorphic Geol.*, **28**, 183-208.

Plaine J., Peucat J.J., Jegouzot P., Morzadec-Kerfourn MT., Saint Requier A. et Lefort JP. (1981) - Carte géologique de France à 1/50000, Pont-Croix (345), Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Plaine *et al.* (1981) 48 p.

Plaine J., Hallégouët B. & Quété Y. (1984) – Carte géologique de France à 1/50 000 Questembert (418), Orléans : BRGM. Notice explicative par J. Plaine, B. Hallégouët, Y. Quété (1984) 63 p.

Plusquellec Y., Rolet J., Darboux J.R. et al., (1999) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50000 Châteaulin (310) Orléans : BRGM, 162 p. Carte géologique par Y. Plusquellec, J. Rolet, JR. Darboux *et al.*, (1999).

Prichard H.M. (1979) - A petrographic Study of the Process of Serpentinisation in Ophiolites and the Ocean Crust. *Contributions to Mineralogy and petrology.*, 1979, **68**, 231-241.

Quesnel F. & Stein M. (2006) - Carte géologique harmonisée du département de la Sarthe. Orléans : BRGM.

Rey F., Viallat J.R., Boutin C., Farisse P., Billon-Galland M.A., Hereng P., Dumortier P., De Vuysts, 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., Alessandroni 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.

Rolin P., Audru Jc., Bouroullec I., Wyns R., Thiéblemont D., Cocherie A., Guerrot C., Courtois N., Bernard E. et al. (2000) – Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Les Herbiers (537), Orléans : BRGM. Carte géologique par P. Rollin, JC. Audru, I. Bouroullec, R. Wyns (2000).

Ross M., Langer A.M., Nord G.L., Nolan R.P., Lee R.J., Van Orden D., Addison J. (2008) - The mineral nature of asbestos. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **52**, page S26–S30.

Ross M., Nolan R.P. (2003) - History of asbestos discovery and use and asbestos-related disease in context with the occurrence of asbestos within ophiolite complexes. *Geological Society of America. Special paper* **373**.

Sagon, J.P., (1976) - Carte géologique de France à 1/50 000 Quintin (278), Orléans : BRGM. Notice explicative par JP. Sagon (1977), 43 p.

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.

Ters M., Viaud J.M. (1987) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Saint-Gilles-Croix-de-Vie (560), Orléans : BRGM, 135 p. Carte géologique par M. Ters, J.M. Viaud, F. Verger, J.R. Vanney (1985).

Ters M., Viaud J.M. (1983) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Challans (534), Orléans : BRGM, 99 p. Carte géologique par M. Ters, J.M. Viaud, F. Verger, D. Gouleau (1983).

Ters M., Bambier A., Chantraine J. et al. (1982) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Saint-Philbert-de-Grand-Lieu (508), Orléans : BRGM, 79 p. Carte géologique par M. Ters (1979).

Thiéblemont D., Augier R., Ferry J.N., Laurent-Charvet S., Le Métour J., Maleyx C., Ravoux A., Lebret P., Rolin P. (2011) – Carte géologique à 1/50 000 Vihiers (511), Orléans : BRGM. Notice explicative par Thiéblemont D., Augier R., Ferry J.N., Laurent-Charvet S., Maleyx C., Ravoux A., Lebret P., C. Guerrot, P. Chrétien (2011) 122 p.

Thomas E., Hallégouët B. (2011) - Carte géologique de France à 1/50 000 Lamballe (244), Orléans : BRGM. Notice explicative par E. Thomas, B. Hallégouët, B. Mougin, L. Langouët, J.L. Monnier (2010) 146 p.

Vernhet Y. (2001) - Carte géologique harmonisée du département du Calvados. Rapport BRGM/RP-51313-FR, 31 p.

Vernhet Y. (2002) - Carte géologique harmonisée du département de l'Orne. Rapport BRGM/RP-51626-FR, 28 p.

Vernhet Y. (2003) - Carte géologique harmonisée du département de la Manche. Rapport BRGM/RP-52715-FR, 228 p.

Vernhet Y. (2010) - Carte géologique harmonisée du département de la Mayenne. Rapport BRGM/RP-58050-FR, 213 p.

Vernhet Y., Baize S., Coutard J.P., Langevin C. (1999) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Balleroy (118), Orléans : BRGM, 129 p. Carte géologique par Y.

Vernhet, C. Pareyn, M. Villey, J. Aubry, F. Zwingelberg, F. Coutard, S. Baize, JP. Coutard (1999).

Villey M., Marot A., Castaing C., Beurrier M., Dadet P., Herrouin Y., Sagon K.-P., Weecksteen G., Bles J.-L., Lozes J., Gros Y. (1982) - Carte géologique à 1/50 000 Carhaix-Plouger (277), Orléans, BRGM. Notice explicative par M. Villey *et al.* (1982), 52 p.

Wyns R., Lardeux H., Moguedet G., Duermel G., Gruet M., Biagi R. (1998) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 Chemillé (483), Orléans : BRGM, 72 p. Carte géologique par R. Wyns, JP. Clément, G. Moguedet, R. Biagi, H. Lardeux, M. Gruet (1988).

Wyns R., Godard G., Lablanche G., Biron R., Bresson G. (1989) - Notice explicative de la carte géologique à 1/50 000 la Roche-sur-Yon (562), Orléans : BRGM, 80 p. Carte géologique par R. Wyns, E. Le Goff, G. Lablanche, G. Godard, M. Ters, JP. Clément (1988).

Wyns R., Lablanche G., Lefavrais-Raymond A., Bresson G., Biron R. (1988) - Notice explicative, Carte géologique à 1/50 000 Chantonay (563), Orléans : BRGM, 76 p. Carte géologique par R. Wyns, G. Lablanche, A. Lefavrais-Raymond (1984).

Yazicioglu, S., Ilçyato, 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.

Yazicioglu, S., Oktem, K., Ilçyato, 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.

Annexe

Annexe 1 – Coordonnées géographiques des points d'observation et de prélèvement réalisés dans le cadre du projet de cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans le Massif armoricain.

Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans le Massif armoricain

Affileurement	Ensemble géologique	Sous-ensemble géologique	Code Carte_Harm	XLambertIE	YLambertIE	Carte50K	Département	Lithologie	Etudes Lames minces
22FB001	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	115	162933,148	2393875,378	Carhaix-Plouguer	COTES-D'ARMOR	Basalte	*
22FB002	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	113	161062,453	2394579,841	Carhaix-Plouguer	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22FB003	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	115	161532,174	2394668,898	Carhaix-Plouguer	COTES-D'ARMOR	Basalte	*
22FB004	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	113	162147,062	2402808,272	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Basalte	*
22FB005	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	113	162868,304	2403454,742	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22FB006	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE	Formation de Lohuec	111	166052,918	2404273,247	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA001	TREGOR	Formation de Paimpol	141	207096,191	2433692,978	Tréguier	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA002	TREGOR	Formation de Paimpol	141	207185,884	2433603,227	Tréguier	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA003	TREGOR	Formation de Paimpol	141	205324,607	2434011,011	Tréguier	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA004	TREGOR	Formation de Paimpol	141	200227,672	2434057,394	Tréguier	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA005	TREGOR	Formation de Paimpol	141	191518,128	2434260,891	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA006	TREGOR	Formation de Paimpol	141	173217,203	2428629,252	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA007	TREGOR	Formation de Paimpol	141	172263,76	2428381,909	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA008	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	108	214537	2377439	Moncontour	COTES-D'ARMOR	Méta-andésite	*
22GA009	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	108	206025,749	2376507,37	Quintin	COTES-D'ARMOR	Méta-andésite	*
22GA010	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	108	208535,078	2377099,188	Quintin	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA011	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	108	210850,561	2377767,597	Quintin	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA012	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	110	208632,766	2378993,852	Quintin	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA013	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	110	210911,902	2380520,512	Quintin	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA014	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	109	210711,008	2380769,338	Quintin	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA015	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	109	210641,668	2380482,855	Quintin	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA016	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	107	210976,617	2380895,185	Quintin	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA017	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kerroch	109	199673,829	2375758,968	Quintin	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA018	TREGOR	Formation de Paimpol	141	175487,084	2429012,148	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA019	TREGOR	Formation de Paimpol	141	175645,88	2428946,548	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA020	TREGOR	Formation de Paimpol	141	175761,445	2428828,355	Lannion	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA021	TREGOR	Métadolérite de Kéralain	137	181160,709	2429421,101	Lannion	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA022	TREGOR	Formation de Paimpol	141	181104,443	2429256,005	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA023	TREGOR	Formation de Paimpol	141	184547,4	2429157,642	Lannion	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA024	TREGOR	Formation de Paimpol	141	164608,539	2427831,337	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA025	TREGOR	Formation de Paimpol	141	164624,215	2427778,089	Lannion	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA026	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	162732,657	2424270,898	Plestin-les-Grèves	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA027	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	159740,165	2418374,925	Plestin-les-Grèves	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA028	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	159438,348	2418459,283	Plestin-les-Grèves	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA029	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	160082,826	2418276,317	Plestin-les-Grèves	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA030	SAINT-BRIEUC	Massif de Squiffiec	136	189099,015	2424005,956	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA031	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	189001,535	2424261,983	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA032	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	195460,833	2423231,52	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA033	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	195872,562	2421868,141	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métadiorite	*
22GA034	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	191362,552	2414493,913	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA035	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		129	183435,789	2406724,425	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA036	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		129	183448,189	2407171,496	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA037	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	183691,537	2407430,954	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA038	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	192278,386	2406225,34	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA039	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	192763,832	2402152,614	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA040	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	193240,572	2402555,885	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA041	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	193276,288	2402571,964	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA042	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		128	197491,29	2401030,749	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA043	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	174059,873	2400624,974	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA044	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	174039,556	2400533,522	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA045	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	174002,98	2400439,547	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA046	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	173972,66	2400413,892	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA047	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		129	170631,099	2398013,23	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA048	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		129	170645,731	2398093,94	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA049	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		130	170165,866	2398345,117	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA050	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		130	170295,305	2398355,975	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA051	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		132	170499,181	2399021,25	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Serpentine	*
22GA052	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170983,139	2399494,781	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Gabbro	*
22GA053	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170659,247	2400364,578	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA054	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		132	173716,372	2402274,907	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Serpentine	*
22GA055	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		129	174665,984	2403829,836	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA056	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	166990,864	2401295,477	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA057	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	115	167044,067	2401544,336	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA058	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	115	167061,937	2401684,291	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA059	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	115	167065,022	2401957,343	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA060	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	114	166236,946	2399996,34	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA061	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	114	166100,458	2399904,536	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA062	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	165907,928	2399480,206	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA063	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	115	165832,538	2399530,468	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA064	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	165333,77	2399311,278	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA065	SAINT-BRIEUC	Massif de Saint-Quay-Portrieux	134	219818,974	2418038,998	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA066	SAINT-BRIEUC	Massif de Saint-Quay-Portrieux	134	219773,091	2418108,909	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA067	SAINT-BRIEUC	Massif de Saint-Quay-Portrieux	134	219758,615	2418132,159	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA068	SAINT-BRIEUC	Massif de Saint-Quay-Portrieux	134	219702,016	2418581,839	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA069	SAINT-BRIEUC	Massif de Saint-Quay-Portrieux	134	217871,565	2420205,854	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro-diorite	*
22GA070	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	207688,387	2415244,329	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA071	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	207245,74	2414895,266	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA072	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	204095,732	2414874,013	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA073	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	199892,83	2416311,81	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA074	SAINT-BRIEUC	Massif de Squiffiec	136	196421,882	2417268,595	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA075	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	127	191566,111	2417061,282	Pontrieux	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA076	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	139	245686,18	2414202,018	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA077	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	139	245607,348	2414221,708	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA078	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	139	245525,177	2414247,176	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA079	SAINT-BRIEUC	Massif de St-Alban	133	249676,569	2414339,763	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA080	SAINT-BRIEUC	Massif de St-Alban	133	249676,569	2414339,763	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA081	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	138	249532,013	2414270,504	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Tuf	*
22GA082		Filon de dolérite	99	257169,937	2419518,75	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*
22GA083		Filon de dolérite	99	257169,937	2419518,75	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Métadolérite	*

Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans le Massif armoricain

Affleurement	Ensemble géologique	Sous-ensemble géologique	Code Carte_Harm	XLambertIIIE	YLambertIIIE	Carte50K	Département	Lithologie	Etudes Lames minces
22GA084	SAINT-BRIEUC	Massif de Coëtmieux	135	258911,305	2417764,476	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA085	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	255201,86	2412726,163	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA086	SAINT-BRIEUC	Massif de St-Alban	133	240440,116	2407574,432	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA087	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		132	234947,935	2398475,623	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA088	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	235157,08	2398109,523	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA089	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	139	245565,557	2413921,481	Saint-Cast	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA090	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	139	235735,224	2406889,472	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Basalte-andésite	*
22GA091	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	236905,025	2400305,074	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA092	YFFINIAC-BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	237599,445	2399544,614	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA093	SAINT-MALO	Massif de Trégor	121	247736,531	2397008,807	Lamballe	COTES-D'ARMOR	Gabbro	*
22GA094	SAINT-MALO	Massif de Trégor	121	247782	2396659	Lamballe	COTES-D'ARMOR	Gabbro	*
22GA095	SAINT-MALO	Formation de Lamballe	122	216533,318	2384970,034	Moncontour	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA096		Filon de dolérite	99	228359,887	2388565,456	Moncontour	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA097	SAINT-MALO	Formation de Lamballe	122	230856,105	2387759,9	Moncontour	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA098		Massif de Ploumanach	105	171258,507	2441139,72	Perros-Guirec	COTES-D'ARMOR	Dolérite	*
22GA099	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	217743,128	2406902,716	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA100	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	217915,291	2406707,41	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA101	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	219937,462	2406672,839	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA102	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	227129,114	2407076,742	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA103	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	227304,769	2407180,623	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA104	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	227781,136	2402156,187	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA105	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	230153,92	2397551,417	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA106	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	226212,313	2398515,578	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA107	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	228518,759	2398868,983	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA108	SAINT-MALO	Formation de Château-Serein	125	232164,435	2395965,355	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Méta-andésite	*
22GA109	SAINT-MALO	Formation de Château-Serein	125	233013,545	2396145,648	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA110	SAINT-MALO	Formation de Château-Serein	125	238875,857	2399541,147	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Méta-andésite	*
22GA111	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	239930,254	2400913,298	Saint-Brieuc	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA112	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	209282,896	2408636,126	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA113	SAINT-BRIEUC	Formation de Lanvollon - Erquy	140	207031,865	2410819,588	Guingamp	COTES-D'ARMOR	Amphibolite	*
22GA114	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170782	2393324	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA115	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170840	2398358	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métabasalte	*
22GA116	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170697	2398227	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Métagabbro	*
22GA117	YFFINIAC - BELLE-ISLE-EN-TERRE		131	170540	2399198	Belle-Isle-en-Terre	COTES-D'ARMOR	Serpentinite	*
29FB001	POULDU	Formation de Tréogat	162	101422,895	2343777,176	Pont-Croix	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB002	POULDU	Formation de Tréogat	162	99382	2343682	Pont-Croix	FINISTERE	Grenatite à amphibole	*
29FB003	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de TyLan	158	99922,988	2343817,671	Pont-Croix	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB004	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de TyLan	158	100447,12	2345002,46	Pont-Croix	FINISTERE	Serpentinite ?	*
29FB005	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	101029,184	2347930,642	Pont-Croix	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB006	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de TyLan	158	101440,43	2348209,929	Pont-Croix	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB007	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de TyLan	158	101436,104	2350695,312	Pont-Croix	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB008	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	100664,09	2350666,315	Pont-Croix	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB009	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de TyLan	158	103306,533	2348213,027	Quimper	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB010	POULDU	Groupe de Nerly	163	122024	2344387	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB011	POULDU	Groupe de Nerly	163	122170	2343718	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB012	POULDU	Groupe de Nerly	163	122253	2343495	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB013	POULDU	Groupe de Nerly	163	116205	2342949	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB014	POULDU	Groupe de Nerly	163	116070	2343083	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB015	POULDU	Groupe de Nerly	163	116031	2343460	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB016	POULDU	Groupe de Nerly	163	116085	2343573	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB017	POULDU	Groupe de Nerly	163	116085	2343699	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB018	POULDU	Groupe de Nerly	163	116240	2344105	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB019	POULDU	Groupe de Nerly	163	115830	2343792	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB020	POULDU	Groupe de Nerly	163	113629	2343051	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB021	POULDU	Groupe de Nerly	163	113659	2342900	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB022	POULDU	Groupe de Nerly	163	113839	2342682	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB023	POULDU	Groupe de Nerly	163	110690	2342444	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB024	POULDU	Groupe de Nerly	163	112600	2342801	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB025	POULDU	Groupe de Nerly	163	108943	2343064	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB026	POULDU	Groupe de Nerly	163	108968	2342610	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB027	POULDU	Groupe de Nerly	163	107470	2342900	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB028	POULDU	Groupe de Nerly	163	122616	2343518	Quimper	FINISTERE	Ultrasite (werhite?)	*
29FB029	POULDU	Formation de Tréogat	162	107950	2346597	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB030	POULDU	Formation de Tréogat	162	103310	2344842	Quimper	FINISTERE	Ovardite	*
29FB031	POULDU	Formation de Tréogat	162	105087	2346019	Quimper	FINISTERE	Ovardite	*
29FB032	POULDU	Formation de Tréogat	162	103629	2346739	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB033	POULDU	Formation de Tréogat	162	106253	2346592	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB034	POULDU	Formation de Tréogat	162	106069	2346816	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB035	POULDU	Formation de Tréogat	162	106457	2346284	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB036	POULDU	Formation de Tréogat	162	104344	2347014	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB037	POULDU	Formation de Tréogat	162	104507	2347187	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB038	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	107800	2350780	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB039	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	103292	2350878	Quimper	FINISTERE	Gneiss à amphibole	*
29FB040	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	105519	2350745	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB041	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	105987	2350719	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB042	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	105188	2350873	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB043	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	106056	2351309	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB044	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Penhors	157	103794	2351165	Quimper	FINISTERE	Gneiss à amphibole	*
29FB045	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	106336	2347562	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB046	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	106336	2347562	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB047	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	106283	2347779	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB048	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104868	2347589	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB049	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104868	2347589	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB050	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104228	2348016	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB051	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104245	2347840	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB052	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104516	2348213	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB053	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Peumerit	160	104391	2348293	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB054	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Ty-Lann	158	103408	2348173	Quimper	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB055	COMPLEXE DE LABAIE D'AUDIERNE	Formation de Ty-Lann	158	103408	2348173	Quimper	FINISTERE	Serpentinite	*

Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans le Massif armoricain

Affileurement	Ensemble géologique	Sous-ensemble géologique	Code Carte_Harm	XLambertII	YLambertII	Carte50K	Département	Lithologie	Etudes Lames minces
29FB056	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Ty-Lann	158	103598	2348475	Quimper	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB057	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Ty-Lann	158	103709	2348378	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB058	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Ty-Lann	158	103709	2348378	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB059	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Ty-Lann	158	103709	2348378	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB060	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Ty-Lann	158	103703	2348240	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB061	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103970	2347320	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB062	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103317	2346682	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB063	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103437	2346778	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB064	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103487	2347825	Quimper	FINISTERE	Serpentinite	*
29FB065	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103668	2347817	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB066	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	103668	2347817	Quimper	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB067	COMPLEXE DE LA BAIE D'AUDIÈRE	Formation de Peumerit	160	102912	2347830	Quimper	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB068		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	153	119889	2354665	Quimper	FINISTERE	Diorite	*
29FB069		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	153	121709	2354746	Quimper	FINISTERE	Hornblende	*
29FB070		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	153	121342	2355000	Quimper	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB071		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	153	121816	2354864	Quimper	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB072		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	128164	2353288	Quimper	FINISTERE	Diorite	*
29FB073		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	128791	2353285	Quimper	FINISTERE	Tonalite à amphibole	*
29FB074		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	130390	2353390	Quimper	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB075	POULDU	Groupe de Nerly	148	141753	2328038	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB076	POULDU	Groupe de Nerly	148	141999	2327981	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB077	POULDU	Groupe de Nerly	148	146536	2328931	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB078	POULDU	Groupe de Merrien	177	140507	2327392	Concarneau	FINISTERE	Gneiss à amphibole	*
29FB079	POULDU	Groupe de Merrien	177	140656	2327358	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB080	POULDU	Groupe de Merrien	177	140677	2327300	Concarneau	FINISTERE	Gneiss à amphibole	*
29FB081	POULDU	Groupe de Merrien	177	140141	2328059	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB082	POULDU	Groupe de Merrien	177	140822	2327859	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB083	POULDU	Groupe de Merrien	177	146512	2328444	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB084	POULDU	Groupe de Merrien	177	146858	2328247	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB085	POULDU	Groupe de Merrien	177	147478	2327646	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB086	POULDU	Groupe de Merrien	177	147847	2327315	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB087	POULDU	Groupe de Merrien	177	147685	2327145	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB088	POULDU	Groupe de Merrien	177	153684	2324896	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB089	POULDU	Groupe de Merrien	177	153968	2324812	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB090	POULDU	Groupe de Merrien	177	152661	2327112	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB091	POULDU	Groupe de Merrien	177	131648	2338415	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB092	POULDU	Groupe de Merrien	177	131645	2338378	Concarneau	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB093		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	130931	2353513	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB094		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	134767	2354278	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB095		Métagabbro-diorite de Niverrot-Tréanna	152	133541	2354126	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB096		Métagabbro-diorite du Meneg	156	138845	2349958	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB097		Métagabbro-diorite du Meneg	156	137661	2350181	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB098		Métagabbro-diorite du Meneg	156	151543	2346151	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB099		Métagabbro-diorite du Meneg	156	152847	2345980	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB100		Métagabbro-diorite du Meneg	156	152084	2346034	Rosporden	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB101		Amphibolites de Koat Konk	238	135089	2343772	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB102		Amphibolites de Koat Konk	238	132979	2344360	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB103		Amphibolites de Koat Konk	238	146949	2340665	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB104	POULDU	Groupe de Merrien	177	130844	2339385	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB105	POULDU	Groupe de Merrien	177	130749	2339475	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB106	POULDU	Groupe de Nerly	148	130599	2340783	Rosporden	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB107	TREGOR	Formation de paimpol	141	157838,248	2422313,555	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gneiss à amphibole/épidote	*
29FB108	TREGOR	Formation de paimpol	141	158194,723	2423236,515	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gneiss à amphibole/épidote	*
29FB109	TREGOR	Formation de paimpol	141	159722,598	2425064,926	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gneiss à amphibole/épidote	*
29FB110	TREGOR	Formation de paimpol	141	156726,611	2422664,675	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Méta-andésite	*
29FB111	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	143939,564	2425148,17	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB112	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	143541,97	2425994,25	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Métagabbro	*
29FB113	MORLAIX-ELORN	Massif de Saint-Jean-du-Doigt	146	147248,333	2430212,636	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro	*
29FB114	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	143960,712	2424214,675	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro	*
29FB115	MORLAIX-ELORN	Massif de Barnenez-Plestin	116	146062,087	2421538,305	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB116	TREGOR		141	149450,026	2419472,877	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Schiste	*
29FB117	TREGOR		141	148831,726	2420445,406	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Métagrauwacke	*
29FB118	TREGOR	Formation de paimpol	141	155543,18	2420431,107	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gneiss à amphibole/épidote	*
29FB119	MORLAIX-ELORN	Massif de Saint-Jean-du-Doigt	146	150365,61	2429211,862	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB120	MORLAIX-ELORN	Massif de Saint-Jean-du-Doigt	146	152143,989	2429365,533	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro-diorite	*
29FB121	MORLAIX-ELORN	Massif de Saint-Jean-du-Doigt	145	154609,504	2428473,554	Plestin-les-Grèves	FINISTERE	Gabbro	*
29FB122	LESNEVEN	Massif de Lannilis	164	95199,45	2416778,377	Plabennec	FINISTERE	Orthogranodiorite	*
29FB123	LESNEVEN	Massif de Lannilis	164	96559,552	2419002,847	Plabennec	FINISTERE	Orthogranodiorite à amphibole	*
29FB124	LESNEVEN	Massif de Lannilis	164	95603,832	2420660,661	Plabennec	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB125	COMPLEXE DE PLOUGERNEAU		176	92242,431	2422918,66	Plouguerneau	FINISTERE	Orthogranodiorite	*
29FB126	LESNEVEN	Massif de Lannilis	164	89212,813	2419576,747	Plabennec	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB127	LESNEVEN	Massif de Lannilis	164	83923,768	2417167,196	Plabennec	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB128	COMPLEXE DE PLOUGERNEAU		176	81000,573	2419759,306	Ploouazel-Ile d'Ouessant	FINISTERE	Métadiorite quartzique	*
29FB129	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation du Fauoët	154	128424,815	2362598,075	Châteaulin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB130	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation du Fauoët	154	128893,74	2362511,857	Châteaulin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB131	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation du Fauoët	175	131245,368	2363438,181	Gourin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB132	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Kermeur	139	139260,21	2365609,211	Gourin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB133	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation du Fauoët	175	143669,659	2364727,164	Gourin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB134	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lostevenn	166	139534,008	2369075,61	Gourin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB135	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lostevenn	166	137305,526	2368679,375	Gourin	FINISTERE	Métadiorite	*
29FB136	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	159902,412	2391540,648	Huelgoat	FINISTERE	Gabbro	*
29FB137	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	158542,929	2391580,626	Huelgoat	FINISTERE	Microdiorite quartzique	*
29FB138	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	158611,947	2391461,973	Huelgoat	FINISTERE	Gabbro	*
29FB139	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	160211,706	2393448,825	Huelgoat	FINISTERE	Gabbro	*
29FB140	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	157964,718	2395763,126	Huelgoat	FINISTERE	Gabbro	*
29FB141	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	115	160577,706	2396793,57	Carhaix-Plouguer	FINISTERE	Gabbro	*
29FB142	BASSIN DE CHATEAULIN	Formation de Lohuec	113	162295,57	2398403,857	Belle-Ile-en-Terre	FINISTERE	Gabbro	*
29FB143	POULDU	Groupe de Merrien	177	158810,58	2323611,92	Lorient	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB144	POULDU	Groupe de Merrien	177	158961,98	2323818,67	Lorient	FINISTERE	Amphibolite	*
29FB145	POULDU	Groupe de Merrien	177	159840,87	2323438,22	Lorient	FINISTERE	Amphibolite	*

Cartographie de l'aléa *amiante environnemental* dans le Massif armoricain

Affleurement	Ensemble géologique	Sous-ensemble géologique	Code Carte_Harm	XLamberthIE	YLamberthIE	Carte50K	Département	Lithologie	Etudes Lames minces
29FB146		Amphibolites de Koat Konk	238	159592,31	2337844,74	Plouay	FINISTERE	Amphibolite	*
49GA001	MAUGES	Formation de Drain	186	332202,862	2266232,986	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA002	MAUGES	Formation de Drain	186	332828,92	2266165,807	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA003	MAUGES	Formation de Drain	186	332869,725	2266316,056	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA004	MAUGES	Formation de Drain	186	334148,736	2266416,245	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA005	MAUGES	Formation de Drain	186	334026,911	2266510,732	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA006	MAUGES	Formation de Drain	186	333923,736	2266543,179	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA007	MAUGES	Formation de Drain	186	333495,552	2266187,753	Ancenis	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA008	MAUGES	Formation de Drain	186	336980,644	2263756,563	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Métagabbro	*
49GA009	MAUGES	Formation de Drain	186	336983,598	2263823,199	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Métagabbro	*
49GA010	MAUGES	Formation de Drain	187	336944,47	2263850,898	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Métagabbro	*
49GA011	MAUGES	Formation de Drain	186	337062,578	2263471,028	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Métagabbro	
49GA012	MAUGES	Formation de Drain	187	338074,17	2260471,907	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA013	MAUGES	Formation de Drain	186	339246,971	2260945,136	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA014	MAUGES	Formation de Drain	186	339567,223	2261112,829	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA015	MAUGES	Formation de Drain	187	340403,516	2261282,061	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA016	MAUGES	Formation de Drain	187	340734,065	2261484,601	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA017	MAUGES	Formation de Drain	187	329999,275	2257025,906	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA018	MAUGES	Formation de Drain	187	329959,375	2257064,813	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA019	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	335192,624	2251755,071	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA020	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	335429,89	2251662,909	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA021	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	337432,616	2252258,475	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA022	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	332608,985	2248170,735	Vallet	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	
49GA023	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	344082,335	2250994,962	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Schiste vert	
49GA024	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	343943,605	2250531,754	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Chloritoschiste	*
49GA025	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	343896,86	2250209,235	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA026	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	344122,95	2250294,082	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Amphibolite	*
49GA027	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	344595,119	2248515,772	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Schiste	
49GA028	MAUGES	Formation de Beaupréau	185	344868,038	2248630,165	Chemillé	MAINE-ET-LOIRE	Schiste à chlorite et amphibole	*
53GA001	BRETAGNE CENTRALE	Filon de dolérite	99	370648,181	2329260,593	Cossé-le-Vivien	MAYENNE	Microdolérite	*
53GA002		Diorite de Neau	197	386161	2355359	Evron	MAYENNE	Dolérite	*
56FB001		Amphibolites d'Hennebont	210	179607,71	2327082,24	Lorient	MORBIHAN	Amphibolite	*
56FB002	POULDU	Groupe de Merrien	177	162912,28	3233997,32	Lorient	MORBIHAN	Amphibolite	*
56FB003		Métadiorite quartzique de Lokunolé	156	165732,58	2341904,56	Plouay	MORBIHAN	Métadiorite quartzique	*
56GA001	GROIX-CENE	Formation de l'île de Groix, schiste vert	206	162957,037	2308608,216	Île-de-Groix	MORBIHAN	Amphibolite	*
56GA002	GROIX-CENE	Formation de l'île de Groix, amphibolite	205	164684,947	2310336,499	Île-de-Groix	MORBIHAN	Amphibolite	*
56GA003	GROIX-CENE	Formation de l'île de Groix, amphibolite	205	164882,902	2310126,768	Île-de-Groix	MORBIHAN	Amphibolite	*
56GA004	GROIX-CENE	Serpentine	208	162412,494	2311032,655	Île-de-Groix	MORBIHAN	Serpentine ?	
56GA005	GROIX-CENE	Formation de l'île de Groix, schiste vert	206	163887,01	2307979,01	Île-de-Groix	MORBIHAN	Amphibolite	*
56GA006	GROIX-CENE	Formation de l'île de Groix	207	166485	2307613	Île-de-Groix	MORBIHAN	Schiste vert	
85GA001	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	334873,854	2196595,41	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA002	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	323045,436	2223191,767	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA003	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	321841,634	2224367,884	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA004	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	321450,43	2224692,128	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA005		Serpentinites, biribrites	220	324293	2223544	Montaigu	VENDEE	Serpentine ?	
85GA006		Serpentinites, biribrites	220	325987	2222781	Montaigu	VENDEE	Serpentine ?	
85GA007	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	328630,845	2220400,351	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA008	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	328301,168	2220582,234	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA009	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	327591	2220501	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA010	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	327579,194	2220602,111	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA011	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	327678,327	2220686,612	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA012	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	328888,564	2219079,369	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA013	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	329583,04	2220863,483	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA014	PAIMBOEUF-MONTAIGU	Formation de Saint-Georges-de-Montaigu	219	330039,325	2219405,619	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA015	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	317891,884	2208526,989	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA016	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	318039	2208246	Montaigu	VENDEE	Amphibolite ?	
85GA017	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	318374,311	2208524,688	Montaigu	VENDEE	Gneiss à amphibole	*
85GA018	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	321447,743	2205211,512	Montaigu	VENDEE	Amphibolite	*
85GA019	COMPLEXE DES ESSARTS		228	325066,532	2205016,592	La Roche sur Yon	VENDEE	Micaschiste	*
85GA020	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	329828,117	2197612,27	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA021	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	327738,372	2199785,567	La Roche sur Yon	VENDEE	Schiste à amphibole et épidote	*
85GA022	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	326818,784	2200532,075	La Roche sur Yon	VENDEE	Schiste vert	*
85GA023	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	336171,457	2193385,872	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA024	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	335988,065	2193481,085	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA025	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	333984,077	2194993,674	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA026	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	334493,265	2195141,733	La Roche sur Yon	VENDEE	Gneiss à épidote	*
85GA027	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	336076,162	2192436,938	La Roche sur Yon	VENDEE	Chloritoschiste à amphibole	*
85GA028	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	335976,808	2192441,304	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA029	COMPLEXE DES ESSARTS		226	334921,044	2196739,82	La Roche sur Yon	VENDEE	Amphibolite	*
85GA030	SAINT-GILLES ET DE LA VILAINE	Formation de l'Aiguillon et de Fenouiller	233	281340	2194712	Le Poiré sur Vie	VENDEE	Amphibolite	*
85GA031	SABLES-D'OLONNE		234	285856	2178585	Les Sables-d'Olonne	VENDEE	Amphibolite ?	
85GA032	SAINT-GILLES ET DE LA VILAINE	Formation de l'Aiguillon et de Fenouiller	233	280187,932	2195381,713	Saint-Gilles-Croix-de-Vie	VENDEE	Chloritoschiste à amphibole	*
85GA033	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	344056,105	2202751,546	Chantonnay	VENDEE	Tuf - basalte	*
85GA034	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	346089,886	2202375,812	Chantonnay	VENDEE	Métabasalte	*
85GA035	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	346191,041	2202147,168	Chantonnay	VENDEE	Métabasalte	*
85GA036	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	346189,011	2201828,329	Chantonnay	VENDEE	Basalte-andésite	*
85GA037	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	346832,98	2201630,519	Chantonnay	VENDEE	Basalte-andésite	*
85GA038	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	349367	2200198	Chantonnay	VENDEE	Basalte-andésite	*
85GA039	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	348783,145	2199794,449	Chantonnay	VENDEE	Basalte-andésite	*
85GA040	CHANTONNAY	Groupe de Réaumur	222	355419,956	2193844,822	Chantonnay	VENDEE	Pyroclastite	*
85GA041	COMPLEXE DES ESSARTS		227	306183,374	2223485,245	Palluau	VENDEE	Métagabbro	*
85GA042	COMPLEXE DES ESSARTS		227	306208,458	2223530,383	Palluau	VENDEE	Amphibolite	*
85GA043	COMPLEXE DES ESSARTS		226	306145,632	2224809,62	Palluau	VENDEE	Amphibolite	*
85GA044	COMPLEXE DES ESSARTS		228	306049,98	2225111,105	Palluau	VENDEE	Eclogite amphibolitisée	*
85GA045	COMPLEXE DES ESSARTS		228	306428,846	2225765,789	Montaigu	VENDEE	Biribrite	*
85GA046	COMPLEXE DES ESSARTS		229	310728,365	2219498,266	Palluau	VENDEE	Eclogite amphibolitisée	*
85GA047	SAINT-MARTIN-DES-NOYERS		230	308230,006	2220107,481	Palluau	VENDEE	Amphibolite	*
85GA048	COMPLEXE DES ESSARTS		226	311927,696	2222335,846	Palluau	VENDEE	Eclogite amphibolitisée	*
85GA049	COMPLEXE DES ESSARTS		226	308293,422	2223749,113	Palluau	VENDEE	Eclogite amphibolitisée	*



Centre scientifique et technique
Direction des Géoressources
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr