

Document à accès immédiat

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye (Alpes-de- Haute-Provence, 04)

Rapport final

BRGM/ RP-71411-FR

Version 1 du 1^{er} octobre 2021

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

PLUNDER Alexis

avec la collaboration de

F. Cagnard, A. Lahfid, C. Duée, F. Boulant

Vérificateur :

Nom : Olivier BLEIN

Fonction : Géologue – Chef de Projet

Date : 25/10/2021

Signature :



Approbateur :

Nom : Didier LAHONDERE

Fonction : Directeur adjoint

Date : 03/03/2022

Signature :



Avertissement

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

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

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

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

Votre avis nous intéresse

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

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : France, Alpes, Ubaye, Géologie, Serpentinite, Péridotite, Métagabbro, Métabasalte, Amiante, Cartographie, Niveau de susceptibilité, Chrysotile, Actinolite, Trémol.

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

PLUNDER Alexis, avec la collaboration de **F. Cagnard, A. Lahfid, C. Duée, F. Boulant (2021) – Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye (Alpes-de-Haute-Provence, 04). Rapport final V1. BRGM/ RP-71411-FR, 169 p., 65 ill., 14 tab., 5 ann.**

© BRGM, 2021, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

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

Sept zones géographiques distinctes (dont certaines seront rassemblées lors de la rédaction des rapports) ont été définies au début du projet (Illustration 1) et correspondent aux Cévennes, à la partie nord de l'Arc alpin (zone en Haute-Savoie) et à la partie sud de l'Arc alpin (vallée de la Haute-Ubaye, le Massif du Mercantour, les Massifs des Maures et du Tanneron ainsi que la Corse hercynienne).

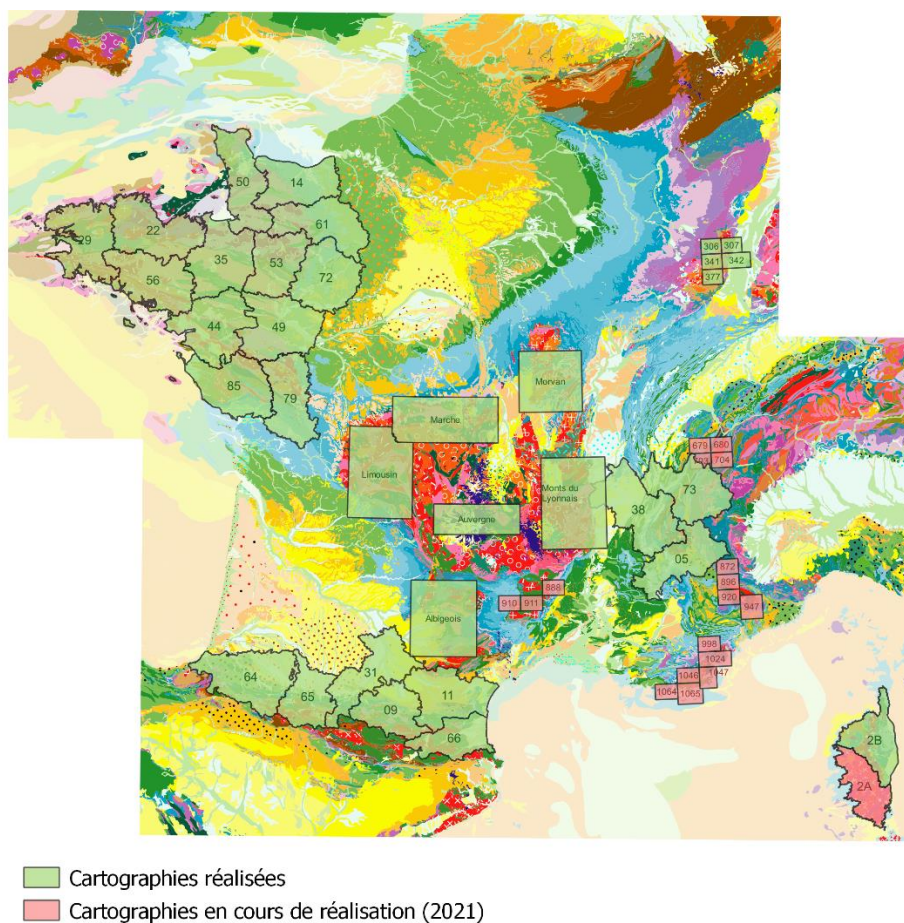


Illustration 1 : Localisation des cartographies de susceptibilité de présence d'amiante déjà réalisées (en vert) et à en cours de réalisation (en rose).

La poursuite de la couverture de la carte nationale de susceptibilité de présence d'amiante s'inscrit dans la continuité d'une série d'études ayant concerné : le département des Deux-Sèvres (Duron *et al.*, 2020), la zone des Vosges (Duron *et al.*, 2020a), six zones dans le Massif Central (Limousin, Monts du Lyonnais, Morvan, Auvergne, Albigeois, La Marche (Cagnard *et al.*, 2020a, 2020b; Duron *et al.*, 2020f, 2020c, 2020d), les Pyrénées (Cagnard *et al.*, 2015), les départements des Hautes Alpes et de l'Isère (Lahondère *et al.*, 2012b, 2012a), du Massif Armoricain (Béchennec *et al.*, 2013), ainsi que de la Haute-Corse (Lahondère *et al.*, 2010), de la Savoie (Blein *et al.*, 2010) et de la Loire-Atlantique (Béchennec *et al.*, 2010).

Le programme de la présente étude inclut trois phases successives.

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

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

La dernière phase du projet a consisté à synthétiser l'ensemble des résultats obtenus, tant sur le terrain qu'en laboratoire, dans le but de produire les cartes de susceptibilité consolidée « amiante ». Le nombre de formations concernées par chacun des niveaux de susceptibilité est présenté ci-dessous de façon synthétique, pour la zone sud de l'arc Alpin concernée par cette étude.

Haute-Ubaye	Nombre de formations affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel à l'issue de l'AMC	Nombre de formations expertisées sur le terrain	Nombre de formations affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé à l'issue de l'expertise
« Nul à très faible »	46	7	49
« Faible »	5	5	4
« Moyen »	4	3	2
« Fort à très fort »	2	2	2

Tableau 1 : Synthèse des niveau de susceptibilité.

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

Plusieurs points importants ont été mis en lumière à travers cette étude.

Les principaux résultats de cette étude montrent que :

- (1) les roches ultrabasiques, de type serpentinites ou métabrèches de serpentinites, ubiquistes dans les Schistes Lustrés de Haute-Ubaye, montrent des occurrences amiantifères quasi-systématiques, visibles principalement sous forme de veines et veinules à chrysotile. Dans certaines veines ou dans la masse, de la trémolite-amiante a également été identifiée ;
- (2) les métagabbros et métabrèches de gabbros, ainsi que les metabasites et métabrèches de basaltes, observés à différentes échelles dans les Schistes Lustrés présentent de manière quasi systématique des amphiboles réglementées au titre de l'amiante (actinolite), mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Toutefois, ces roches sont susceptibles de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles, pour une partie d'entre eux, de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'amiante. Ces roches sont présentes à différentes échelles dans les calcschistes des Schistes Lustrés, et ne sont parfois pas représentées sur les cartes géologiques à 1/50 000^{ème}.
- (3) certains métasédiments de la couverture briançonnaise (notamment les marbres en plaquettes du Crétacé-Éocène) ainsi que certains niveaux dans les calcschistes des Schistes Lustrés renferment de la Fe-Mg carpholite. Les fibres de Fe-Mg carpholite, bien que non réglementées au titre de l'amiante, présentent régulièrement des caractéristiques dimensionnelles correspondant à des fibres inhalables au sens de l'OMS.

NOTA : Les documents cartographiques attachés à la présente étude ont été établis à partir des données des cartes géologiques numériques harmonisées départementales (issues de synthèses des cartes géologiques à 1/50 000^{ème} et 1/80 000^{ème} préalablement produites dans le cadre du programme national de la Carte Géologique de la France), et/ou directement de cartes géologiques à 1/50 000^{ème}. Les limites géologiques représentées sur ces cartes,

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

Sommaire

1. Contexte de l'étude	15
1.1. INTRODUCTION	15
1.2. DÉFINITIONS DE DIFFÉRENTS TERMES : FIBRES MINÉRALES, AMIANTE, FIBRES ASBESTIFORMES, FIBRES OMS, FRAGMENTS DE CLIVAGE.....	16
1.2.1. Les fibres minérales.....	16
1.2.2. L'amiante	17
1.2.3. Les fibres asbestiformes	17
1.2.4. Les fibres OMS	18
1.2.5. Les fragments de clivage	18
1.3. DONNÉES ANTÉRIEURES	19
1.4. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE.....	20
1.4.1. Phase 1	20
1.4.2. Phase 2	21
1.4.3. Phase 3	21
2. Phase 1 : évaluation préalable du potentiel amiantifère.....	23
2.1. MÉTHODOLOGIE.....	23
2.1.1. Documents cartographiques utilisés	23
2.1.2. La carte géologique harmonisée du département des Alpes-de-Haute-Provence et la localisation de la zone d'étude.	24
2.1.3. Niveaux de susceptibilité considérés	26
2.1.4. Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales et des coupures géologiques à 1/50 000	27
2.2. RÉSULTATS DE L'ANALYSE.....	29
2.2.1. Résultats de l'analyse par mots-clés :.....	29
2.2.2. Résultats de l'analyse multicritère.....	29
2.2.3. Identification des cibles à expertiser et élaboration des fiches	32
3. Phase 2 : expertises de terrain et analyses en laboratoire.....	33
3.1. PRÉAMBULE.....	33
3.1.1. Terrain	33
3.1.2. Analyses	33
3.2. FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « FORT À TRÈS FORT ».....	34
3.2.1. Métabrèches de serpentinites (ophicalcites) [393]	35
3.2.2. Serpentinites [385].....	41
3.3. FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « MOYEN »	45
3.3.1. Andésites [382]	45
3.3.2. Métagabbros, métabrèches de gabbros [391]	50

3.3.3. Métabasaltés et métabrèches basaltiques [386].	57
3.4. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL	
« FAIBLE »	71
3.4.1. L'unité de Serenne : Les olistolites ophiolitiques du Turonien-Sénonien [189] et Brèches et blocs ophiolitiques [198]	72
3.4.2. Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière [378]	75
3.4.3. Permien volcano-détritique : Schistes non différenciés [389]	76
3.4.4. Mégabrèche du col du Longet (Jurassique - Crétacé ?) [396]	79
3.5. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « NUL À TRÈS FAIBLE »	79
3.5.1. Quaternaire	85
4. Établissement de la carte de susceptibilité consolidée	87
4.1. DÉTERMINATION DES NIVEAUX DE SUSCEPTIBILITÉ CONSOLIDÉS	87
4.2. PRÉSENTATION DE LA CARTE DE LA VALLÉE DE LA HAUTE-UBAYE	90
4.2.1. Présentation générale	90
4.2.2. Limites d'utilisation	91
5. Conclusion et perspectives	95
6. Bibliographie	97

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des cartographies de susceptibilité de présence d'amiante déjà réalisées (en vert) et à en cours de réalisation (en rose)	3
Illustration 2 : Localisation de la zone d'étude (hachures rouges) et des coupures 1/50 000 ^{ème} sur la carte géologique départementale harmonisée du département des Alpes-de-Haute-Provence	25
Illustration 3 : Définition des classes d'aléa retenues (colonnes de droite)	27
Illustration 4 : Définition des niveaux de susceptibilité retenus	27
Illustration 5 : Carte des niveaux de susceptibilité prévisionnels de présence d'amiante naturelle attribués aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye.	31
Illustration 6 : (a) Vue d'ensemble de l'ancien front de taille. (b) Vue rapprochée du front de taille. On distingue l'aspect massif de la péridotite. (c) Vue d'un bloc métrique taillé en rive droite de l'Ubaye au début de la piste conduisant à l'ancienne carrière. Le bloc porte une plaque de métal. (d) Vue rapprochée montrant la serpentinisation importante de la péridotite. (e) Vue de détail sur des placages blanchâtre. (Affleurement UBAP011).	36
Illustration 7 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP015. (b) Structure des métabèches de serpentinite. (c) Détail sur une veine fibreuse. (d) Fibres de trémolite en train de se détacher de la veine.	37
Illustration 8 : (a) Vue générale de l'ancienne carrière des Blavettes. La flèche indique l'ancien front de taille. (b) Vue de détail sur la texture de l'ophicalcite de « marbre de Maurin ». (Affleurement UBAP016).	38

Illustration 9 : (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant de la trémolite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant du chrysotile. Échantillons UBAP011.....	39
Illustration 10 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP015. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA montrant des veinules de chrysotile dans de l'antigorite.....	40
Illustration 11 : Images SE de la trémolite amiante contenue dans l'échantillon UBAP015 [393].....	41
Illustration 12 : (a) Vue générale de l'affleurement. (b) Placage de serpentines sur les calcschistes des Schistes Lustrés encaissants. (c) Vue élargie sur des fentes. (d) Vue de détail de la serpentinite.	42
Illustration 13 : (a) Vue des blocs glissés le long de la pente. (b) Détail sur la texture des serpentinites (Affleurement UBAP032).	42
Illustration 14 : (a) Vue générale du point d'affleurement UBAP038. L'affleurement de serpentinites est pointé par la flèche blanche. On distingue un petit abris sur la gauche des randonneurs, utilisé pour se protéger du vent. (b) Vue de l'affleurement. La ligne blanche montre le contact avec les Schistes Lustrés encaissants. (c) Vue rapprochée entre le contact entre les serpentinites en haut et le métasédiments, en bas. (d) Vue de détail de la serpentinite. On observe des veines blanches millimétriques de carbonates et des veinules sub-millimétriques de serpentines.....	43
Illustration 15 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA montrant la texture « mesh » caractéristique des serpentinites. On note la présence de veinules de chrysotile recoupant tardivement l'antigorite.	44
Illustration 16 : (a) et (b) Détail sur du chrysotile en LPNA et LPA.	44
Illustration 17 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP023. (b) Vue de la foliation. On peut apprécier le caractère plus ou moins massif des anciennes strates. (c) et (d) Vues de détail sur différentes brèches contenant une charge volcanique (affleurement UBAP024). (e) Vue générale de l'affleurement UBAP025 et (f) nature très siliceuse des roches présentes.	46
Illustration 18 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023A montrant la matrice fine et les clastes de quartz et de feldspath plagioclase.	47
Illustration 19 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023B montrant la matrice fine majoritairement composée de chlorite et les clastes de quartz et de feldspath plagioclase.	47
Illustration 20 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023C montrant la matrice fine et nombreux clastes de quartz et de feldspath plagioclase.	47
Illustration 21 : UBAP024A (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP024A montrant une texture porphyrique relativement bien préservée (matrice et prophyroblaste de plagioclases). La matrice fine majoritairement composée de quartz et de plagioclase. (c) et (d) Détail sur une zone entre les clastes volcaniques où l'on trouve des la chlorite et de l'épidote.....	49
Illustration 22 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA du niveau riche en épidote (UBAP024B).	49
Illustration 23 : (a) Vue de l'affleurement UBAP019, un boudin de métagabro. (b) Détail sur sa texture magmatique préservée. On distingue trois phases minérales : la glaucophane (bleu), la lawsonite ou la zoisite (blanc) et la jadéide (vert). La glaucophane remplace les anciens pyroxènes magmatiques tandis que la	

lawsonite ou la zoisite se développent dans les anciens sites des plagioclases.	50
Illustration 24 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP030 et localisation des affleurements UBAP032 et UBAP033. (b) Vue de l'affleurement UBAP30 montrant le caractère massif de la roche. (c) Vue de détail montrant la texture magmatique relativement bien préservée des roches de l'affleurement UBAP030. (d) Vue de détail montrant la foliation des métagabbros de l'affleurement UBAP033.....	51
Illustration 25 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA du métagabbro à glaucophane et lawsonite (UBAP019A). (c) et (d) Vues montrant la déformation d'un pyroxène magmatique déformé et de cristaux de glaucophane.....	52
Illustration 26 : UBAP019B (a) et (b) Vues de détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'actinolite. (c) et (d) Vues de détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'actinolite.	53
Illustration 27 : Image en électrons rétrodiffusés de l'échantillon UBAP019B et spectre EDS.	54
Illustration 28 : UBAP030 (a) et (b) Vues LPNA et LPA sur des amphiboles aciculaires à fibreuses. (c) et (d) Vues LPNA et LPA sur des surcroissances d'amphiboles aciculaires. (e) et (f) Vues LPA de cristaux d'amphiboles dont les terminaisons sont aciculaires à fibreuses.	56
Illustration 29 : Image en électrons rétrodiffusés de l'échantillon UBAP030 et spectres EDS d'actinolite associée.	57
Illustration 30 : (a) Vue de l'affleurement UBAP018. (b) Vue de détail sur la roche le composant. On observe bien la glaucophane de part sa couleur bleu et la lawsonite (minéraux blancs).	58
Illustration 31 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP013 montrant le (rétro) chevauchement du Briançonnais sur les Schistes Lustrés. (b) Détail sur un fragment de basalte massif qui montre la cristallisation d'épidote. (c) Niveaux riches en chlorites dans des plans de déformation cassants. (d) Niveaux montrant des minéraux ferromagnésiens (chlorite, amphibole ?) cristallisant dans le quartz. (e) Vue générale de l'affleurement UBAP037 montrant le plan de foliation ainsi que l'alternance volcano-sédimentaire.....	59
Illustration 32 : (a) Vue d'un bloc de metabèche de basalte. On y observe des fragments de basaltes en coussins et des textures réactionelles. (b) Veine à quartz + épidote. (c) Détail sur une veine à quartz + épidote. On observe les variolites dans les basaltes encaissants. (d) et (e) Vues d'une falaise constituée de basaltes avec des passées en coussins mieux visibles sur le zoom. (f) Vue rapprochée de basaltes en coussins. (g) Vue générale de la typologie d'affleurement de basaltes. (h) Détail montrant les basaltes en coussins pris dans une déformation pénétrative. (i) Détail de la texture des basaltes.	60
Illustration 33 : (a) et (b) Métabèches de matériel ophiolitique observées au point d'affleurement UBAP026. (c) et (d) Métabèches de matériel ophiolitique observées au point d'affleurement UBAP034.	61
Illustration 34 : UBAP018 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant des cristaux aciculaires de glaucophane. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'amphibole (glaucophane).....	62

Illustration 35 : (a) et (b) Image en électrons rétrodiffusés et spectre EDS de glaucophane.....	63
Illustration 36 : UBAP013 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA générale de l'échantillon où l'on distingue bien les cristaux de lawsonite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant montrant une veine tardive ou l'on observe de l'épidote et de l'albite. Le reste est constitué de pyroxène sodique et de chlorite.	64
Illustration 37 : UBAP026A (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabrèche ophiolitique montrant un claste de basalte. (c) et (d) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabrèche ophiolitique montrant un claste de basalte et des sphènes dans la matrice. (a) et (b) vues LPNA et LPA sur un claste basaltique.	65
Illustration 38 : Vue de détail en électrons rétrodiffusés sur des amphiboles (actinolite) de l'échantillon UBAP026A sur lequel on observe des fragments de clivages...66	66
Illustration 39 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA sur des cristaux aciculaires à fibreux d'amphibole (actinolite) ? (c) et (d) Vues de détail en LPNA et LPA sur des des cristaux aciculaires à fibreux d'amphibole (actinolite). (e) et (f) Vues de détail en LPNA et LPA sur des des cristaux d'amphibole dont les terminaisons sont aciculaires à fibreuses (actinolite).	67
Illustration 40 : Spectre EDS d'actinolite (UBAP026B) et localisation de l'analyse EDS.....	68
Illustration 41 : Terminaisons aciculaires d'amphibole prismatique de composition actinolitique (UBAP026B).	69
Illustration 42 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabasalte UBAP029A. (c) Détail sur des cristaux aciculaires d'amphibole ? (d) et (e) Détail sur des cristaux aciculaires d'amphibole (actinolite).	70
Illustration 43 : Détail sur des morphologies aciculaires d'actinolite dans l'échantillon UBAP029A.	70
Illustration 44 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabasalte (UBAP029B).	71
Illustration 45 : (a) Vue des Flysch de Serenne (Affleurement UBAP002). (b) Détail des flyschs sur l'affleurement UBAP003.	73
Illustration 46 : (a) Vue général de l'affleurement UBAP006. (b) Détail sur la texture bréchique montrant la nature polygénique de la roche.	73
Illustration 47 : (a) et (b) Vues en LPNA et en LPA montrant la matrice carbonatée ainsi que des fragments carbonatés et volcaniques (UBAP006). (c) et (d) Vues en LPNA et en LPA montrant la texture doléritique d'un fragment assez grenu. On distingue les sites des anciens minéraux ferromagnésiens entièrement chloritisés. (e) et (f) Vues en LPNA et LPA d'un fragment volcanique.	74
Illustration 48 : (a) Vue générale de l'affleurement. (b) Vue de détail sur la nature conglomératique des roches de l'affleurement UBAP008.	75
Illustration 49 : UBAP008A (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant les fragments de quartz de taille variable, la matrice riche en phyllosilicates et les tourmalines détritiques.	75
Illustration 50 : UBAP008B (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant la texture de l'échantillon avec des passées riches en quartz très fins avec des micas blancs intercallés et définissant la foliation et des fragments de quartz plus grossier (en haut à droite).	76

Illustration 51 : (a) Vue générale de l'affleurement des schistes Permien (UBAP017). (b) Vue de détail montrant la texture de la roche.	77
Illustration 52 : UBAP017 (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de la quartzite à glaucophane. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA montrant un cristal de jadéite partiellement destabilisé en micas blancs. (e) et (f) Détail en LPNA et LPA de la terminaison aciculaire d'un cristal prismatique de glaucophane.....	78
Illustration 53 : (a) Détail sur un bloc cohérent de dolomites dans la mégabèche du Longet. (b) Vue du même bloc de dolomites, à une cinquantaine de mètres de la photo (a).	79
Illustration 60 : UBAP009 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant des grains arrondis de quartz, de fragments volcaniques et de micas blancs (détritiques). (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant un fragment de roche volcanique caractérisé par le fait qu'il est fait de verre volcanique.....	81
Illustration 61 : Vue de la formation de marbres en plaquettes du Crétacé supérieur-Eocène. (b) Fibres pluri-centimétriques de Fe-Mg carpholite.....	82
Illustration 62 : UBAP010 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA de cristaux aciculaires de Fe-Mg carpholite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA d'aiguilles de Fe-Mg Carpholite blindées dans du quartz.	83
Illustration 63 : UBAP036 (a) Vue générale de l'affleurement. (b) Détail sur les roches phyllosilicatées vertes.	84
Illustration 64 : UBAP036 (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA des prismes de Fe-Mg carpholite et des aiguilles blindées dans le quartz. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA sur des cristaux aciculaires de Fe-Mg carpholite.	85
Illustration 65 : Carte des niveaux de susceptibilité consolidés de présence d'amiante naturelle attribués aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye.....	91
Illustration 66 : Valeurs attribuées aux alternatives « Lithologie » (cf. explication dans le texte ci-après).	150
Illustration 67 : Valeurs attribuées aux alternatives « Minéralogie ».....	151
Illustration 68 : Valeurs des alternatives « Déformation ».....	152
Illustration 69 : Valeurs des alternatives « Intensité de la déformation ».....	152
Illustration 70 : Intervalles retenus pour les niveaux de susceptibilité prévisionnels.....	153

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des niveau de susceptibilité.	5
Tableau 2 : Principaux mots-clés utilisés dans l'analyse multicritère.	28
Tableau 3 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible ».....	29
Tableau 4 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ».....	30
Tableau 5 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ».	30

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des analyses réalisées à partir des échantillons prélevés.....	34
Tableau 7 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ».....	35
Tableau 8 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ».....	45
Tableau 9 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectés d'un niveau de susceptibilité prévisionnelle « faible ».....	72
Tableau 10 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible ».....	80
Tableau 11 : Formations géologiques des de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « fort à très fort ».....	87
Tableau 12 : Formations géologiques des de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « moyen ».....	88
Tableau 13 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « faible ».....	89
Tableau 14 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « nul à très faible ».....	90

Liste des annexes

Annexe 1 : Coordonnées GPS des points d'observation	103
Annexe 2 : Fiches de localisation des affleurements expertisés sur le terrain.....	107
Annexe 3 : Analyse multicritère réalisée pour les formations sélectionnées à l'issue des analyses des mots-clés	147
Annexe 4 : Analyses par spectroscopie Raman	155
Annexe 5 : Analyses microsonde électronique	163

1. Contexte de l'étude

1.1. INTRODUCTION

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

Des travaux essaient également de caractériser les risques associés à des niveaux d'exposition, *a priori* plus faibles, liés à la présence naturelle d'amiante dans certains environnements géologiques (amiante environnemental ou amiante naturel). Ils concernent notamment le région turque de Diyarbakir aux environs de la ville de Çermik (Yazicioglu *et al.*, 1980, 1978), en Anatolie (Baris, 1991; Baris *et al.*, 1978; Coplu *et al.*, 1996; Metintas *et al.*, 2005) et plus spécifiquement en Cappadoce (Baris, 1991; Baris *et al.*, 1978; Boman *et al.*, 1982; Selçuk *et al.*, 1992)¹. En Grèce, les risques sanitaires mis en évidence pour la population de plusieurs villages sont directement liés à l'utilisation d'une terre (« Luto ») riche en longues fibres de trémolite et utilisée pour blanchir les façades des maisons (Bazas *et al.*, 1985; Constantopoulos *et al.*, 1987, 1985; Langer *et al.*, 1987; Manda-Stachouli *et al.*, 2004; Sichletidis *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 (Goldberg *et al.*, 1995; Luce *et al.*, 1994). D'autres études permettent de connaître la prévalence de plaques pleurales dans des environnements strictement naturels ou proches d'anciennes mines (Luo *et al.*, 2003; Peipens *et al.*, 2003; Zolov *et al.*, 1967).

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

¹ 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).

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

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

Cette étude concerne la vallée de la Haute-Ubaye, dans le département des Alpes-de-Haute-Provence. La zone d'étude s'étend sur l'emprise de 3 coupures à 1/50 000^{ème} (848, Aiguilles-Col Saint Martin ; 871, Embrun-Guillestre ; 872, Aiguille de Chambeyron).

Elle s'inscrit dans la continuité d'une précédente série d'études, ayant concerné le département des deux Sèvres (Duron *et al.*, 2020), la zone des Vosges (Duron *et al.*, 2020a), six zones dans le Massif Central (Limousin, Monts du Lyonnais, Morvan, Auvergne, Albigeois, La Marche (Cagnard *et al.*, 2020a, 2020b; Duron *et al.*, 2020f, 2020c, 2020d), les Pyrénées (Cagnard *et al.*, 2015), les départements des Hautes Alpes et de l'Isère (Lahondère *et al.*, 2012b, 2012a), du Massif Armoricaire (Béchenne *et al.*, 2013), ainsi que de la Haute-Corse (Lahondère *et al.*, 2010), de la Savoie (Blein *et al.*, 2010) et de la Loire-Atlantique (Béchenne *et al.*, 2010).

Pour la vallée de la Haute-Ubaye, les objectifs étaient les suivants :

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

1.2. DÉFINITIONS DE DIFFÉRENTS TERMES : FIBRES MINÉRALES, AMIANTE, FIBRES ASBESTIFORMES, FIBRES OMS, FRAGMENTS DE CLIVAGE

1.2.1. Les fibres minérales

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

1.2.2. L'amiante

L'amiante est une substance minérale naturelle qui correspond à plusieurs variétés de silicates fibreux. Ces minéraux sont connus depuis l'antiquité sous le nom d'asbeste et ont longtemps été exploités pour leurs propriétés 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'amiante⁵. Toutefois, parmi ces six espèces minérales, le chrysotile constitue à lui seul 90 à 95 % de l'amiante produit jusqu'à ce jour, le reste correspondant à des exploitations de crocidolite et d'amosite. En termes de production, l'exploitation de l'anthophyllite-amiante, de la trémolite-amiante et de l'actinolite-amiante peut donc être considérée comme négligeable.

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

1.2.3. Les fibres asbestiformes

Le terme asbestiforme fait référence à une morphologie provenant d'une cristallisation naturelle et unidimensionnelle d'un minéral donnant des fibres ayant l'apparence de cheveux (fibres longues et filiformes). Cette morphologie confère au minéral des caractéristiques particulières dont un rapport d'allongement élevé, et dans certains cas, des propriétés

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

mécaniques accrues (dont la résistance, la flexibilité et la durabilité). Ces fibres sont rassemblées dans des agglomérats ou des faisceaux pouvant facilement se séparer en plus petites fibres (fibrilles). Cet aspect est à la base de la terminologie « polyfilamenteux » qui correspond à la caractéristique la plus importante de l'amiante (MSHA, 2005). L'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) a recommandé en 1993 une définition de la morphologie d'un minéral asbestiforme (EPA, 1993). Cette définition est la suivante :

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

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

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

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

1.2.4. Les fibres OMS

Les fibres OMS correspondent à des particules solides, naturelles ou artificielles, allongées et à bords parallèles, ayant un diamètre inférieur à 3 µm, une longueur supérieure à 5 µm et un rapport d'allongement (L/D) supérieur à 3⁶. Ces fibres peuvent être inhalées et rejoindre les parties les plus profondes du système respiratoire.

1.2.5. Les fragments de clivage

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

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

inhalables au sens de l'OMS, et possèdent la composition chimique de l'une des six espèces réglementées au titre de l'amiante, ils peuvent être assimilés à des fibres d'amiante.

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

1.3. DONNÉES ANTÉRIEURES

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

Pour la Haute-Corse, un programme a été mis en œuvre dès 1997 dans le but d'établir une cartographie des roches potentiellement amiantifères. Les documents alors produits ont constitué un premier niveau de précision en termes de repérage des zones potentiellement amiantifères (Cosquéric *et al.*, 1997). En 2005, une première amélioration de cette connaissance a été réalisée à travers l'analyse de la densité de fracturation affectant les roches potentiellement amiantifères de Haute-Corse (Caballero *et al.*, 2005). En 2006, une cartographie plus détaillée relative à la présence naturelle d'amiante dans l'environnement a été réalisée pour la moitié nord du département de la Haute-Corse avec, pour chacune des formations géologiques présentes, l'établissement d'un niveau de susceptibilité de présence d'amiante reposant sur la prise en compte de plusieurs informations (existence avérée de roches amiantifères, types lithologiques principaux, compositions géochimiques, évolution tectonique et métamorphique). Les cinq niveaux considérés étaient « Nul à très faible », « Faible », « Moyen », « Fort à très fort » et « Variable ». Cette cartographie a notamment permis de montrer que la problématique de l'amiante présent naturellement dans l'environnement en Haute-Corse dépassait très largement le cadre des seules roches ultrabasiques et que d'autres types de roches devaient également être pris en considération (Lahondère, 2006).

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

Pour ce qui concerne la France continentale, un travail à grande échelle avait été réalisé par le BRGM dès 2005 pour le compte de l'INVS (Dessandier et Spencer, 2005). À l'issue de cette étude, un premier recensement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères avait été établi à l'échelle de la France métropolitaine, à partir d'une étude documentaire bibliographique et cartographique (étude des cartes géologiques,

consultation de la BSS⁷, consultation des géologues, carte des gîtes minéraux, dossiers de l'inventaire minier de la France). Les informations recueillies à l'issue de cette étude documentaire, assez disparates et loin d'être exhaustives⁸, ont néanmoins été traitées de telle manière à affecter à chacun des 28 sites naturels amiantifères recensés⁹ un aléa décliné en cinq classes (de 0 : niveau d'aléa le plus faible à 4 : niveau d'aléa le plus fort). Les visites de terrain réalisées par la suite n'ont concerné que les sites localisés en France continentale (Maton and Colombano, 2007). Depuis, les études réalisées concernent les zones et départements suivants : Loire-Atlantique (Béchenec et al., 2010), Savoie, Isère, Hautes-Alpes (Blein et al., 2010; Lahondère et al., 2012b, 2012a), Massif armoricain (Béchenec et al., 2013), les Pyrénées (Cagnard et al., 2015), six zones dans le Massif Central (Limousin, Monts du Lyonnais, Morvan, Auvergne, Albigeois, La Marche (Cagnard et al., 2020a, 2020b; Duron et al., 2020f, 2020c, 2020d), les deux Sèvres (Duron et al., 2020), la zone des Vosges (Duron et al., 2020a), pour lesquels des cartographies de la susceptibilité de présence d'amiante dans l'environnement naturel à l'échelle 1/50 000^{ème} ont été finalisées.

1.4. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Le programme de la présente étude inclut trois phases successives. Les travaux réalisés ont pris comme base de travail la carte géologique harmonisée et à défaut, les cartes géologiques à 1/50 000^{ème} non harmonisées.

1.4.1. Phase 1

La zone d'étude se situe sur la carte géologique harmonisée à 1/50 000^{ème} du département des Alpes-de-Haute-Provence (04), plus précisément dans son quart Nord-Est. Cette carte a été réalisée par le BRGM. La première phase du projet consiste à produire une évaluation du « potentiel amiantifère », à partir d'une synthèse des données géologiques pertinentes. Au cours de cette synthèse, une attention particulière a été apportée à la recherche de toutes les informations relatives à la présence de minéraux fibreux, et ce pour toutes les formations géologiques identifiées sur la carte géologique harmonisée de la zone des Alpes à étudier. Cette première évaluation a été faite en prenant en compte tous les paramètres favorables à la cristallisation de minéraux asbestiformes, tels que : la composition chimique et minéralogique des roches, l'importance des circulations de fluides, la nature des contacts géologiques et le type d'évolution structurale et métamorphique. Toutes les formations géologiques ont été évaluées, depuis les roches « solides » jusqu'aux formations meubles issues de l'altération et de l'érosion de ces mêmes roches. Une analyse multicritère a été réalisée qui a permis d'attribuer, à l'issue de cette première phase et pour chaque formation géologique de cette carte géologique harmonisée, un niveau de susceptibilité prévisionnel décliné en quatre classes (1 : « nul à très faible », 2 : « faible », 3 : « moyen », 4 : « fort à très fort »). Ce niveau de susceptibilité prévisionnel a été attribué à tous les polygones des cartes géologiques harmonisées de la zone.

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.

1.4.2. Phase 2

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

Le premier module représente les contrôles de terrain et la cartographie géologique. Les opérations de terrain ont été menées prioritairement sur des cibles identifiées à l'issue de la première phase. Ces opérations devaient permettre de reconnaître les principaux sites amiantifères, d'établir une typologie de ces sites et de prélever des échantillons à des fins analytiques. Ces opérations ont permis d'évaluer les lithologies pouvant être amiantifères ainsi que leurs extensions cartographiques. La prise de photographies à différentes échelles (de l'affleurement à l'échantillon) doit permettre à terme de constituer une banque d'images destinée à être intégrée dans une base de données nationale sur l'amiante présent naturellement dans l'environnemental.

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

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

1.4.3. Phase 3

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

- une carte de la susceptibilité de présence d'amiante pour les formations géologiques de la Haute-Ubaye. Les niveaux de susceptibilité représentés sur cette carte et affectés à chacune des formations géologiques sont des niveaux de susceptibilité dits « consolidés » car prenant en compte les données de terrain ainsi que les résultats des mesures analytiques. Les données numériques initiales relatives à la géologie sont retraitées de telle manière à générer une nouvelle couche d'informations exclusivement dédiée à la représentation de ces niveaux de susceptibilité consolidés. Ne seront pas traités dans cette étude les formations détritiques meubles telles que les alluvions, les colluvions et les dépôts colluviaux de pente ;
- un rapport de synthèse dédié aux travaux réalisés, regroupant les résultats du projet dont les travaux analytiques. Les coordonnées GPS des points d'affleurements visités et étudiés ainsi que les fiches de localisation des sites sont présentées en Annexe 1 et 3 ;
- une base de données réservée aux occurrences naturelles de roches amiantifères, destinée à devenir une base de données nationale, intégrant l'ensemble des informations recueillies sur le terrain et issues des travaux en laboratoire.

En fonction des résultats obtenus, des propositions pourront être faites pour la réalisation de travaux complémentaires dans les communes les plus exposées, à l'image des travaux réalisés en Haute-Corse (Lahondère, 2006; Lahondère -, 2013, 2011b).

2. Phase 1 : évaluation préalable du potentiel amiantifère

La première phase du projet a consisté à l'évaluation préalable du potentiel amiantifère des différentes formations géologiques présentes dans la zone d'étude.

Les principaux documents cartographiques pris en compte sont la carte géologique harmonisée du département des Alpes-de-Haute-Provence réalisée par le BRGM (issue des cartes géologiques à 1/50 000^{ème} éditées dans le cadre du programme national de la carte géologique de France) et les cartes géologiques à 1/50 000^{ème}.

L'évaluation du potentiel amiantifère a été réalisée à partir d'une synthèse et d'une analyse multicritère des différents paramètres favorables à la cristallisation de minéraux fibreux, et ce pour chaque formation géologique identifiée sur la carte départementale harmonisée et sur les cartes à 1/50 000^{ème}, couvertes totalement ou en partie par la zone d'étude. Ces différents paramètres correspondent à la lithologie et à la chimie des roches les plus représentées dans la formation géologique considérée, à la minéralogie de ces mêmes roches (minéralogie primaire et paragenèses métamorphiques secondaires), à la nature et à l'intensité des déformations éventuellement subies par ces roches au cours de leur évolution géologique, au caractère fragile et/ou ductile de ces déformations ainsi qu'aux caractéristiques de l'altération (importance, nature, produits d'altération). Une recherche bibliographique des indices indiquant l'existence de minéraux fibreux a été réalisée en parallèle. Cette recherche a notamment concerné les carrières et les mines existantes ou ayant existé ainsi que les affleurements remarquables décrits dans des revues minéralogiques spécialisées.

La synthèse des caractéristiques géologiques propres à chacune des formations représentées sur la carte géologique harmonisée et sur les cartes géologiques à 1/50 000^{ème}, suivie d'une analyse multicritère, a ensuite permis de leur attribuer un niveau de susceptibilité décliné en quatre classes (cf. § 2.1.2.).

2.1. MÉTHODOLOGIE

2.1.1. Documents cartographiques utilisés

Pour attribuer à chaque formation géologique de la carte harmonisée un niveau de susceptibilité prévisionnel, nous nous sommes appuyés sur des documents existants, en particulier : (1) la carte géologique départementale harmonisée existante et (2) les coupures géologiques à 1/50 000^{ème}.

Une carte géologique départementale harmonisée est réalisée à partir des cartes géologiques existantes à l'échelle du 1/50 000^{ème} et en constitue donc un produit dérivé. La surface de chaque département français est recouverte par environ une vingtaine de cartes géologiques au 1/50 000^{ème}. 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 a été fait uniquement à partir des données cartographiques existantes, sans nouvelle intervention sur le terrain. Lors de la phase d'harmonisation, les entités cartographiques (désignées par « formations ») équivalentes mais notées ou nommées différemment d'une carte à 1/50 000^{ème} 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^{ème} utilisées et des regroupements effectués.

Ce travail d'harmonisation rend compte de l'état actuel de la cartographie dans le département considéré et se fait à partir de cartes à 1/50 000^{ème} 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.

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

2.1.2. La carte géologique harmonisée du département des Alpes-de-Haute-Provence et la localisation de la zone d'étude.

Le département des Alpes-de-Haute-Provence s'étend sur 26 coupures à 1/50 000^{ème} et correspond à une carte géologique départementale harmonisée (04, Illustration 2). L'utilisation de la carte départementale harmonisée permet un traitement SIG rapide. La zone d'étude se situe dans la partie Nord Est du département (vallée de la Haute-Ubaye). Elle se trouve sur les coupures à 1/50 000^{ème} suivantes : 848 (Aiguilles-Col Saint Martin), 871 (Embrun-Guillestre), 872 (Aiguille de Chambeyron ; Illustration 2).

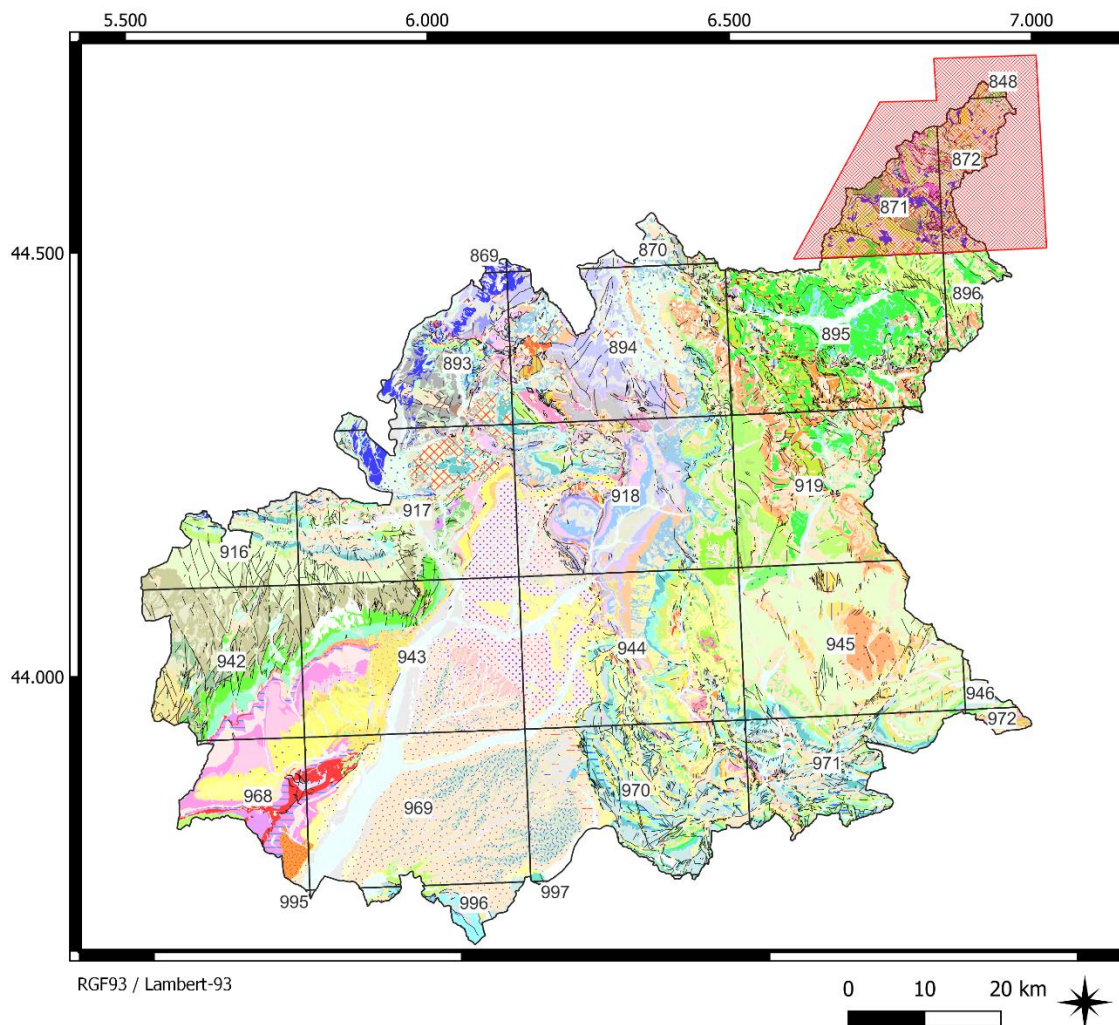


Illustration 2 : Localisation de la zone d'étude (hachures rouges) et des coupures à 1/50 000^{ème} sur la carte géologique départementale harmonisée du département des Alpes-de-Haute-Provence.

Des niveaux de susceptibilité prévisionnels de présence d'amiante puis des niveaux de susceptibilité consolidés sont attribués aux formations géologiques de cette carte.

D'un point de vue géologique, la zone d'étude se situe essentiellement dans les Alpes internes (vallée de la Haute-Ubaye, au départ de Saint-Paul-sur-Ubaye). Les caissons qui se situent dans la zone externe sont des terrains sédimentaires détritiques constitués de matériel érodé pendant la construction de l'arc alpin. Le nord de la zone d'étude se situe dans les zones internes où l'on trouve les domaines paléogéographiques Briançonnais et Piémontais à Lliguro Piémontais.

Certaines lithologies constituant ces terrains sont susceptibles de contenir de l'amiante et seront expertisées. Le reste de la zone d'étude est constitué de sédiments mésozoïques à récent, et ne sont pas ou peu concernées par les problématiques amiante. Ces formations n'ont pas fait l'objet d'expertise de terrain hormis certains conglomérats résultant du démantèlement de la chaîne alpine et notamment de sa zone interne.

2.1.3. Niveaux de susceptibilité considérés

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

Dans le cadre de l'établissement de la première phase de cartographie de l'aléa amiante environnemental en Haute-Corse, (Lahondère, 2006) a proposé la prise en compte de 5 classes d'aléa sensiblement différentes de celles proposées auparavant (Dessandier and Spencer, 2005). Les cartographies de l'aléa réalisées en 2010 en Savoie (Blein *et al.*, 2010), en Haute-Corse (Lahondère *et al.*, 2010) et en Loire-Atlantique (Béchenne *et al.*, 2010) ont permis d'adopter d'une manière définitive les niveaux d'aléas relatifs à la présence d'amiante dans les environnements naturels (Illustration 3).

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

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

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

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

Ces quatre classes sont celles qui ont été prises en compte dans cette étude. Cependant, le terme aléa, retenu dans les premières études, a été remplacé par la notion de susceptibilité de présence (Illustration 4).

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

Illustration 3 : Définition des classes d'aléa retenues (colonnes de droite).

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

Illustration 4 : Définition des niveaux de susceptibilité retenus.

2.1.4. Analyse par mots-clés des données extraites des cartes géologiques harmonisées départementales et des coupures géologiques à 1/50 000^{ème}

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

(« *Banded Iron Formation* ») et, d'une manière plus anecdotique, dans des intrusions alcalines ou des carbonatites (Hendrickx, 2009; Lahondère *et al.*, 2010)

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

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

Les mots-clés utilisés pour la zone d'étude sont indiqués ci-dessous (Tableau 2).

	Haute-Ubaye		Haute-Ubaye
Adjectifs	basique	Phases minérales	actinolite
	ultrabasique		actinote
	méta-carbonaté		trémolite
	méta-dolomitique		amphibole
	serpentinisé		crossite
	fibreux		crocidolite
	ophiolitique		serpentine
			lizardite
Faciès pétrographiques	gabbro		antigorite
	basalte		chrysotile
	lamprophyre		grunérite
	roche volcanique		amosite
	tuf		riébeckite
	marbre		anthophyllite
	méta-carbonate		talcschiste
	cipolin		
	andésite	Termes génériques	amiante
	serpentine		asbeste
	talcschiste		
	skarn		
	péridotite		
	ophiolite		
	amphibolite		
	éclogite		
	chloritoschiste		
	épisynérite		
	dolérite		
	ophicalcite		

Tableau 2 : Principaux mots-clés utilisés dans l'analyse multicritère.

Une analyse multicritère a été réalisée pour les formations sélectionnées à l'issue de l'analyse des mots-clés. La méthodologie appliquée est détaillée en Annexe 3 de ce rapport.

2.2. RÉSULTATS DE L'ANALYSE

2.2.1. Résultats de l'analyse par mots-clés :

À l'issue de l'analyse par mots-clés, onze (11) formations de zone d'étude ont été identifiées comme contenant au moins un de ces mots-clés. Ces 11 formations géologiques sont considérées comme susceptibles de contenir des occurrences fibreuses asbestiformes. Ces formations, ainsi que les formations non identifiées comme contenant au moins un mot clé, ont été soumises à l'analyse multicritère.

2.2.2. Résultats de l'analyse multicritère

L'analyse multicritère a été réalisée sur la base d'un croisement entre des fichiers spatiaux (type QGIS) pour la zone « Haute-Ubaye » de la carte géologique harmonisée des Alpes-de-Haute-Provence et de tableaux de données (fichiers xlsx). Cette analyse conduit aux résultats suivants :

- **quarante-six (46)** formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible » ;
- **cinq (5)** formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible ». Ce sont principalement (i) des formations sédimentaires conglomératiques, bréchiques ou olistolithiques à éléments volcaniques intermédiaires, mafiques, ultramafiques et (ii) des formations volcano-détritiques contenant des éléments d'andésites ;
- **quatre (4)** formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ». Ce sont principalement des andésites, des métagabbros ou brèches de métagabbros, des metabasaltes ou brèches de metabasaltes ;
- **deux (2)** formations géologiques ont été dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ». Elles correspondent à des serpentinites ainsi qu'aux métabrèches de serpentinites.

L'analyse multicritère a permis de produire une carte prévisionnelle des niveaux de susceptibilité de l'amiante dans l'environnement naturel. Les polygones caractérisés par un niveau de susceptibilité « faible à très faible », « faible », « moyen » et « fort à très fort » sont respectivement représentés sur cette carte prévisionnelle en gris, jaune, orange et rouge (Illustration 5). Cette carte est susceptible d'être modifiée après expertises et analyses des affleurements et des échantillons prélevés au cours des visites.

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel
189	c2-e3_O	Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques	2
198	c1-2_br	Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques	2
378	h5b-c	Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière	2
389	r_S	permien volcano-détritique : Schistes non différenciés	2
396	j-cBr	Jurassique - Crétacé ? : Mégabrèche du col du Longet	2

Tableau 3 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « faible ».

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel
382	rß	Andésites	3
256	j5-7_V	Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltés	3
391	ì	Métagabbros, métabrèches de gabbros	3
386	â	Métabasaltés et métabrèches basaltiques	3

Tableau 4 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ».

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel
393	ôBr	Métabrèches de serpentinites (ophicalcites)	4
385	ô	Serpentinites	4

Tableau 5 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ».

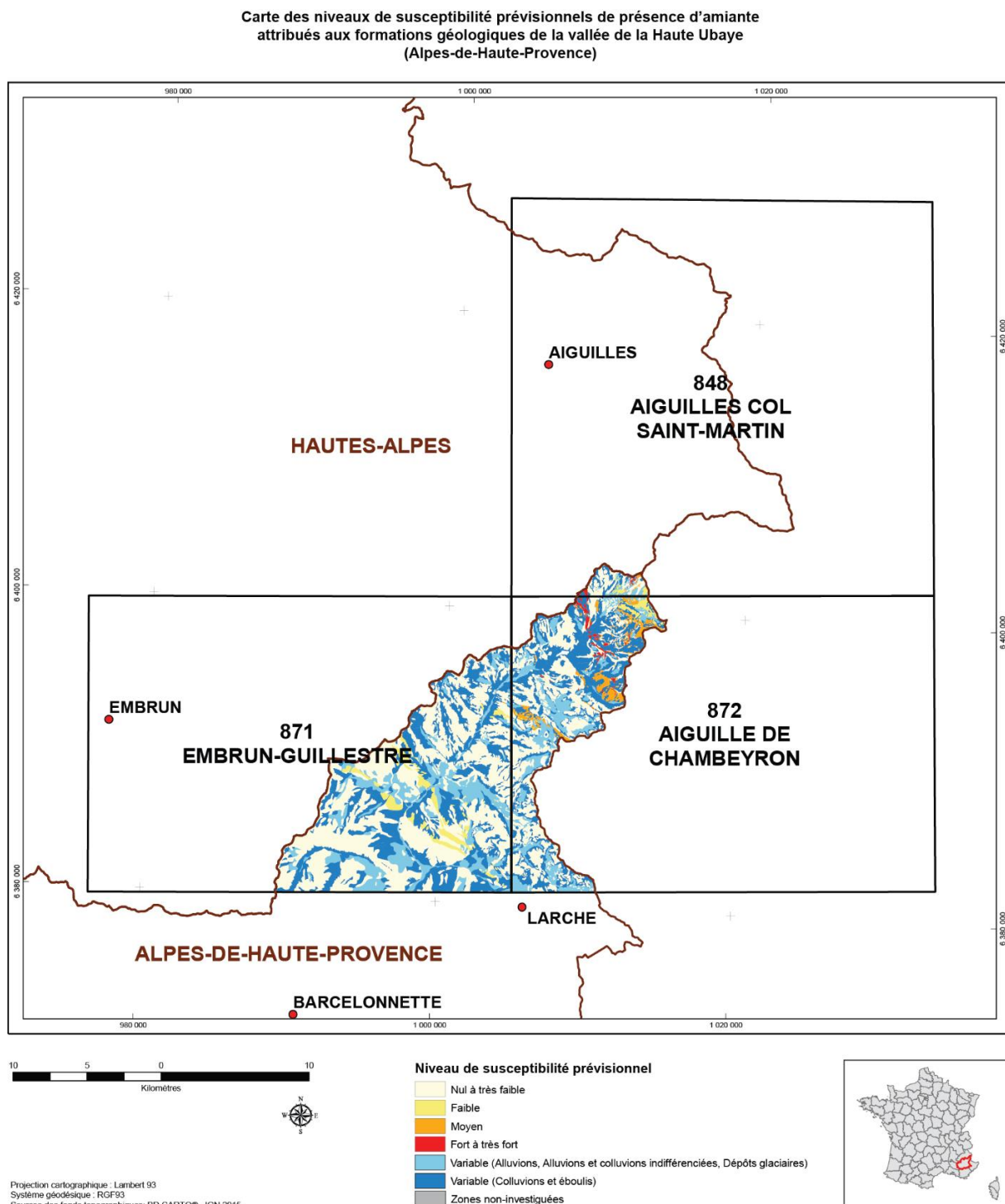


Illustration 5 : Carte des niveaux de susceptibilité prévisionnels de présence d'amiante naturelle attribués aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye.

2.2.3. Identification des cibles à expertiser et élaboration des fiches

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

La localisation de cette fiche sur l'emprise du département concerné est également représentée. Ces fiches de travail ont par la suite été mises à jour pour présenter dans leur version définitive la localisation des sites visités et expertisés dans le cadre de l'étude. Ces fiches sont présentées dans leur intégralité en annexe 2 du présent rapport final pour de la vallée de la Haute-Ubaye.

Les expertises de terrain ont donc été préparées de telle manière à permettre la reconnaissance d'une majorité des formations géologiques potentiellement amiantifères, et également de valider les différents niveaux de susceptibilité prévisionnels - « nul à très faible », « faible », « moyen », ou « fort à très fort » - préalablement affectés aux différentes formations de la carte présentée ci-dessus (Illustration 5).

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

3.1. PRÉAMBULE

3.1.1. Terrain

Les phases de contrôle de terrain, assurées par A. Plunder, se sont déroulées en juillet 2020 dans la vallée de la Haute-Ubaye.

Les formations géologiques pour lesquelles un niveau de susceptibilité prévisionnel de 4 (« fort à très fort ») a été établi ont toutes été expertisées. Il en est de même pour les formations géologiques affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 3 (« moyen »). Les formations géologiques affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 2 (« faible ») ont également été expertisées sur le terrain. Au cours de cette mission de terrain, 41 sites ont été visités et géoréférencés (coordonnées GPS des points d'affleurement en Annexe 1 du présent rapport).

3.1.2. Analyses

Les analyses ont toutes été réalisées dans les laboratoires du BRGM.

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

Les analyses par microscopie électronique à balayage (MEB), couplées à une microanalyse élémentaire EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), ont été effectuées en utilisant un MEB TESCAN MIRA XMU et les microanalyses par spectrométrie de rayons X un EDS EDAX TEAM, à HV = 25 kV. Des images en électrons secondaires (SE) et/ou en électrons rétrodiffusés (BSE) ont été prises pour chaque échantillon étudié.

Les analyses par spectrométrie Raman ont été effectuées en utilisant un Raman Renishaw InVia Reflex utilisant trois sources d'excitation laser à 514,5; 632,8 et 785 nm. Des spectres en mode « static » ont été réalisés en utilisant une gamme spectrale centrée à 1 000 cm⁻¹ environ couvrant les basses fréquences de 100 à 2 000 cm⁻¹ et une gamme centrée à 3 200 cm⁻¹ couvrant les hautes fréquences de 2 500 à 4 000 cm⁻¹.

Les principales formations susceptibles de contenir des fibres asbestiformes ont été échantillonnées à des fins analytiques. La synthèse des analyses réalisées est indiquée dans le Tableau 6.

Vingt-huit lames minces ont été réalisées et étudiées en microscopie optique à lumière polarisée (MOLP). Treize d'entre elles ont été sélectionnées pour faire l'objet d'analyses à la microsonde électronique et 10 ont été observées au MEB. Un échantillon de fibres a été étudié au microscope électronique à balayage (MEB) et 3 lames minces ont été étudiées au spectromètre Raman. La totalité de ces résultats d'analyse est présentée ci-dessous. Les spectres Raman et les analyses microsondes sont présentés en annexe 3 et 4.

Échantillon	Code	LM	MSE	MEB LM	MEB Fibres	Raman
UBAP006	198	x				
UBAP008A	378	x				
UBAP008B	378	x				
UBAP009	377	x				
UBAP010	164	x				
UBAP011	393	x	x			x
UBAP013	386	x				
UBAP015	393	x	x		x	x
UBAP016	393	x	x			x
UBAP017	389	x	x			
UBAP018	386	x	x	x		
UBAP019A	391	x	x			
UBAP019B	391	x	x	x		
UBAP022A	163	x				
UBAP022B	163	x		x		
UBAP023A	382	x		x		
UBAP023B	382	x		x		
UBAP023C	382	x				
UBAP024A	382	x				
UBAP024B	382	x				
UBAP026A	386	x	x	x		
UBAP026B	386	x	x	x		
UBAP029A	389	x	x	x		
UBAP029B	386	x		x		
UBAP030	391	x	x	x		
UBAP032	385	x	x			x
UBAP036	170	x				
UBAP038	385	x	x			x

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des analyses réalisées à partir des échantillons prélevés.

3.2. FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « FORT À TRES FORT »

Les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort » correspondent à (i) des serpentinites [385] ainsi qu'aux (ii) métabrèches de serpentinites [393].

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Affleurement
393	ôBr	Métabrèches de serpentinites (ophicalcites)	4	UBAP011, UBAP015, UBAP016
385	ô	Serpentinites	4	UBAP020, UBAP032, UBAP038

Tableau 7 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « fort à très fort ».

3.2.1. Métabrèches de serpentinites (ophicalcites) [393]

Terrain

Les métabrèches de serpentinites appartiennent au vaste ensemble des Schistes Lustrés. Elles sont cartographiées dans la vallée de la Haute-Ubaye, en amont du lieu-dit de Maljasset, sur les cartes géologiques d'Aiguille de Chambeyron (872) et d'Aiguilles Col Saint-Martin (848). La notice explicative de ces cartes les attribue au remaniement sédimentaire sur le fond océanique des serpentinites sus jacentes. Cette formation géologique a été expertisée sur le terrain en trois points (Tableau 7). Il est à noter que les ophicalcites [393] sont en réalité intimement liées aux serpentinites [385], et que la cartographie est inexacte tant ces deux roches sont entremêlées.

Le point d'observation **UBAP011** se situe à l'est du hameau de Maljasset, dans l'ancienne carrière du Maurin, fermée dans les années 1960 (Illustration 6a et b). C'est de cette localité qu'est tiré le nom de « marbre de Maurin » pour l'ensemble des pierres ornementales prélevées dans les anciennes exploitations de la vallée de la Haute-Ubaye. Elle est accessible via l'ancienne piste de la carrière et est fléchée par des panneaux. On trouve des blocs métriques sur le chemin, dont l'un porte une plaque de métal sur laquelle plus rien n'est lisible (Illustration 6c). Une fois dans l'ancienne exploitation, on trouve des éléments rocheux de toutes tailles (sub-millimétriques à métriques). Le front de taille principal (à droite sur les photos) se trouve dans les ophicalcites. Le reste, sur la partie gauche, est constitué d'anciennes péridotites quasiment entièrement serpentinisées. On trouve parfois des placages fibreux blancs (chrysotile ? ; Illustration 6d et e).

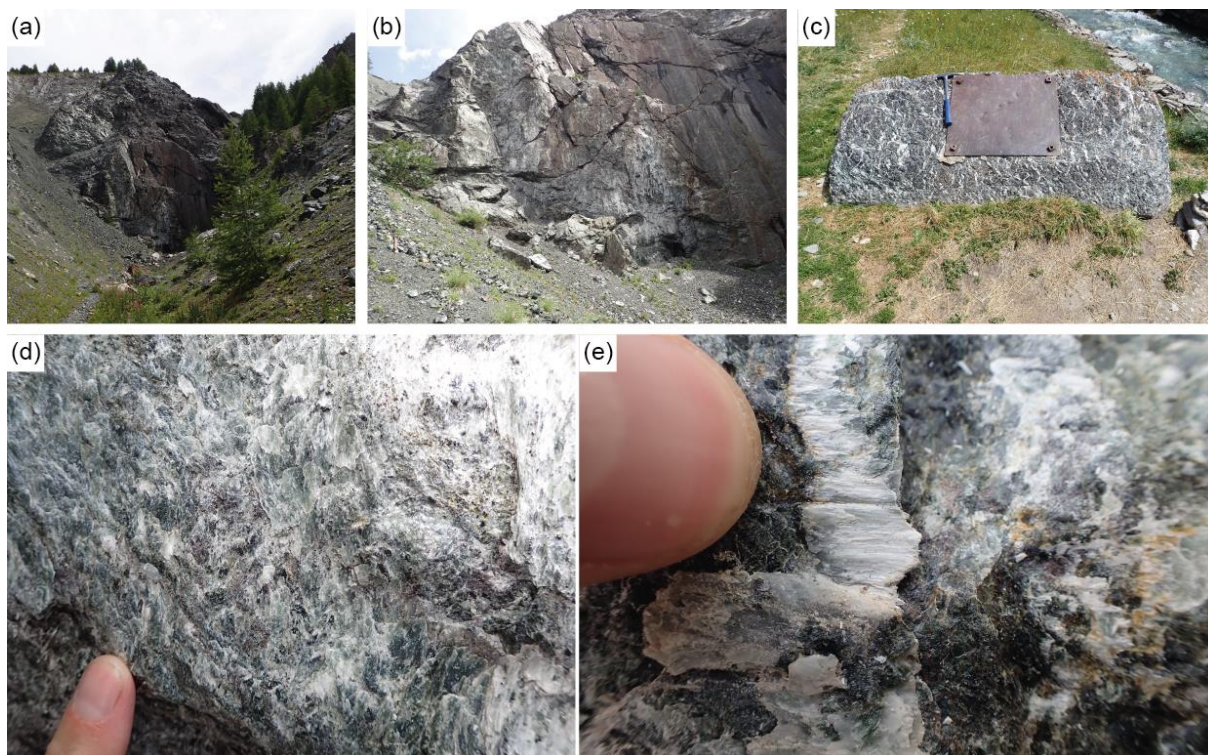


Illustration 6 : (a) Vue d'ensemble de l'ancien front de taille. (b) Vue rapprochée du front de taille. On distingue l'aspect massif de la péridotite. (c) Vue d'un bloc métrique taillé en rive droite de l'Ubaye au début de la piste conduisant à l'ancienne carrière. Le bloc porte une plaque de métal. (d) Vue rapprochée montrant la serpentinisation importante de la péridotite. (e) Vue de détail sur des placages blanchâtre. (Affleurement UBAP011).

Le point d'observation **UBAP015** se situe en rive gauche de l'Ubaye, aux environs de la confluence avec le torrent de la Blave (Illustration 7a). Il est accessible à pied, après environ 6 km de marche sur un chemin de randonnée au départ de Maljasset. La roche présente un aspect massif, fragilisé par de nombreuses fractures et de nombreux plans serpentineux (Illustration 7b). Il s'agit d'une péridotite serpentinisée. Les veines sont parfois faites de carbonates ou de minéraux fibreux. Il est difficile de connaître la nature exacte des minéraux fibreux (probablement du chrysotile) mais la nature fibreuse ne fait pas de doute (Illustration 7c et d). Il est à noter que le torrent érode constamment les roches de cet affleurement.

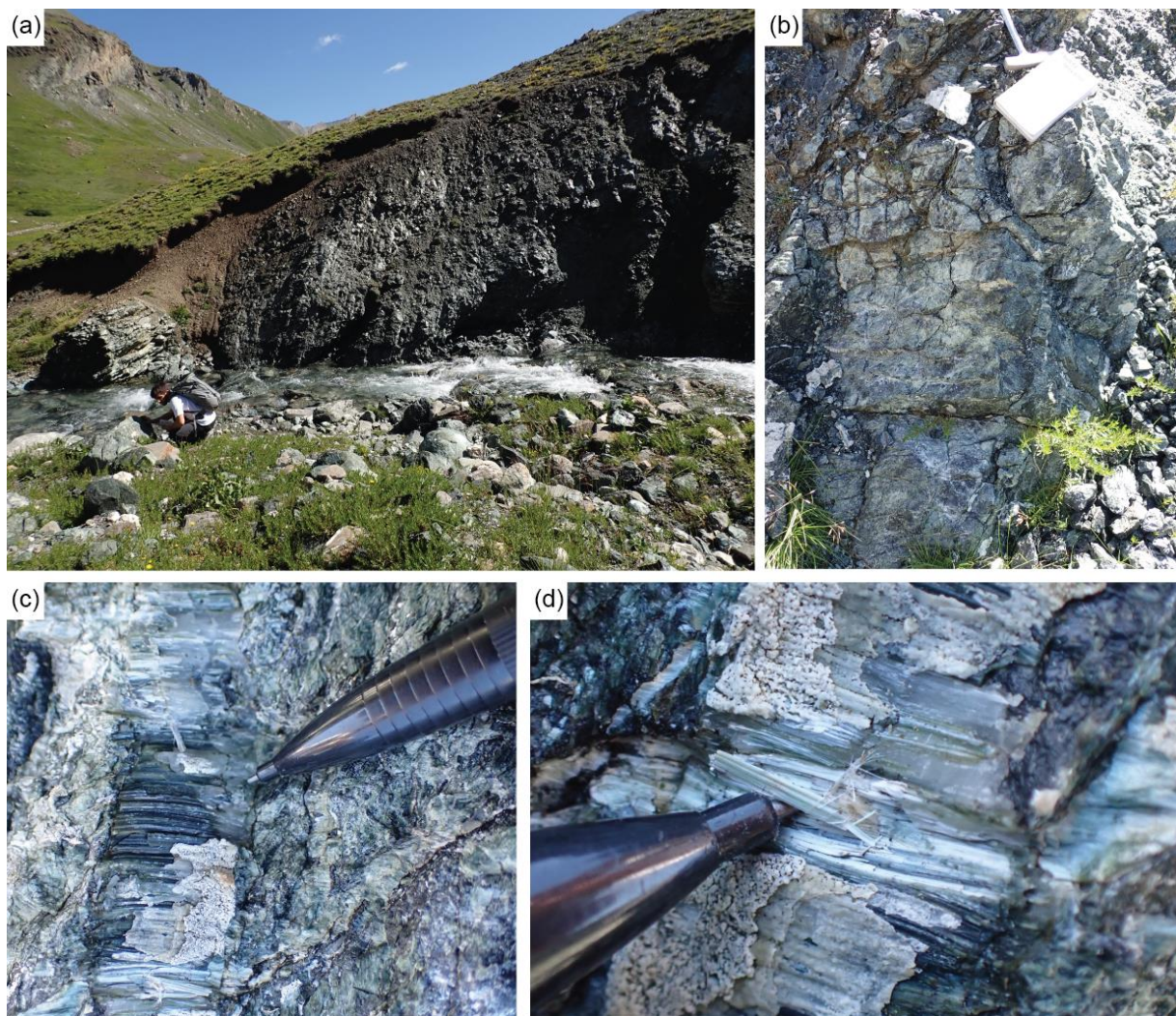


Illustration 7 : (a) Vue générale de l’affleurement UBAP015. (b) Structure des metabèches de serpentinite. (c) Détail sur une veine fibreuse. (d) Fibres de trémolite en train de se détacher de la veine.

Le point d’observation **UBAP016** se situe un peu plus haut, en rive droite de l’Ubaye. Il est localisé à la carrière des Blavettes. On y distingue très nettement un ancien front de taille (Illustration 8). La roche est une ophicalcite caractérisée par de nombreuses veines de carbonates.

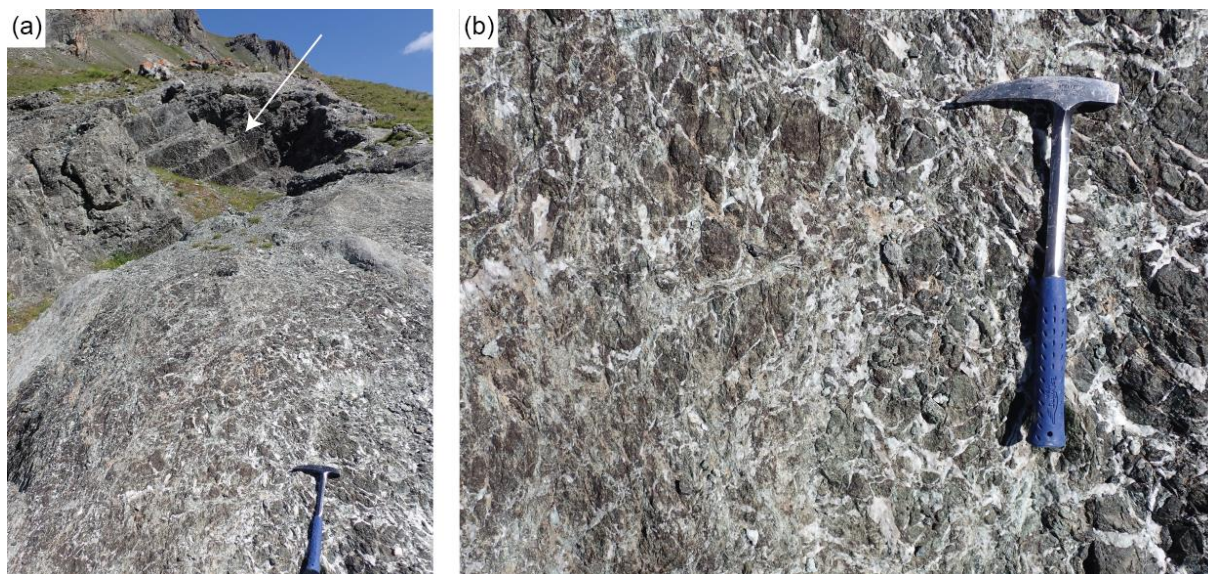


Illustration 8 : (a) Vue générale de l'ancienne carrière des Blavettes. La flèche indique l'ancien front de taille. (b) Vue de détail sur la texture de l'ophicalcite de « marbre de Maurin » (Affleurement UBAP016).

Analyses

La lame mince **UBAP011** est une brèche de serpentinite. Elle est constituée de fragments de péridotites serpentinisées et de veines de carbonates. Les fragments de péridotite sont entièrement serpentinisés. On distingue cependant des habitus correspondant aux anciens minéraux de la péridotite (olivine ou pyroxène). Les serpentines dominantes sont l'antigorite et/ou la lizardite. De nombreuses veines de chrysotile recoupent les pseudomorphoses de minéraux magmatiques (Illustration 9). Nous avons également observé des amphiboles dans des veines tardives. Elles ont une composition de trémolite. Certaines veines montrent des fibres d'amphibole dont la longueur avoisine 500 μm , voir beaucoup plus sur le terrain.

Remarques (UBAP011) :

- des serpentines ont été observées dans cette lame mince et correspondent, du moins *pro parte*, à du chrysotile ;
- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (trémolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante et leurs caractéristiques dimensionnelles sont celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993), du moins pour une fraction d'entre-elles ;
- conclusion : échantillon amiantifère (chrysotile, trémolite).

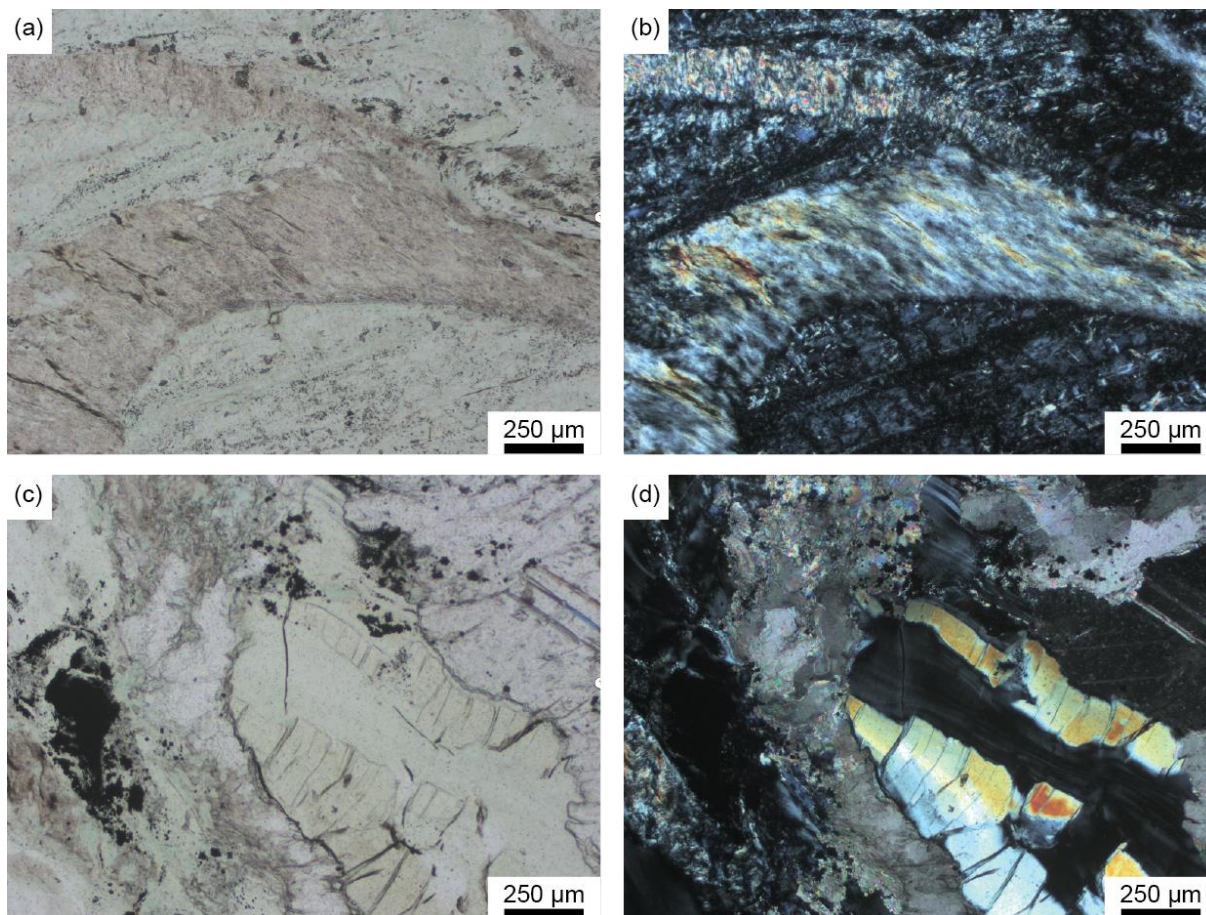


Illustration 9 : (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant de la trémolite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant du chrysotile. Échantillon UBAP011.

Les lames minces **UBAP015** et **UBAP016** montrent des ophicalcites. La serpentinisation de la péridotite initiale est plus ou moins avancée selon les échantillons et la proportion de carbonates variable (jusqu'à environ 20 % dans nos échantillons). On trouve quelques anciens minéraux magmatiques, en général des pyroxènes. Les serpentines sont majoritairement de l'antigorite et/ou de la lizardite. On observe également des veinules de chrysolite. Nous avons également observé des amphiboles en lame mince (**UBAP015**) qui avaient fait l'objet d'un prélèvement sur le terrain pour analyse au MEB. Elles ont une composition de trémolite et des morphologies asbestiformes (Illustration 11). Les autres minéraux observés sont la chlorite, la calcite et un minéral opaque diagnostiqué comme de la magnétite.

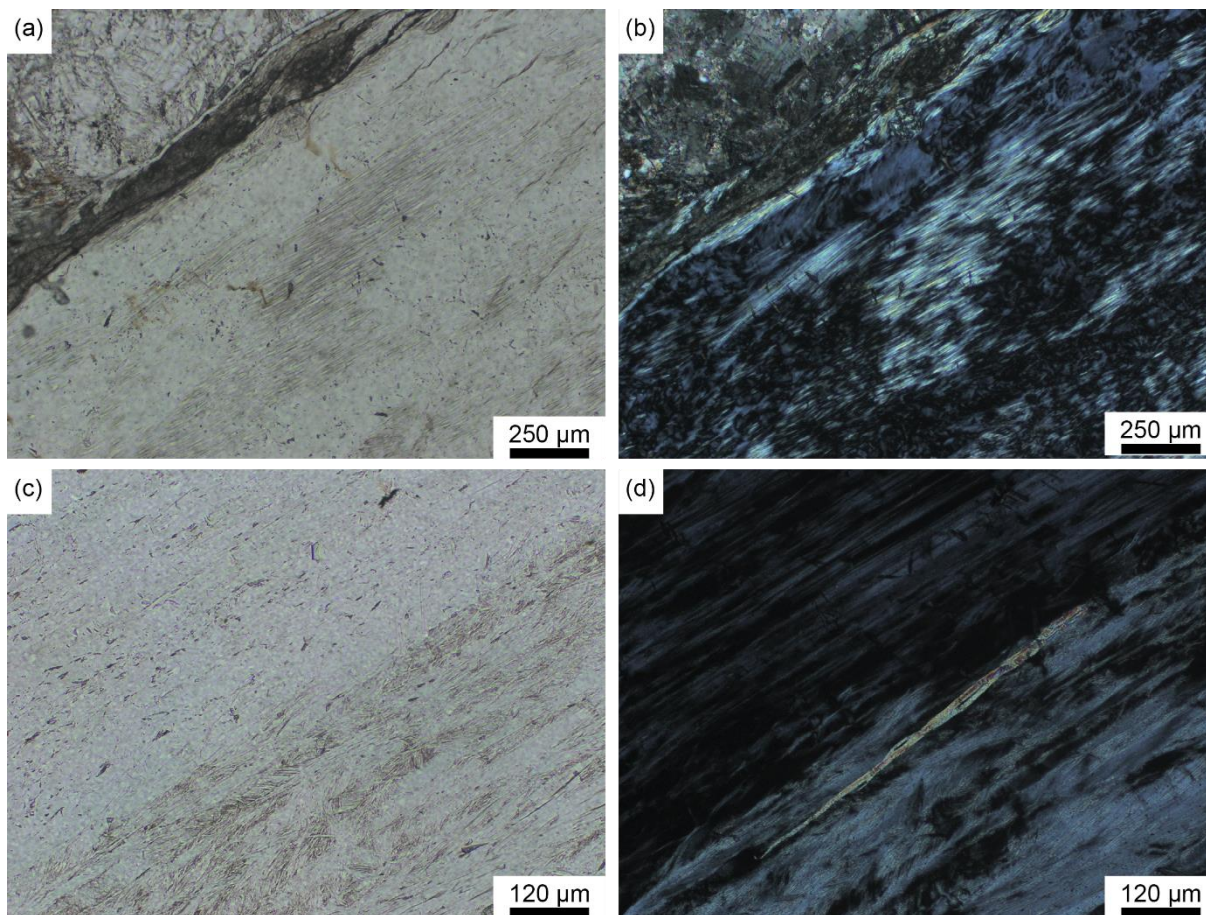


Illustration 10 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP015. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA montrant des veinules de chrysotile dans de l'antigorite.

Remarques (UBAP015) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (trémolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante et leurs caractéristiques dimensionnelles sont celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993), du moins pour une fraction d'entre-elles ;
- des serpentines ont été observées dans cette lame mince et correspondent, du moins *pro parte*, à du chrysotile ;
- conclusion : échantillon amiantifère (chrysotile et trémolite amiante).

Remarques (UBAP016) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince.
- des serpentines ont été observées dans cette lame mince et correspondent, du moins *pro parte*, à du chrysotile.
- conclusion : échantillon amiantifère (chrysotile).

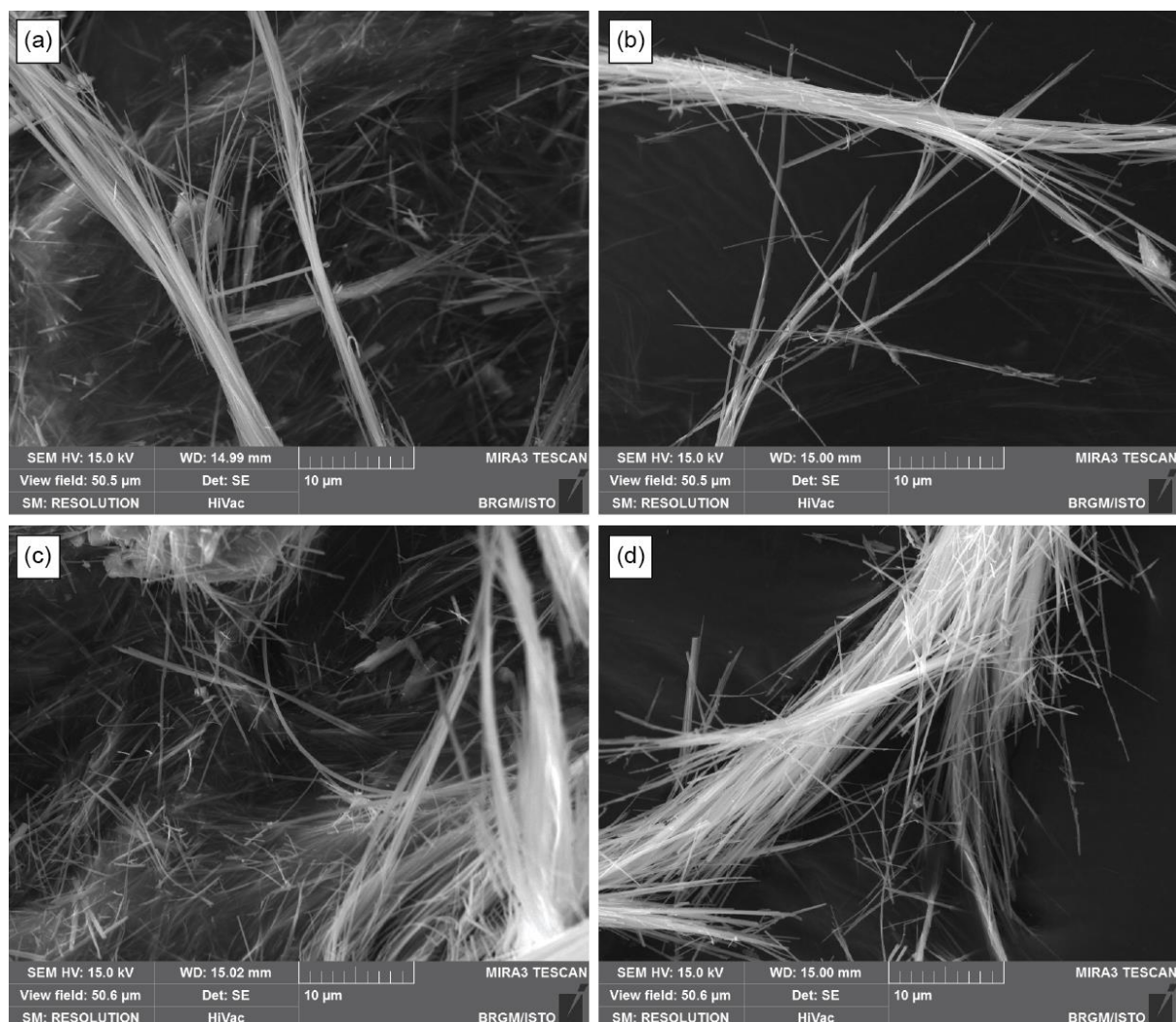


Illustration 11 : Images SE de la trémolite amiante contenue dans l'échantillon UBAP015 [393].

3.2.2. Serpentinites [385]

Terrain

Dans les notices explicatives des cartes géologiques 872 et 848, ces roches sont attribuées à d'anciennes lherzolites à spinelle rééquilibrées dans le domaine du plagioclase et très largement serpentinisées (> 70 %). Ces serpentinites se trouvent emballées dans les métasédiments des Schistes Lustrés. On les trouve parfois le long des contacts tectoniques majeurs.

Le point d'affleurement **UBAP020** se trouve dans la vallée de la Haute-Ubaye, non loin du col du Longet. On y accède après environ 11 km à pied, en bifurquant vers le col de la Noire, aux environs du lac du Longet. Les serpentinites sont intimement liées aux calcschistes des Schistes Lustrés (Illustration 12). La péridotite est très serpentinisée et les reliques sont difficiles à observer. La masse est entièrement faite de serpentines.

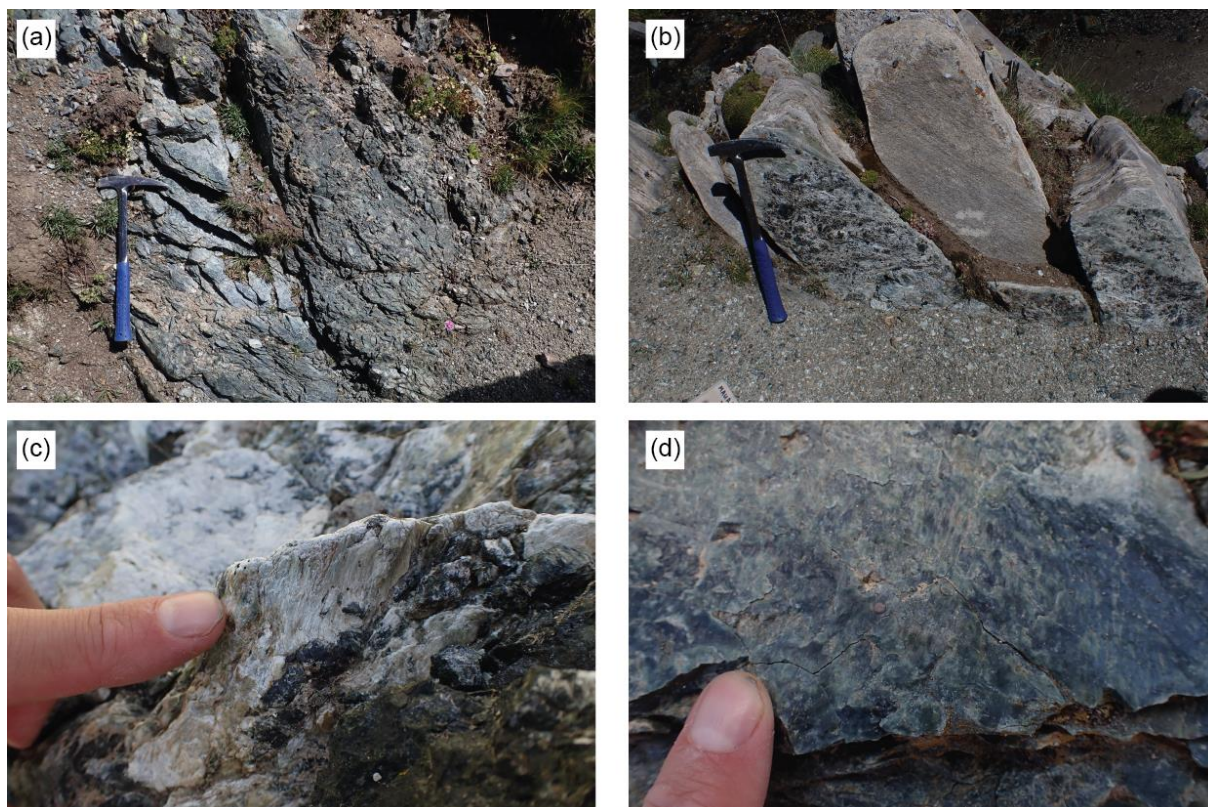


Illustration 12 : (a) Vue générale de l'affleurement. (b) Placage de serpentines sur les calcschistes des Schistes Lustrés encaissants. (c) Vue élargie sur des fentes. (d) Vue de détail de la serpentinite.

Le point d'affleurement **UBAP032** se trouve dans la combe de Chabrière Longue, aux environs du vallon de la Bouteille. Cet endroit est accessible après environ 2h30 de marche depuis le hameau de Maljasset par un chemin de randonnée. Les serpentinites ont été observées sous forme de blocs glissant sur la pente. On distingue bien depuis la vallée un affleurement plus massif (Illustration 13).

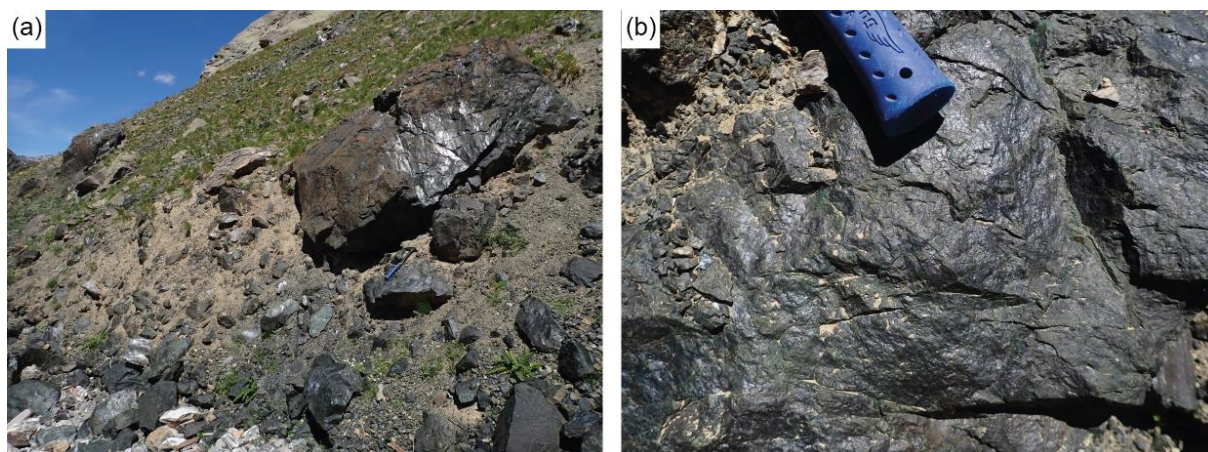


Illustration 13 : (a) Vue des blocs glissés le long de la pente. (b) Détail sur la texture des serpentinites (Affleurement UBAP032).

Le point d'affleurement **UBAP038** se situe au niveau du col Albert, en rive droite de l'Ubaye, à 2 846 m d'altitude, sur la crête limitant les départements des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes Alpes. L'accès par la vallée de l'Ubaye est sportif (2h en partant du Plan de Prarouart via la cabane du Tiéouré, puis en passant hors sentier dans le ruisseau au pied du

rocher de l'Eissassa, 3h au total depuis Maljasset), en revanche il est aisément accessible depuis le Queyras voisin, au départ du lieu dit du Pied de Mélezet, via un chemin de randonnée balisé. On retrouve à cet endroit une masse de serpentinites (Illustration 14a). Les relations avec les schistes lustrés encaissants sont bien visibles (Illustration 14b et c). Nous nous trouvons ici le long d'un contact tectonique majeur, entre le domaine Briançonnais et celui des Schistes Lustrés. La serpentinitisation est très importante, la roche très déformée et les serpentines (indifférenciées) constituent l'essentiel de la masse. On observe de rares fantômes de pyroxènes. On observe quelques veines et veinules de calcite et de serpentines (Illustration 14d).



Illustration 14 : (a) Vue générale du point d'affleurement UBAP038. L'affleurement de serpentinites est pointé par la flèche blanche. On distingue un petit abris sur la gauche des randonneurs, utilisé pour se protéger du vent. (b) Vue de l'affleurement. La ligne blanche montre le contact avec les Schistes Lustrés encaissants. (c) Vue rapprochée entre le contact entre les serpentinites en haut et le métasédiments, en bas. (d) Vue de détail de la serpentinite. On observe des veines blanches millimétriques de carbonates et des veinules sub-millimétriques de serpentines.

Analyses

Les lames minces **UBAP032** et **UBAP038** sont des serpentinites. La serpentinitisation est très forte (totale dans UBAP032). On retrouve quelques fantômes de texture magmatique via la texture « mesh » caractéristique, faite d'amas d'antigorite parcourus de veinules de chrysotile (Illustration 15) ainsi que des veinules de chrysotile (Illustration 16). Cette observation est confirmée par la spectroscopie Raman (voir Annexe). Nous avons également observé des spinelles (picotite ?). Dans l'échantillon UBAP038 on trouve quelques niveaux de carbonates.

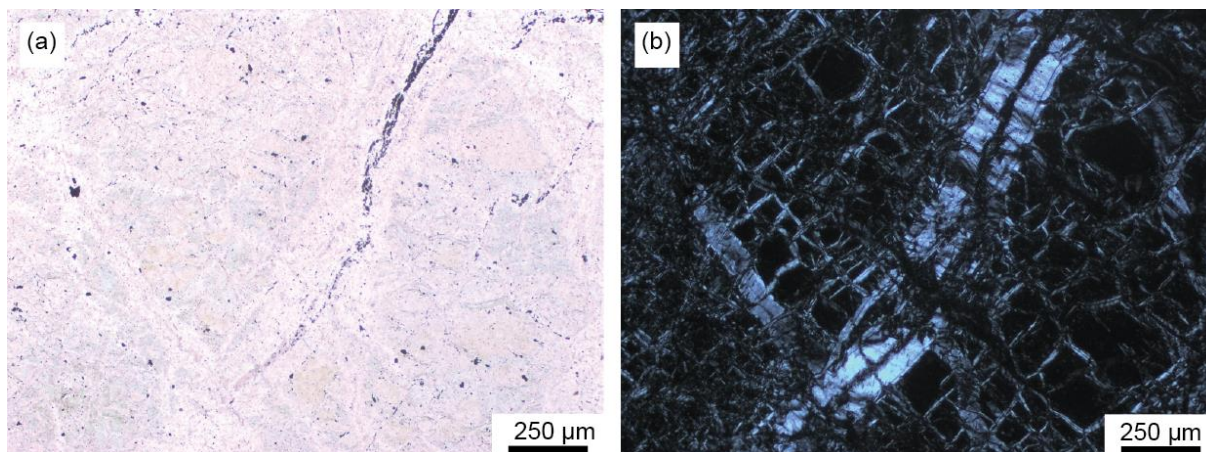


Illustration 15 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA montrant la texture « mesh » caractéristique des serpentinites. On note la présence de veinules de chrysotile recoupant tardivement l'antigorite.

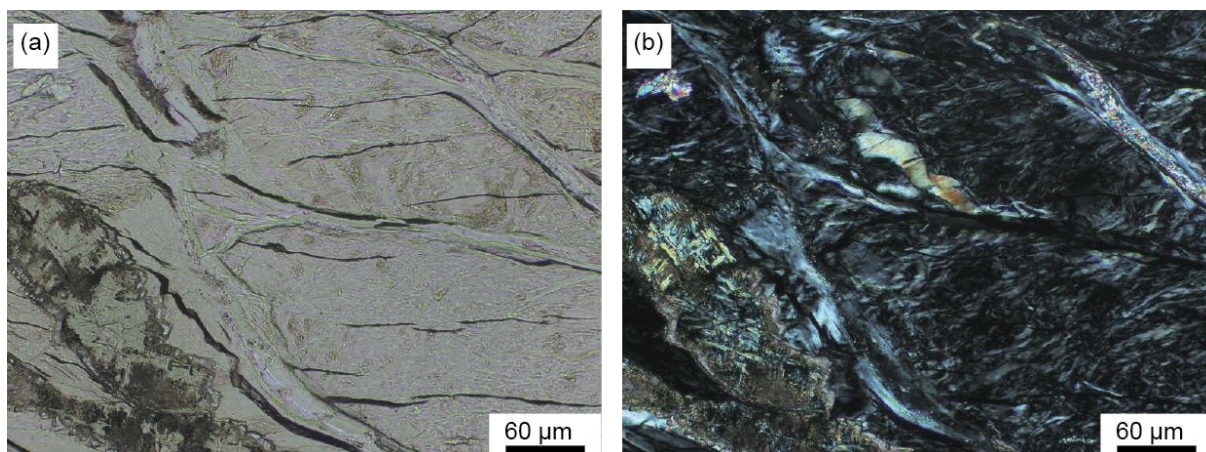


Illustration 16 : (a) et (b) Détail sur du chrysotile en LPNA et LPA.

Remarques(UBAP032) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- des serpentines ont été observées dans ces lames minces et correspondent, du moins *pro parte*, à du chrysotile ;
- conclusion : échantillon amiantifère (chrysotile).

Remarques(UBAP038) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- des serpentines ont été observées dans ces lames minces et correspondent, du moins *pro parte*, à du chrysotile ;
- conclusion : échantillon amiantifère (chrysotile).

3.3. FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « MOYEN »

Les 4 formations géologiques affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen » correspondent à des andésites [382], des métagabbros ou brèches de métagabbros [391], des metabasaltes ou brèches de metabasaltes [386]. On note ici que l'unique polygone du caisson amphibolites [383] a été réattribué au caisson serpentinites [385] en raison d'une erreur de codage de la carte départementale harmonisée.

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Affleurement
382	rß	Andésites	3	UBAP023, UBAP024, UBAP025
391	ì	Métagabbros, métabrèches de gabbros	3	UBAP019, UBAP030, UBAP033
256	j5-7_V	Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltes	3	non visité
386	â	Métabasaltes et métabrèches basaltiques	3	UBAP013, UBAP018, UB1P026, UBAP027, UBAP028, UBAP029, UBAP034, UBAP037

Tableau 8 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen ».

3.3.1. Andésites [382]

Terrain

Les affleurements **UBAP023**, **UBAP024** et **UBAP025** se situent aux alentours des lacs du Marinnet. Ils sont accessibles au départ de Maljasset via 6 km de marche sur un chemin de randonnée. Les trois affleurements visités présentent une forte similitude. Ils montrent une foliation bien exprimée, qui reprend un ancien plan de stratification comme le montre les variations de taille de grain dans cette formation dont la nature volcano-détritique est évidente. Les roches ont des chimies très variables, allant de roches vertes foncées, riches en chlorites et en fragments volcaniques, à des compositions très siliceuses (Illustration 17)

La notice de la carte 872 décrit les andésites comme affecté par un métamorphisme de haute pression et basse température se traduisant par l'apparition de lawsonite.

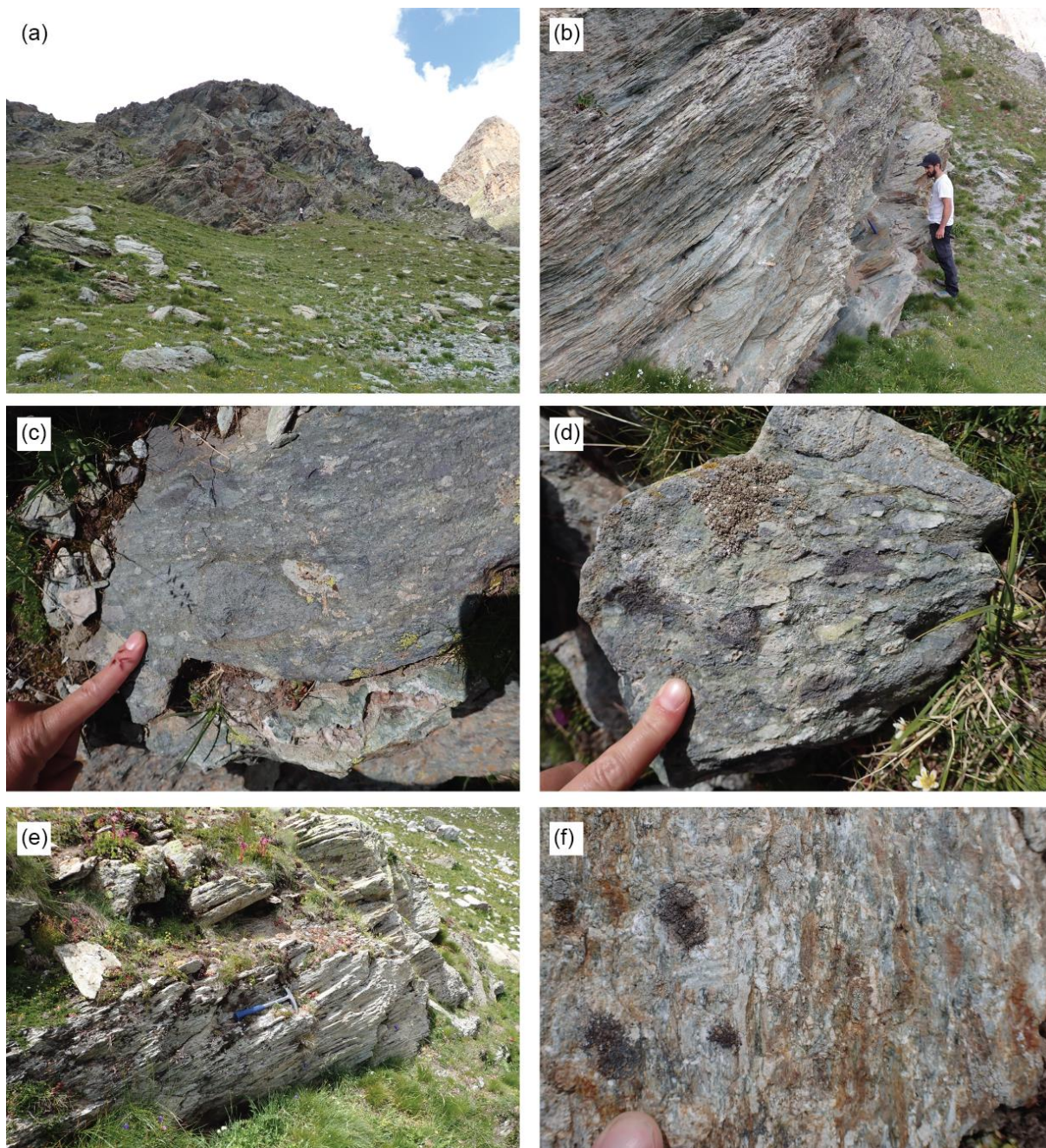


Illustration 17 : (a) Vue générale de l’affleurement UBAP023. (b) Vue de la foliation. On peut apprécier le caractère plus ou moins massif des anciennes strates. (c) et (d) Vues de détail sur différentes brèches contenant une charge volcanique (affleurement UBAP024). (e) Vue générale de l’affleurement UBAP025 et (f) nature très siliceuse des roches présentes.

Analyses

Au microscope, les échantillons **UBAP023A**, **UBAP023B** et **UBAP023C**, montrent une roche faite de nombreux fragments pris dans une matrice constituée de chlorite, mica blanc et quartz (Illustration 18-20). Les chlorites et les micas blancs dessinent une foliation bien exprimée. Les fragments sont majoritairement du quartz, mais l’on trouve également quelques feldspaths. Les minéraux accessoires sont le rutile, le zircon et l’allanite.

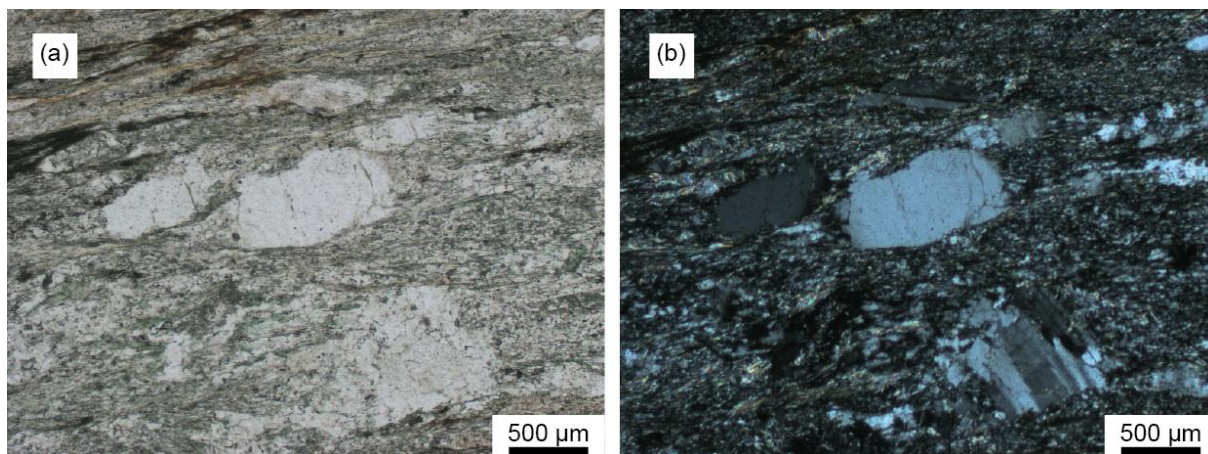


Illustration 18 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023A montrant la matrice fine et les clastes de quartz et de feldspath plagioclase.

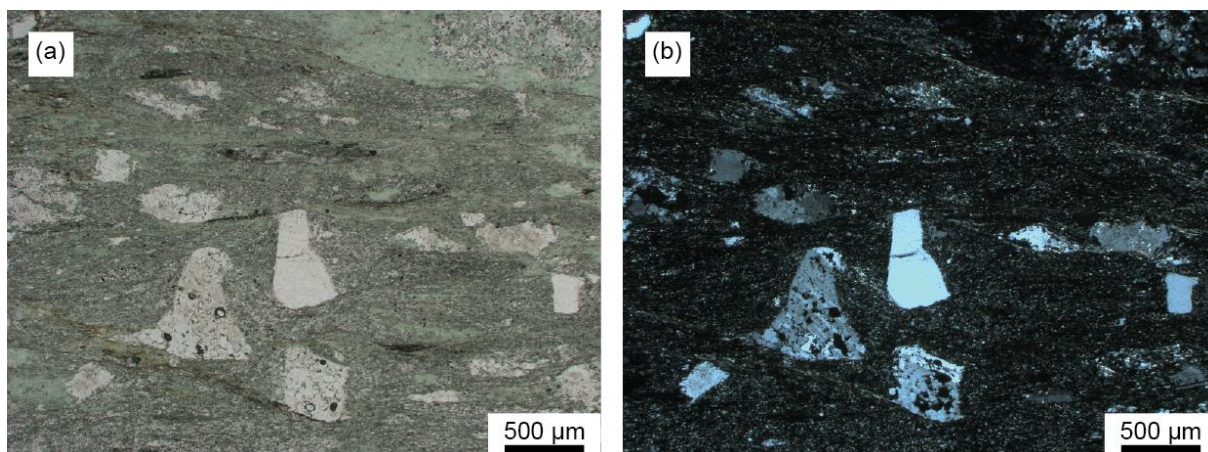


Illustration 19 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023B montrant la matrice fine majoritairement composée de chlorite et les clastes de quartz et de feldspath plagioclase.

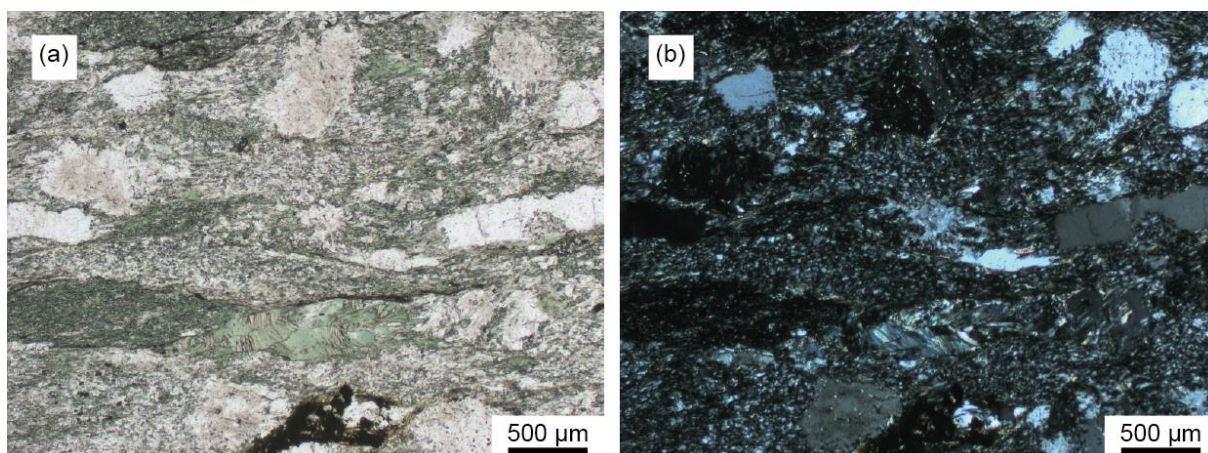


Illustration 20 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP023C montrant la matrice fine et nombreux clastes de quartz et de feldspath plagioclase.

Remarques (UBAP023A) :

- aucune amphibole n'a été observée dans ces lames minces ;
- aucune serpentine n'a été observée dans ces lames minces ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Remarques (UBAP023B) :

- aucune amphibole n'a été observée dans ces lames minces ;
- aucune serpentine n'a été observée dans ces lames minces ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Remarques (UBAP023C) :

- aucune amphibole n'a été observée dans ces lames minces ;
- aucune serpentine n'a été observée dans ces lames minces ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Les échantillons **UBAP024A** et **UBAP024B** observés au microscope montrent des passées volcano-sédimentaires (Illustration 21). On trouve des clastes sub-centimétriques dans une matrice faite pour l'essentiel de grains de quartz de quelques dizaines de μm . Certaines parties de la matrice sont également riches en chlorite ou en micas blancs et en épidote (Illustration 22). Les fragments volcaniques montrent en général des cristaux de plagioclase frais et une matrice très fine riche en quartz. On trouve du sphène (jusqu'à 200 μm), de l'épidote, de l'albite ou de la calcite.

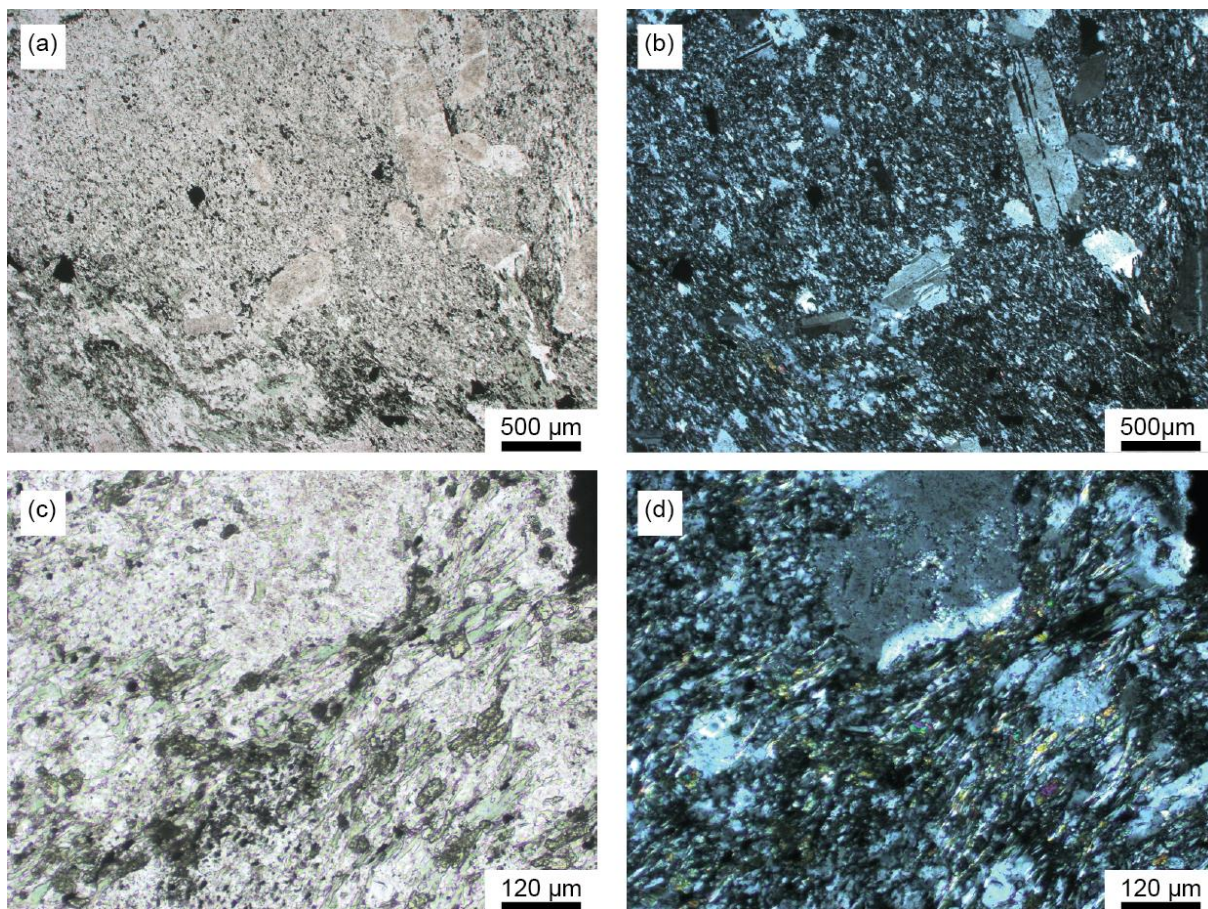


Illustration 21 : UBAP024A (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de l'échantillon UBAP024A montrant une texture porphyrique relativement bien préservée (matrice et prophyroblaste de plagioclases). La matrice fine majoritairement composée de quartz et de plagioclase. (c) et (d). Détail sur une zone entre les clastes volcaniques où l'on trouve de la chlorite et de l'épidote.

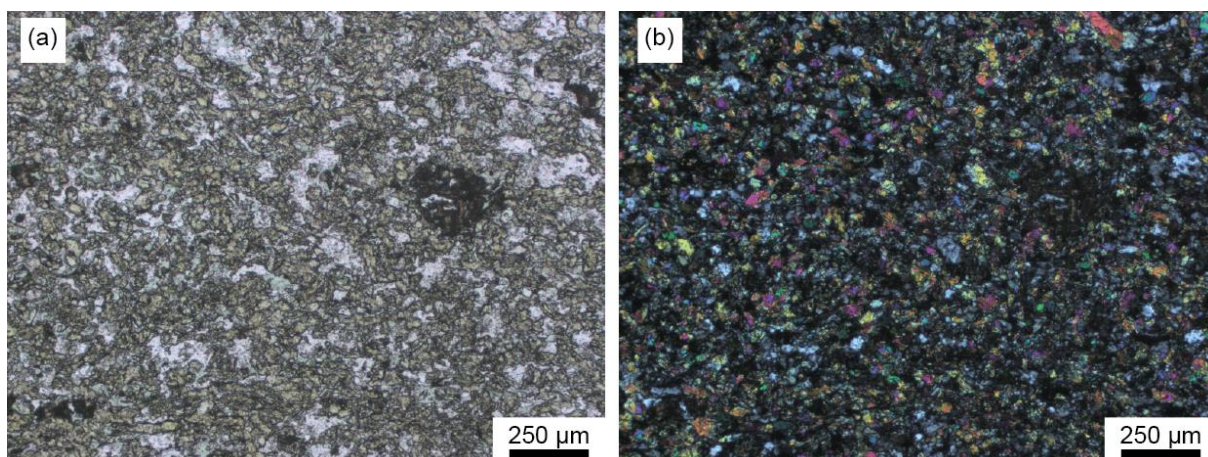


Illustration 22 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA du niveau riche en épidote (UBAP024B).

Remarques (UBAP024A) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Remarques (UBAP024B) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

3.3.2. Métagabbros, métabrèches de gabbros [391]***Terrain***

Les métagabbros et brèches de gabbros de ce caisson appartiennent, tout comme les serpentinites et ophicalcites décrites précédemment, au domaine des Schistes Lustrés. Les polygones représentés sur la carte ne correspondent qu'aux expressions les plus importantes, mais de nombreuses intercalations de métagabbros et métabrèches de gabbros non cartographiées existent dans le domaine des Schistes Lustrés à des échelles relativement petites (métriques). Ces roches ont été observées sur le chemin du col de la Noire (voir UBAP020 pour l'accès) ou dans la combe de Chabrière longue (voir § 3.1.1 pour l'accès).

L'affleurement **UBAP019** montre des gabbros sous forme de blocs de tailles variables (centimétriques à décimétriques) emballés dans une matrice de calcschistes (Illustration 23). Ils montrent un métamorphisme dans le faciès des schistes bleus, bien exprimé par la présence de glaucophane (amphibole sodique) et de lawsonite. On y retrouve également un pyroxène sodique, caractérisé par sa couleur vert jade (Illustration 23). La texture de ces gabbros est souvent magmatique, les remplacements métamorphiques s'effectuant de manière statique. On observe parfois le long de plans fragiles des paragenèses dans le faciès des schistes verts (albite, épidote, chlorite $\pm$ amphibole (?)) qui ont été échantillonnées en complément.

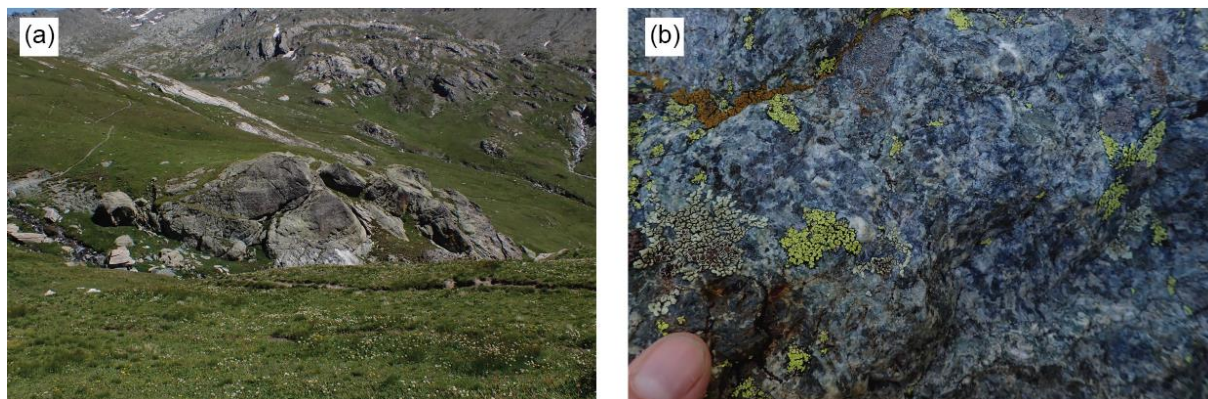


Illustration 23 : (a) Vue de l'affleurement UBAP019, un boudin de métagabro. (b) Détail sur sa texture magmatique préservée. On distingue trois phases minérales : la glaucophane (bleu), la lawsonite ou la zoïsité (blanc) et la jadéite (vert). La glaucophane remplace les anciens pyroxènes magmatiques tandis que la lawsonite ou la zoïsité se développent dans les anciens sites des plagioclases.

Les affleurements **UBAP030** et **UBAP033** se situent au pied du pic du Pelvat (Illustration 24a). Les deux affleurements présentent des caractéristiques similaires. Ils ont un aspect très massif (Illustration 24b). On y observe des métagabbros transformés dans le faciès des schistes bleus. La minéralogie est à glaucophane + lawsonite très bien exprimée. On retrouve des reliques de pyroxènes magmatiques. La principale différence réside dans le fait que les roches de l'affleurement UBAP033 présentent une déformation marquée par une foliation et une linéation d'étirement minérale marquée par la glaucophane alors que les roches de

l'affleurement UBAP030 ont conservé une texture magmatique grenue non déformée (Illustration 24c,d).

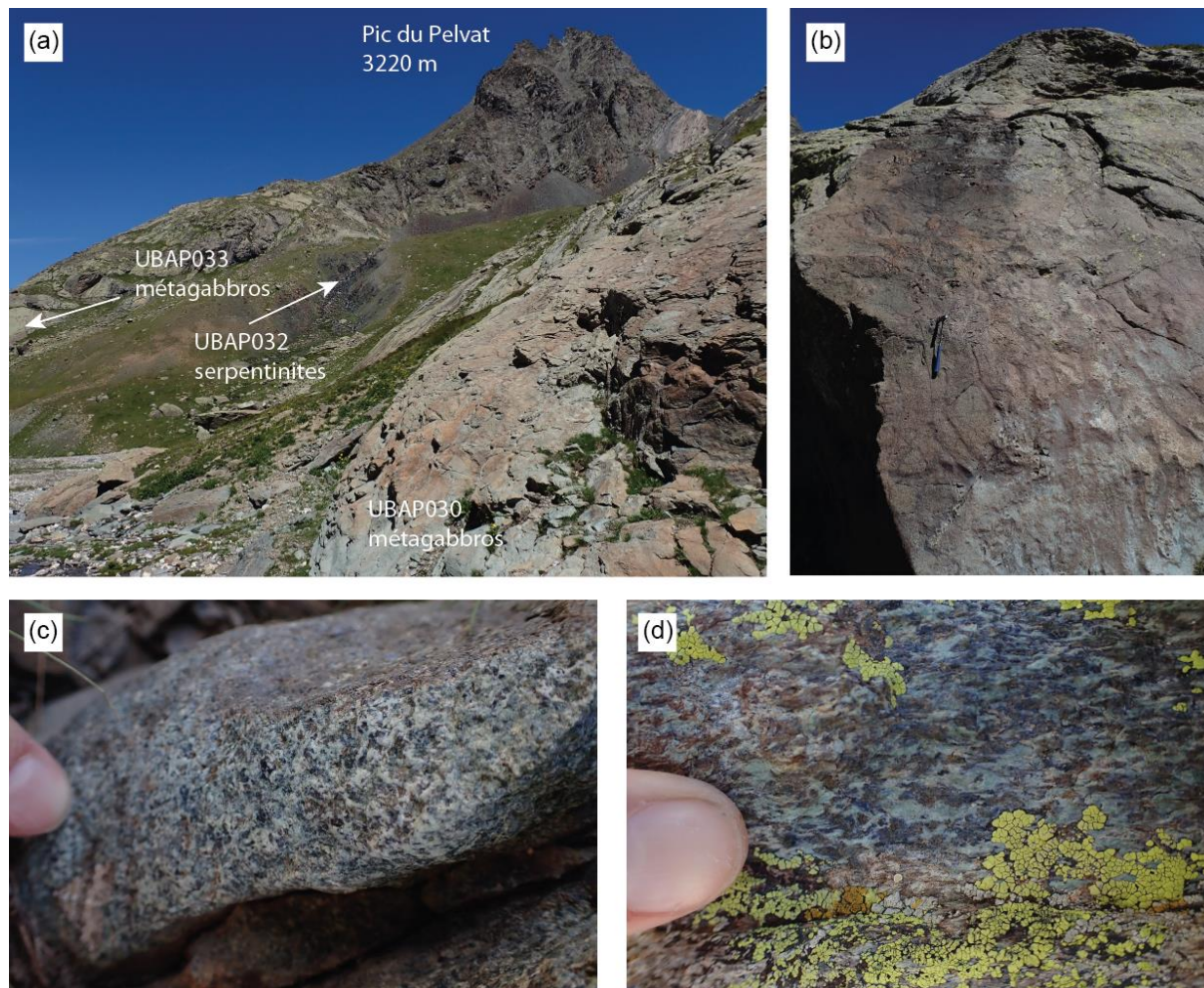


Illustration 24 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP030 et localisation des affleurements UBAP032 et UBAP033. (b) Vue de l'affleurement UBAP030 montrant le caractère massif de la roche. (c) Vue de détail montrant la texture magmatique relativement bien préservée des roches de l'affleurement UBAP030. (d) Vue de détail montrant la foliation des métagabbros de l'affleurement UBAP033.

Analyses

La lame mince **UBAP019A** montre un métagabbro dans le faciès des schistes bleus. On y observe assez clairement l'ancienne texture magmatique (Illustration 25). Le pyroxène magmatique n'a pas totalement disparu et est en partie transformé en glaucophane. Les plagioclases sont transformés en albite et lawsonite. On observe également des gerbes de glaucophane qui se développent en bordure des pyroxènes. Il est caractérisé par la présence d'amphiboles bleues (glaucophane), de chlorite, d'albite. On y trouve également de nombreuses pseudomorphoses de lawsonite. La lawsonite est remplacée par des micas blancs et de petits cristaux d'épidote.

Remarques (UBAP019A) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Ces amphiboles n'ont ni la composition chimique (glaucophane) de l'une ou l'autre des cinq amphiboles réglementées au titre de l'amiante, ni les caractéristiques dimensionnelles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;

- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

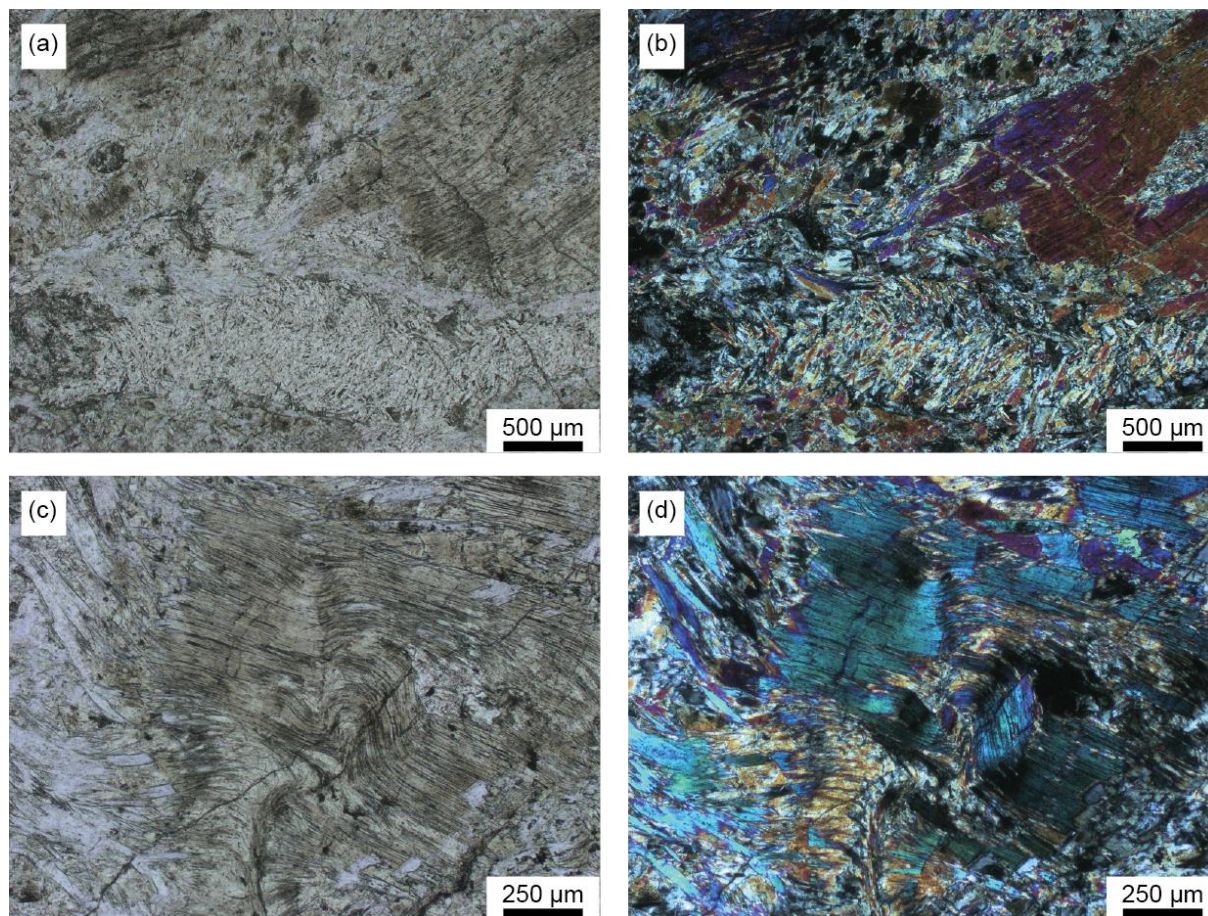


Illustration 25 : (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA du métagabbro à glaucophane et lawsonite (UBAP019A). (c) et (d) Vues montrant la déformation d'un pyroxène magmatique déformé et de cristaux de glaucophane.

Les lames minces **UBAP019B** et **UBAP030** sont des métagabbros métamorphisés dans le faciès des schistes bleus et rétomorphosés dans le faciès des schistes verts (Illustration 26). La texture magmatique d'origine est plus ou moins visible, et on trouve des pyroxènes magmatiques relictuels. Les feldspaths plagioclases sont systématiquement remplacés par de l'albite, parfois associés à de la lawsonite ou de l'épidote. On observe majoritairement de l'albite, de la chlorite, des amphiboles (vertes type trémolite/actinolite, brunes type magnésio-hastingsite et bleues type glaucophane) et de l'épidote. Les analyses au MEB montrent des cristaux aciculaires d'actinolite (Illustration 27). Dans l'échantillons **UBAP030**, la chronologie des amphiboles (brunes, vertes et bleues) n'est pas toujours évidente à établir, mais la brune est probablement tardi-magmatique, la bleue associées à la haute-pression et la verte tardive (Illustration 28). On note toutefois que la dernière génération d'amphibole est verte dans les deux échantillons.

Les amphiboles montrent parfois un aspect aciculaire très prononcé (Illustration 28, Illustration 29).

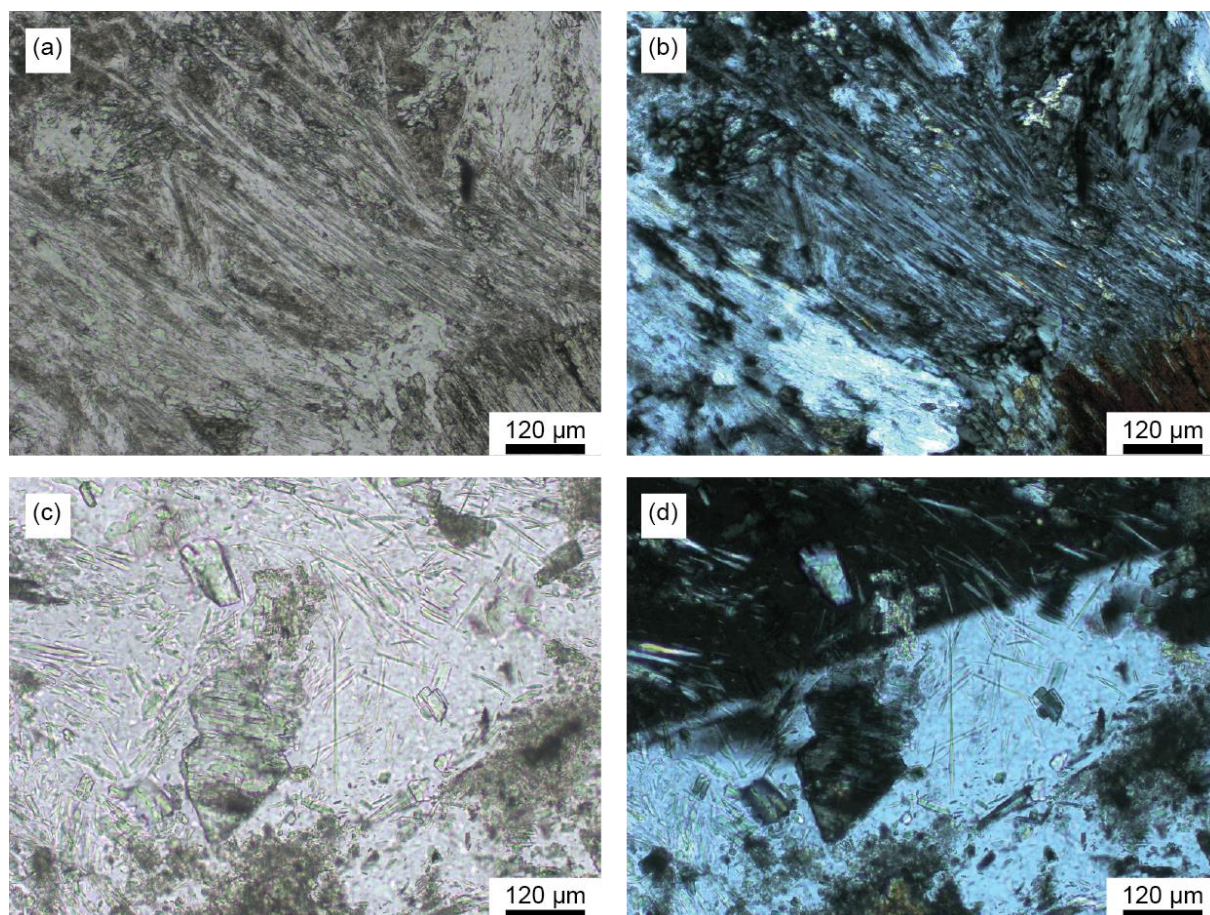


Illustration 26 : UBAP019B (a) et (b) Vues de détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'actinolite. (c) et (d) Vues de détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'actinolite.

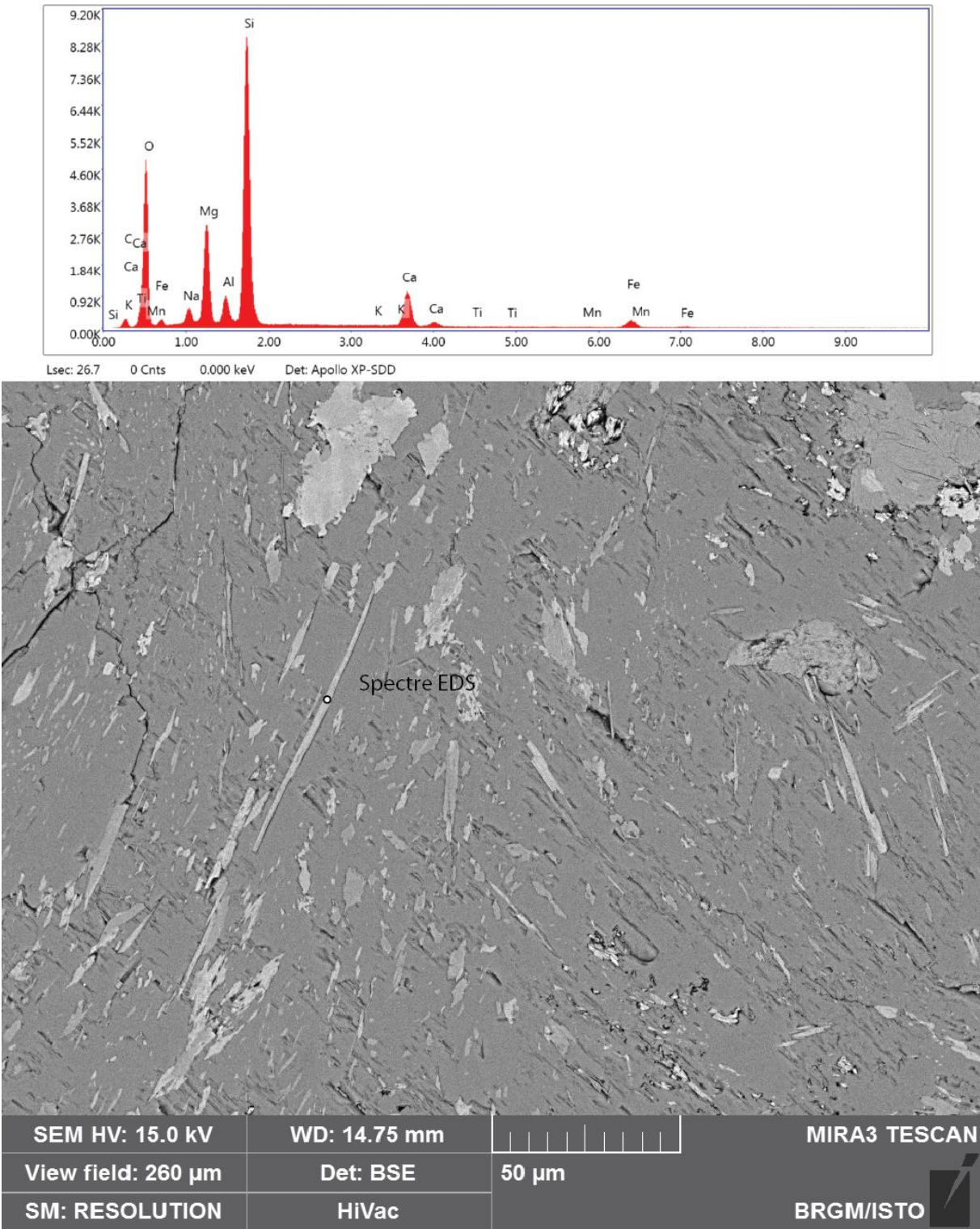


Illustration 27 : Image en électrons rétrodiffusés de l’échantillon UBAP019B et exemple de spectre EDS.

Remarques (UBAP019B) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (actinolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'actinolite-amiante, du moins pour une fraction d'entre eux.

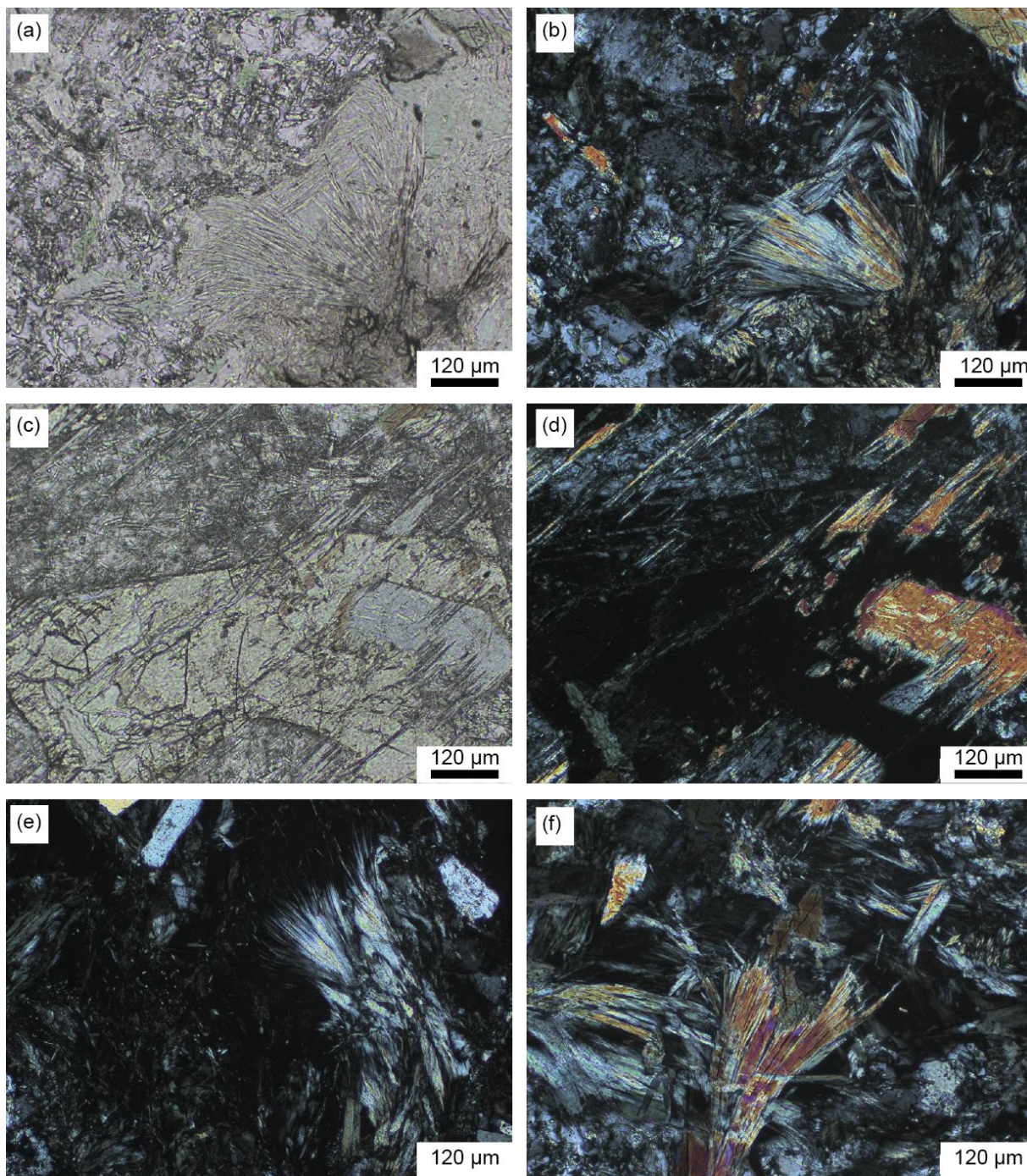


Illustration 28 : UBAP030 (a) et (b) Vues LPNA et LPA sur des amphiboles aciculaires à fibreuses. (c) et (d) Vues LPNA et LPA sur des surcroissances d'amphiboles aciculaires. (e) et (f). Vues LPA de cristaux d'amphiboles dont les terminaisons sont aciculaires à fibreuses.

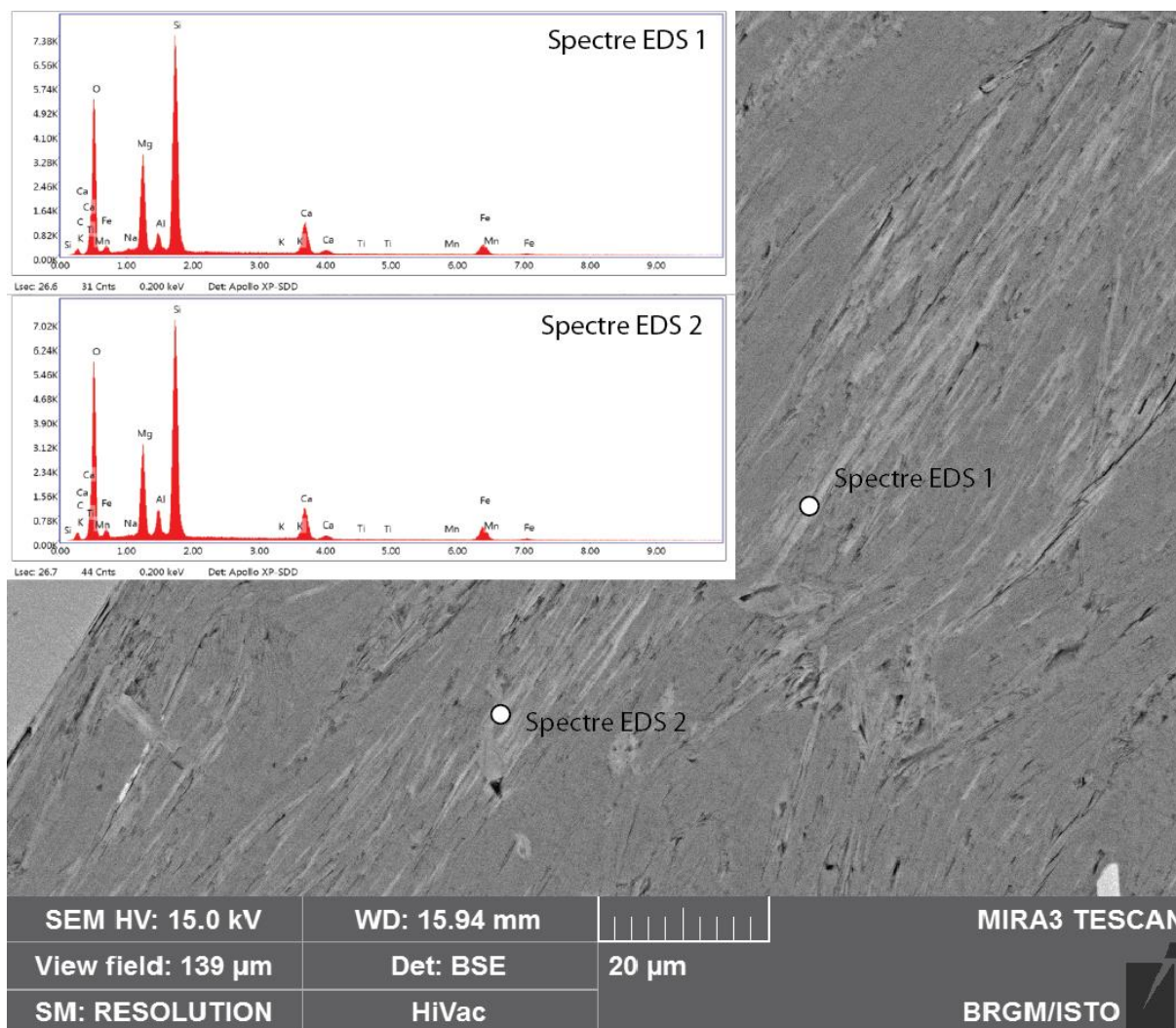


Illustration 29 : Image en électrons rétrodiffusés de l'échantillon UBAP030 et exemples de spectres EDS d'actinolite.

Remarques (UBAP030) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (actinolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'actinolite-amiante, du moins pour une fraction d'entre eux.

3.3.3. Métabasaites et métabrèches basaltiques [386].

Terrain

Les basaltes et métabrèches de basaltes présentent trois faciès prédominants. Le premier s'exprime sous forme de basaltes en coussins. Le deuxième correspond à des brèches de basaltes en coussins. Le dernier, plus déformé et montrant une déformation pénétrative

relativement importante, correspond possiblement à des alternances d'anciennes coulées et de tufs. Tout comme pour les métagabbros et brèches de métagabbros, certaines occurrences de metabasites et metabrèches basaltiques ne sont pas cartographiables à l'échelle du 1/50 000^{ème} mais ont été l'objet d'observations sur le terrain.

L'affleurement **UBAP018** est constitué de metabasites dans le faciès des schistes bleus. Il est intercalé dans les calcschistes des Schistes Lustrés. Il est accessible par le chemin de randonnée qui monte en direction du col de la Noire (voir point d'observation UBAP020). On y observe la glaucophane et la lawsonite à l'œil nu (Illustration 30).

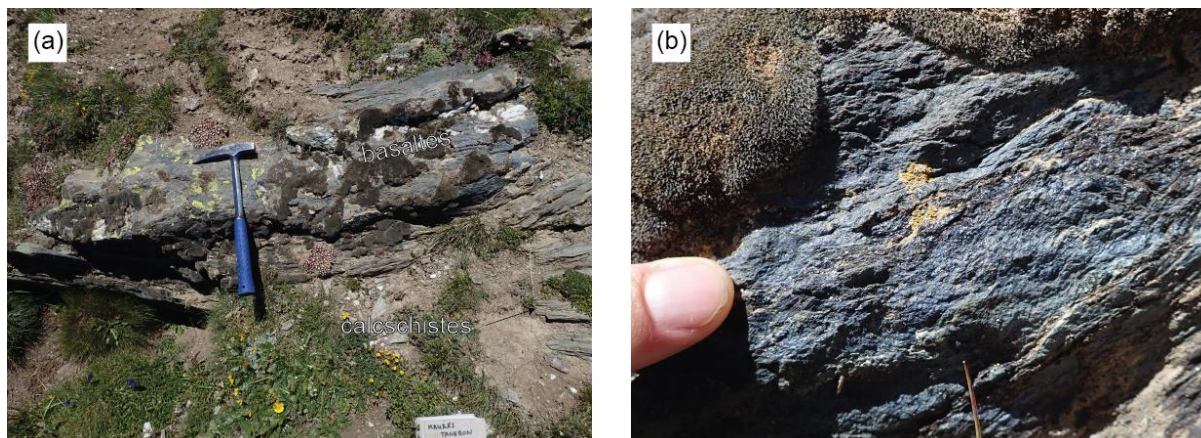


Illustration 30 : (a) Vue de l'affleurement UBAP018. (b) Vue de détail sur la roche le composant. On observe bien la glaucophane de part sa couleur bleu et la lawsonite (minéraux blancs).

Les affleurements **UBAP013** et **UBAP037** se trouvent respectivement aux environs de la sortie de Maljasset dans la combe Brémond et sur le chemin du col Albert (voir UBAP038). Ils se trouvent non loin du contact avec le domaine Briançonnais (Illustration 31a). Ils sont constitués de basaltes et d'intercalations volcano-sédimentaires. La déformation se manifeste sous forme d'une foliation bien exprimée à l'échelle de l'affleurement (Illustration 31a,e). Les niveaux les plus massifs sont trouvés sous forme d'éboulis. Ils sont d'un vert sombre caractéristique de la présence de chlorite. Certains niveaux montrent également la présence d'épidote. L'amphibole est probable. Dans le cas de l'affleurement UBAP037, nous avons pu observer les alternances de niveaux mafiques et carbonatés (Illustration 31e,f). Formellement, l'affleurement UBAP037 est cartographié comme un dépôt glaciaire (Moraine du Würm). Sur le terrain, il correspond à un fond de torrent qui montre des roches en place, dont l'appartenance au calcschistes du Crétacé [170] ne fait aucun doute.

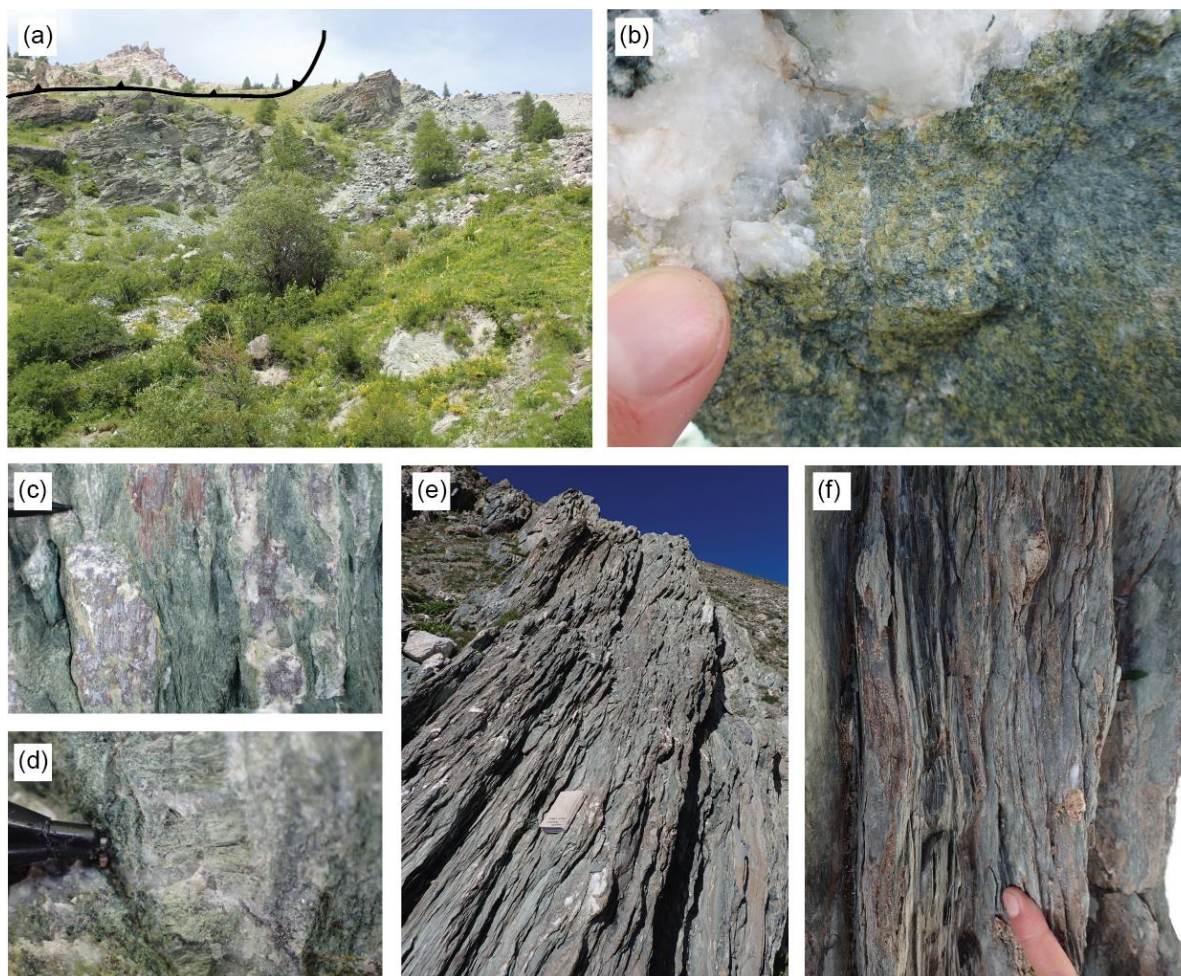


Illustration 31 : (a) Vue générale de l’affleurement UBAP013 montrant le (rétro)chevauchement du Briançonnais sur les Schistes Lustrés. (b) Détail sur un fragment de basalte massif qui montre la cristallisation d’épidote. (c) Niveaux riches en chlorites dans des plans de déformation cassants. (d) Niveaux montrant des minéraux ferromagnésiens (chlorite, amphibole ?) cristallisant dans le quartz. (e) Vue générale de l’affleurement UBAP037 montrant le plan de foliation ainsi que l’alternance volcano-sédimentaire.

Les affleurements **UBAP027**, **UBAP028** et **UBAP029** se trouvent dans la combe de Chabrière longue. On trouve de nombreux blocs de metabasaltes (en coussins ou bréchifiés) qui tombent des falaises (Illustration 32). Les roches sont assez massives et présentent une importante rétro-morphose marquée par la cristallisation d’épidote, le plus souvent dans des veines de quartz (Illustration 32a, b, c). On observe très bien les faciès de laves en coussins dans les falaises (au niveau de la Bergerie de Chabrière, vers l’Ouest par exemple ; Illustration 32d, e) ou à l’affleurement. Les basaltes en coussins sont parfois épargnés par la déformation pénétrative, ou aplatis dans le plan de foliation (Illustration 32f, h). La paragenèse est caractéristique du faciès des schistes bleus avec le développement de la glaucophane associée à la lawsonite ou la zoïsité.

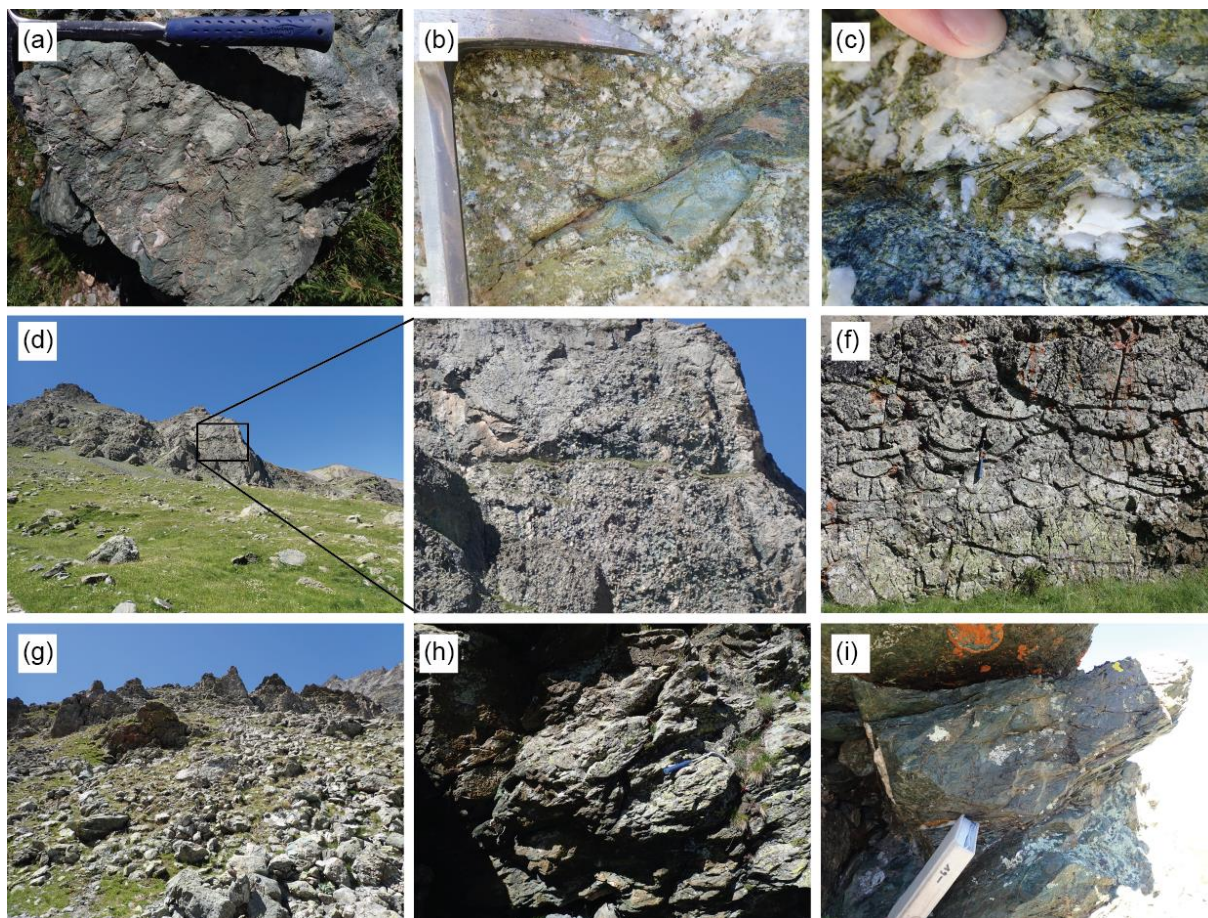


Illustration 32 : (a) Vue d'un bloc de metabrèche de basalte. On y observe des fragments de basaltes en coussins et des textures réactionnelles. (b) Veine à quartz + épidote. (c) Détail sur une veine à quartz + épidote. On observe les variolites dans les basaltes encaissants. (d) et (e) Vues d'une falaise constituée de basaltes avec des passées en coussins mieux visibles sur le zoom. (f) Vue rapprochée de basaltes en coussins. (g) Vue générale de la typologie d'affleurement de basaltes. (h) Détail montrant les basaltes en coussins pris dans une déformation pénétrative. (i) Détail de la texture des basaltes.

Les affleurements **UBAP026** et **UBAP034** ont été regroupés car ils montrent des brèches de matériel ophiolitique au sens large. Ces niveaux sont intercalés dans les calcschistes des Schistes Lustrés [170] à des échelles très différentes (quelques mm à plusieurs centaines de mètres). Nous notons que l'affleurement UBAP026 se trouve formellement dans les calcschistes du Crétacé [170]. L'affleurement UBAP034 est un éboulis décamétrique qui provient sans doute du niveau de brèche de basaltes observé non loin en place (Illustration 32d, e).

À la différence des autres affleurements, le matériel est polygénique. On observe des éléments de gabbros, de microgabbros, de basaltes et de serpentinites au sein du même affleurement. Ces roches représentent une remobilisation de fragments ophiolitiques de différentes natures (basalte, gabbro, serpentinite). Cette bréchification est *in situ*, et anté-métamorphisme. On observe des amphiboles sodiques qui remplacent en partie le pyroxène, et un minéral blanc (lawsonite ou zoisite ?) qui remplace le plagioclase dans les gabbros. La minéralogie des roches volcaniques est plus difficile à établir sans lame mince tant les minéraux sont fins.

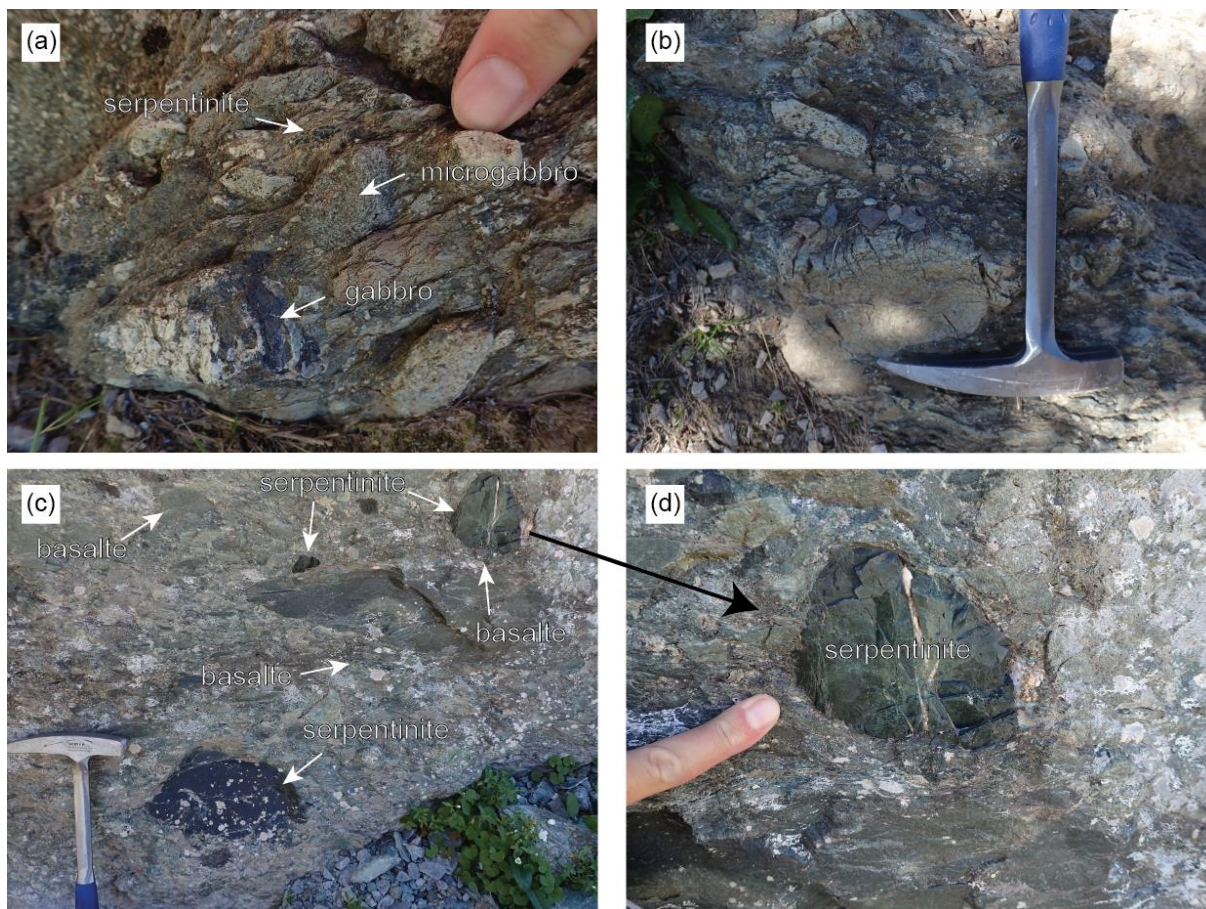


Illustration 33 : (a) et (b) Métabrèches de matériel ophiolitique observées au point d'affleurement UBAP026. (c) et (d) Métabrèches de matériel ophiolitique observées au point d'affleurement UBAP034.

Analyses

La lame mince **UBAP018** montre un metabasalte dans le faciès des schistes bleus. Il est caractérisé par la présence d'amphiboles bleues (glaucophane), de chlorite et d'albite (Illustration 34). La chlorite et la glaucophane marquent une foliation bien exprimée, avec parfois quelques bandes de cisaillement. On y trouve également de nombreuses pseudomorphoses de lawsonite. La lawsonite est remplacée par des micas blancs et par de petits cristaux d'épidote. On observe également du sphène et de la calcite. Localement, les amphiboles bleues sont aciculaires mais non asbestiformes (Illustration 35).

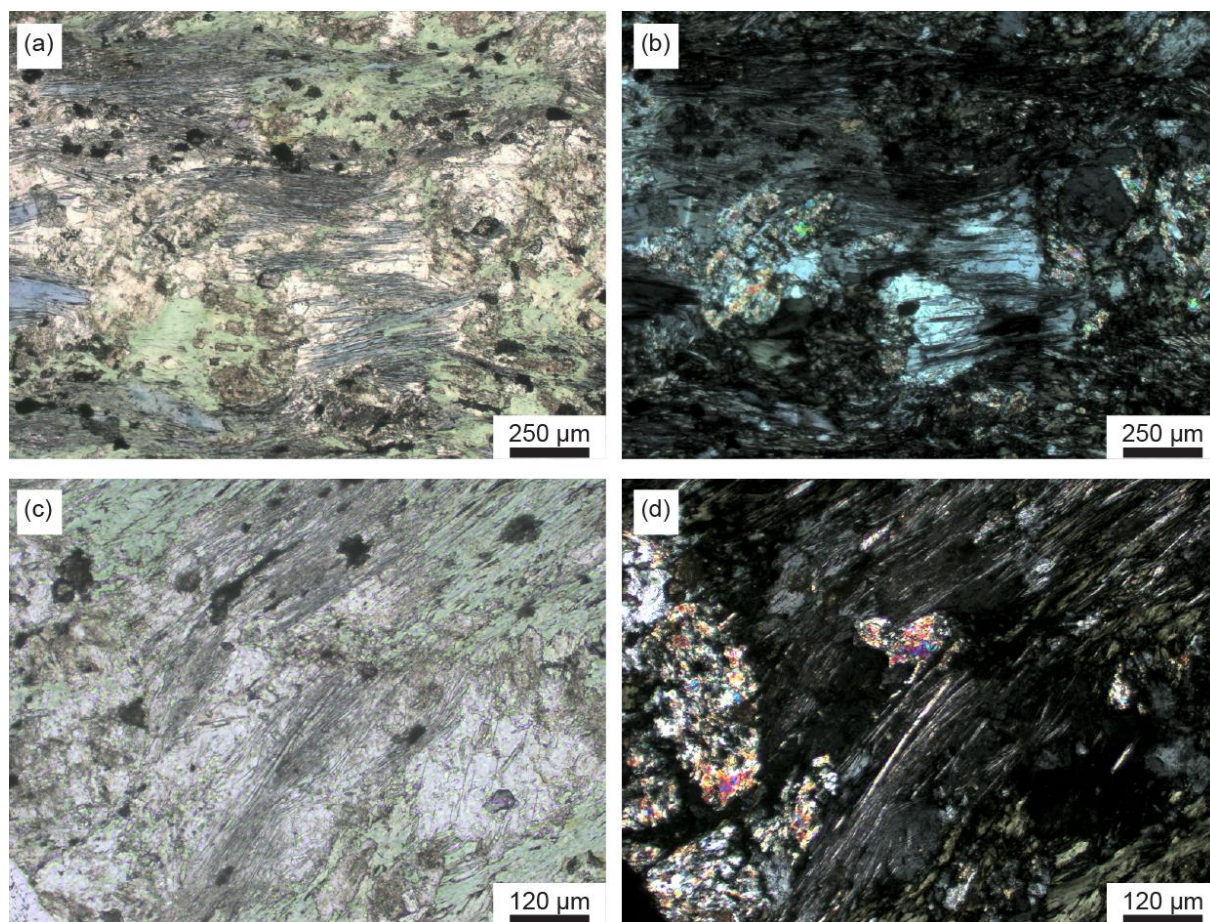


Illustration 34 : UBAP018 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant des cristaux aciculaires de glaucophane. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA de cristaux aciculaires d'amphibole (glaucophane).

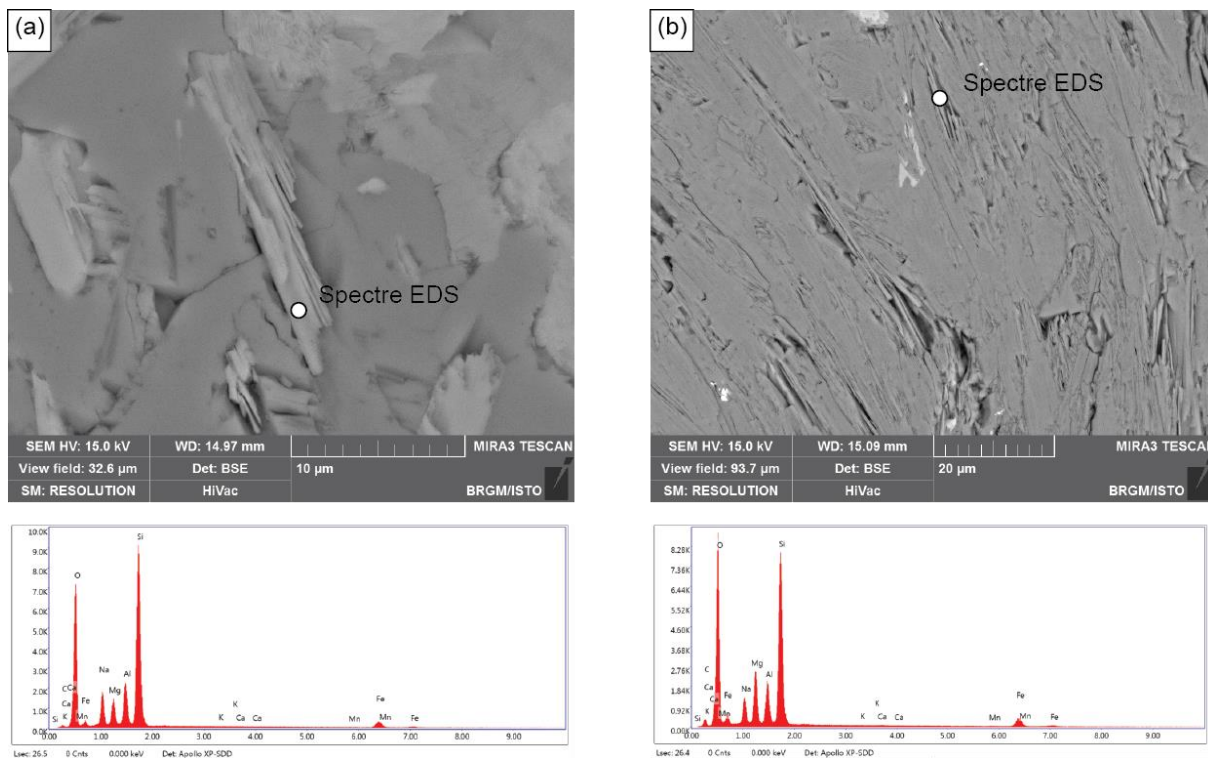


Illustration 35 : (a) et (b) Image en électrons rétrodiffusés et spectre EDS de glaucophane.

Remarques (UBAP018) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Ces amphiboles n'ont ni la composition chimique (glaucophane, magnésio-ribeckite) de l'une des cinq amphiboles réglementées au titre de l'amiante, ni les caractéristiques dimensionnelles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais présence d'amphiboles asbestiformes ou potentiellement asbestiformes non réglementées au titre de l'amiante.

La lame mince **UBAP013** montre un metabasalte à la transition entre le faciès des schistes verts et le faciès des schistes bleus, partiellement repris dans le faciès des schistes verts lors de son exhumation (Illustration 36). La paragenèse haute pression comprend du pyroxène sodique, de la lawsonite, de la chlorite, du sphène et de rares micas blancs. On trouve des reliques de diopside par endroits. La paragenèse de la rétromorphose se manifeste le long de fracture et correspond à majoritairement à des veines à albite et épidote, ou à des veines de carbonates. L'observation de ce type de veine, dans le faciès des schistes verts, est en général un guide qui doit alerter quant à la possible présence de minéraux asbestiformes. Ce type de veines est courante dans les metabasaltes du Queyras (Lahondère *et al.*, 2012b).

Remarques (UBAP013) :

- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

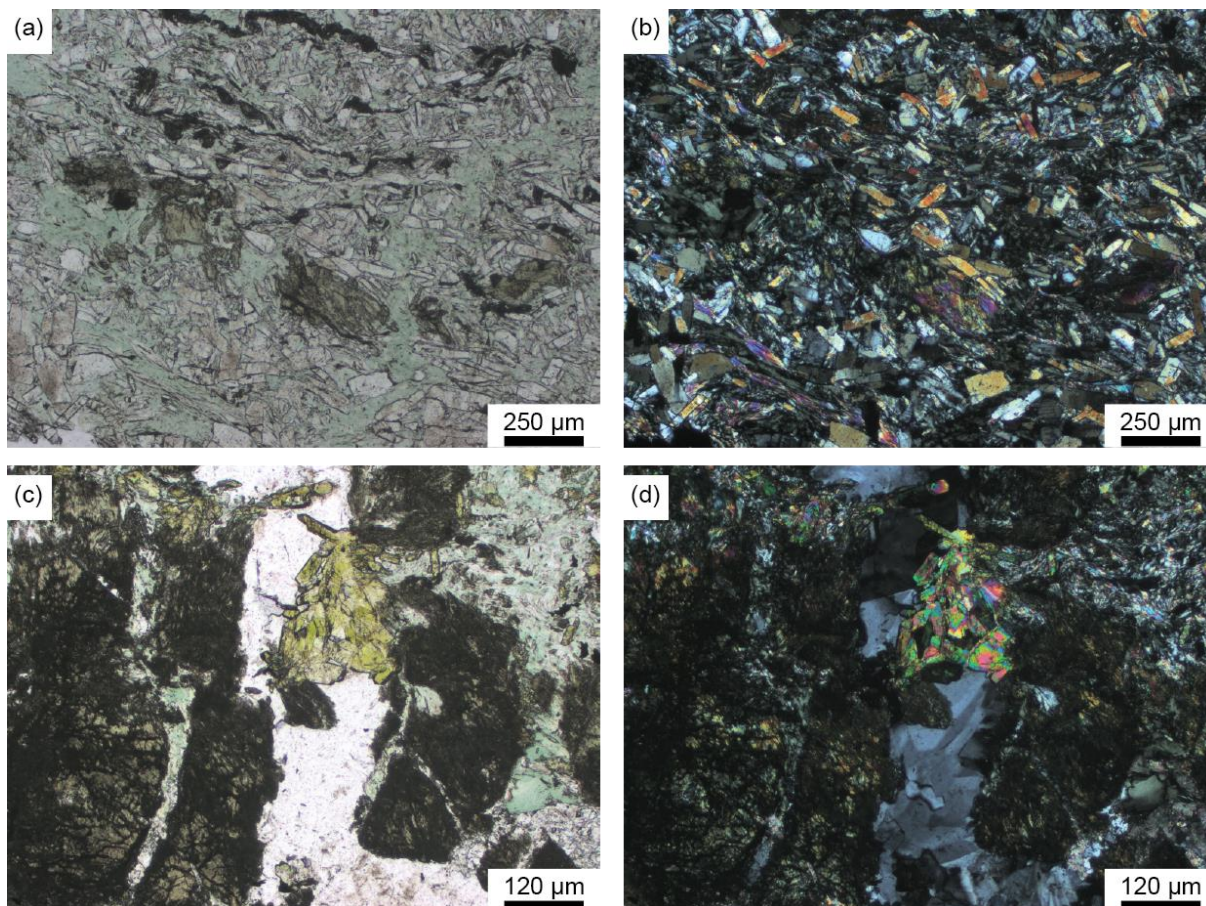


Illustration 36 : UBAP013 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA générale de l'échantillon où l'on distingue bien les cristaux de lawsonite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant montrant une veine tardive ou l'on observe de l'épidote et de l'albite. Le reste est constitué de pyroxène sodique et de chlorite.

La lame mince **UBAP026A** montre des fragments de basalte et de roches plus grenues (gabbros) dans une matrice chloriteuse (*Illustration 37*). Dans les fragments de basalte, les plagioclases sont albitisés et on observe le développement d'épidote. Les anciens minéraux ferromagnésiens sont chloritisés. On observe parfois des sphènes dans la matrice chloriteuse, qui dans certains secteurs sont omniprésents. Dans certains fragments, nous avons observé des amphiboles. On distingue les porphyroblastes qui sont des reliques d'amphiboles magmatiques partiellement transformées et des amphiboles prismatiques secondaires. Les amphiboles primaires ont une composition de magnésio-(ferri)-hornblende et les secondaires d'actinolite. Les amphiboles secondaires, de composition actinolite, peuvent parfois avoir des morphologies très aciculaires (*Illustration 38*).

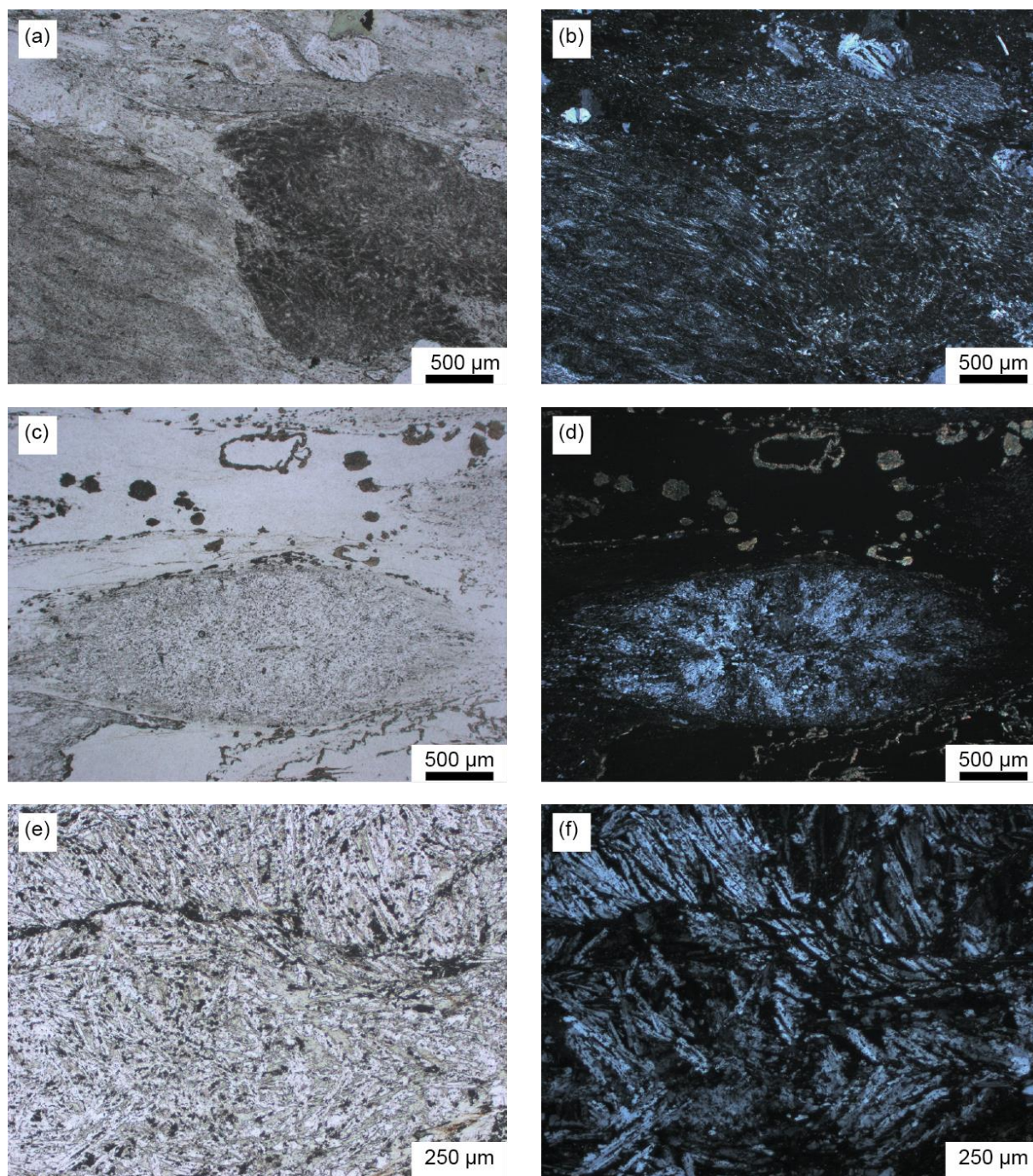


Illustration 37 : UBAP026A (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabrèche ophiolitique montrant un claste de basalte. (c) et (d) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabrèche ophiolitique montrant un claste de basalte et des sphènes dans la matrice. (a) et (b) vues LPNA et LPA sur un claste basaltique.

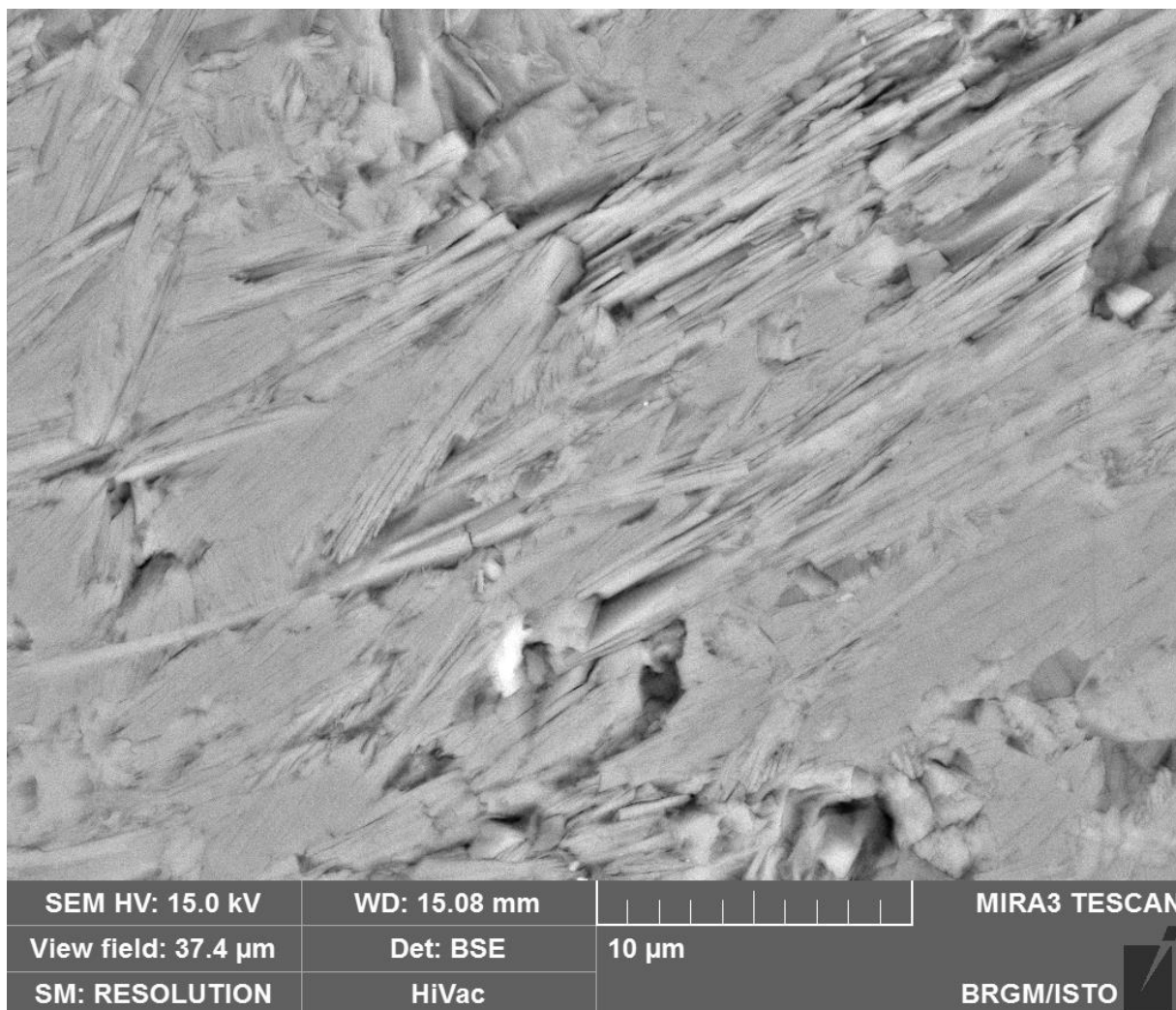


Illustration 38 : Vue de détail en électrons rétrodiffusés sur des amphiboles (actinolite) de l'échantillon UBAP026A sur laquelle on observe de très nombreux fragments de clivages très fins.

Remarques (UBAP026A) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (actinolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'actinolite-amiante, du moins pour une fraction d'entre eux.

La lame mince **UBAP026B** est un fragment pluricentimétrique de la brèche observée sur la lame UBAP026A. Il s'agit d'un ancien gabbro dans lequel on retrouve la texture magmatique d'origine (Illustration 39). Le plagioclase est albitisé comme l'atteste les nombreux minéraux qui ont recristallisé dedans, dont de l'épidote. Les minéraux ferromagnésiens d'origine ont entièrement disparu, laissant parfois de la chlorite se développer et parfois des amphiboles. On note la présence de veinules de carbonates (calcite ?) et d'ilménite partiellement transformée en sphène. Les amphiboles sont prismatiques en majorité. Les cœurs relictuels ont une composition de ferro-ferri-hornblende, les premières surcroissances de glaucophane.

Les terminaisons des cristaux prismatiques ont parfois un caractère aciculaire très prononcé et une composition qui se répartie entre ferro-actinolite et actinolite (Illustration 40).

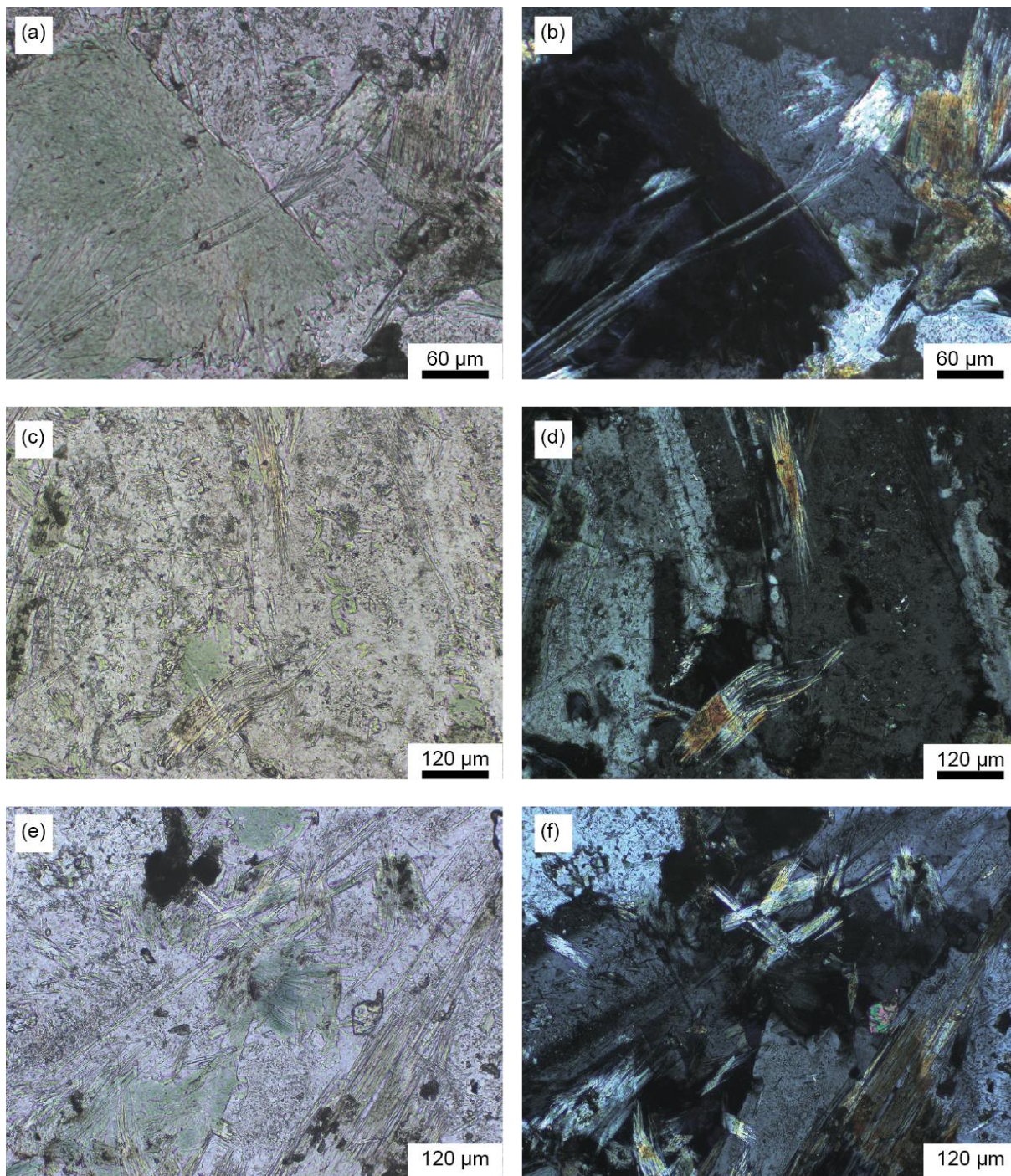


Illustration 39 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA sur des cristaux aciculaires à fibreux d'amphibole (actinolite) ? (c) et (d) Vues de détail en LPNA et LPA sur des des cristaux aciculaires à fibreux d'amphibole (actinolite). (e) et (f) Vues de détail en LPNA et LPA sur des des cristaux d'amphibole dont les terminaisons sont aciculaires à fibreuses (actinolite).

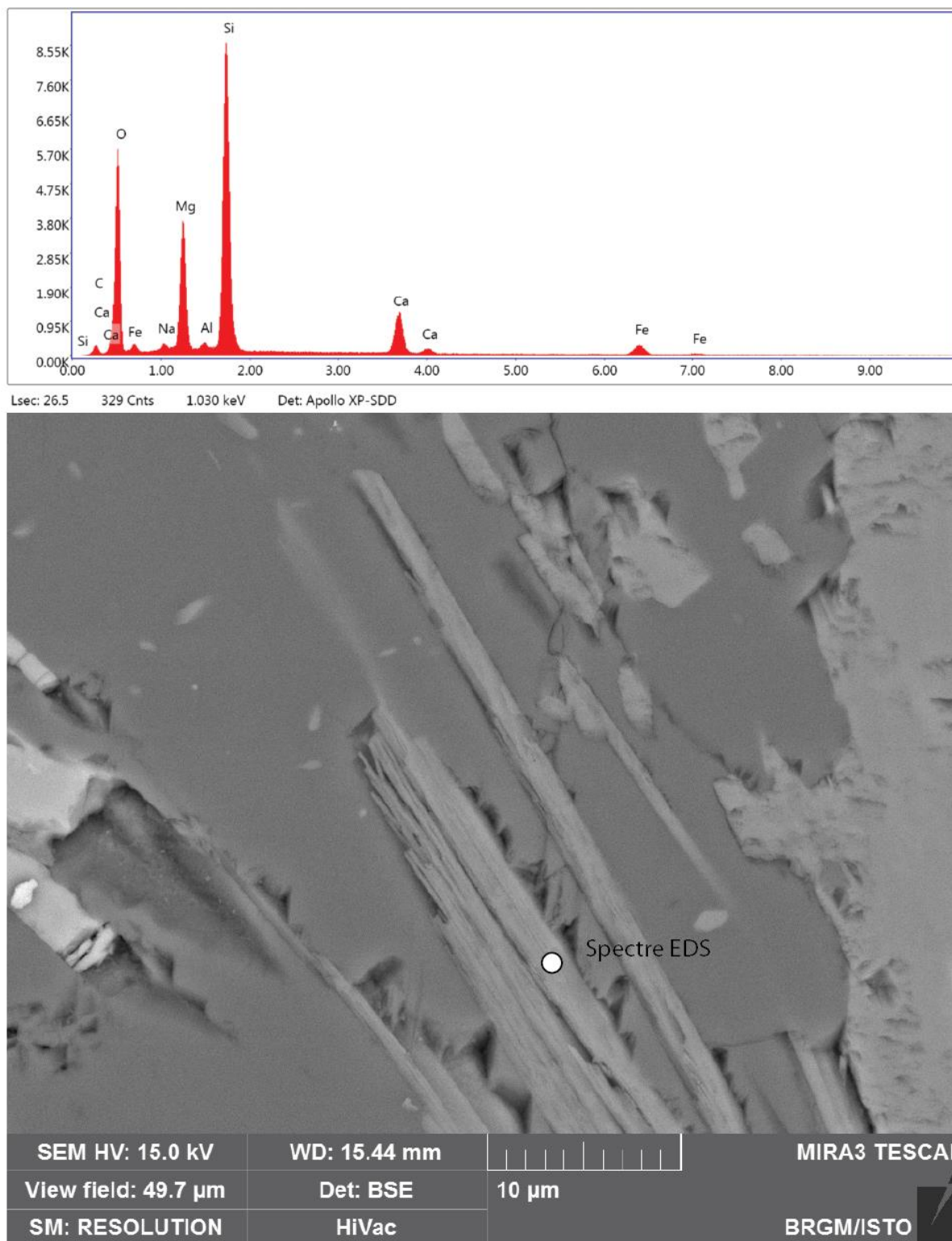


Illustration 40 : Spectre EDS d'actinolite (UBAP026B) et localisation de l'analyse EDS.

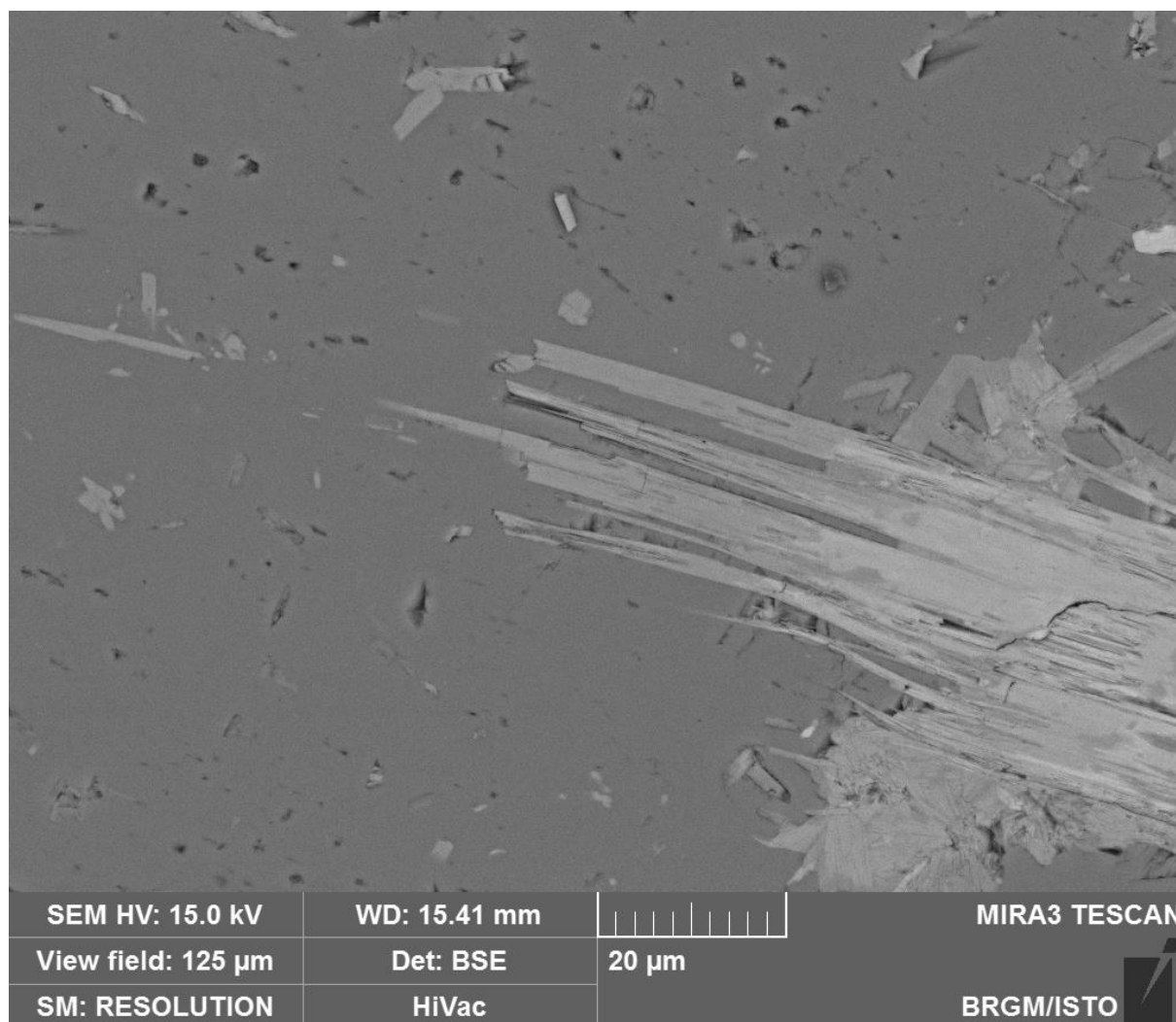


Illustration 41 : Terminaisons aciculaires d'amphibole prismatique, de compositions actinolitiques (UBAP026B).

Remarques (UBAP026B) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (actinolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'actinolite-amiante, du moins pour une fraction d'entre eux.

La lame mince **UBAP029A** est un metabasalte. La déformation est exprimée par des plans chloriteux qui définissent une foliation frustre. On trouve des traces de la texture magmatique avec de grands faisceaux de plagioclase relictuel. La finesse de la roche rend difficile son observation au microscope optique (Illustration 42a, b). On distingue toutefois des cristaux aciculaires d'amphibole (Illustration 42c, d, e). L'observation au MEB et les analyses microsonde permettent de confirmer que ces amphiboles ont une composition d'actinolite.

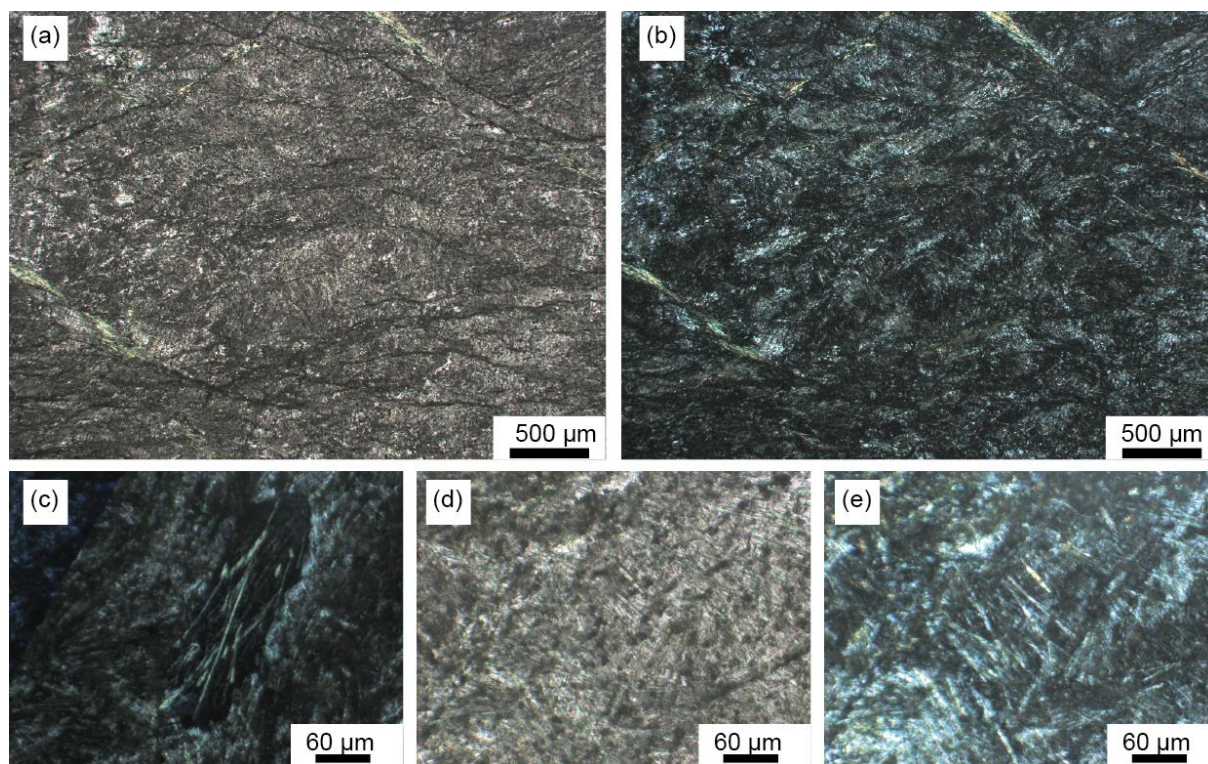


Illustration 42 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabasalte UBAP029A. (c) Détail sur des cristaux aciculaires d'amphibole ? (d) et (e) Détail sur des cristaux aciculaires d'amphibole (actinolite).

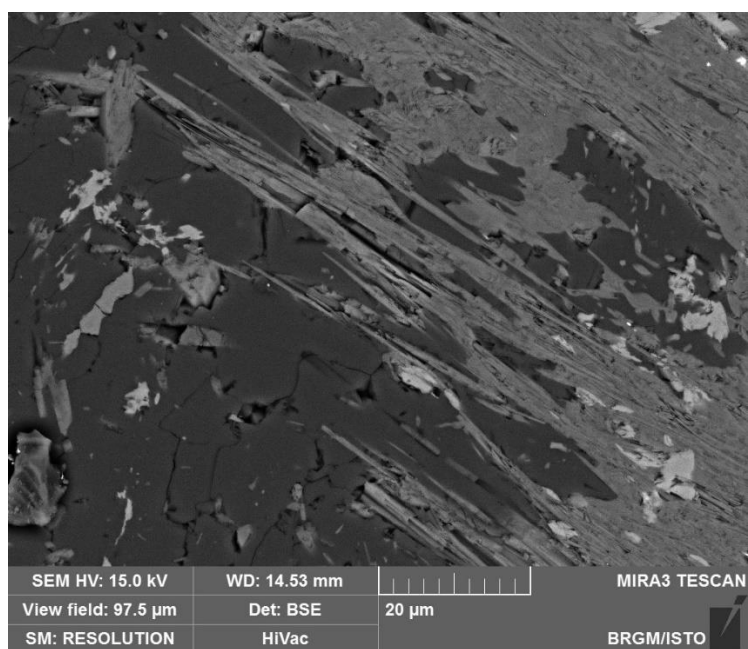


Illustration 43 : Détail sur des morphologies aciculaires d'actinolite dans l'échantillon UBAP029A.

Remarques (UBAP029A) :

- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Leur composition chimique (actinolite) correspond à l'une des cinq espèces d'amphiboles réglementées au titre de l'amiante mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- conclusion : échantillon non amiantifère mais susceptible de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'actinolite-amiante, du moins pour une fraction d'entre eux.

La lame mince **UBAP029B** est un metabasalte dans le faciès des schistes verts. On y observe la texture volcanique héritée et caractérisée par la disposition des plagioclase (aujourd'hui remplacé par un mélange d'albite et d'épidote) et d'anciens minéraux opaques transformés en sphène. Les minéraux ferromagnésiens ont été remplacés par de la chlorite. Les analyses MEB confirment les observations au MOLP.

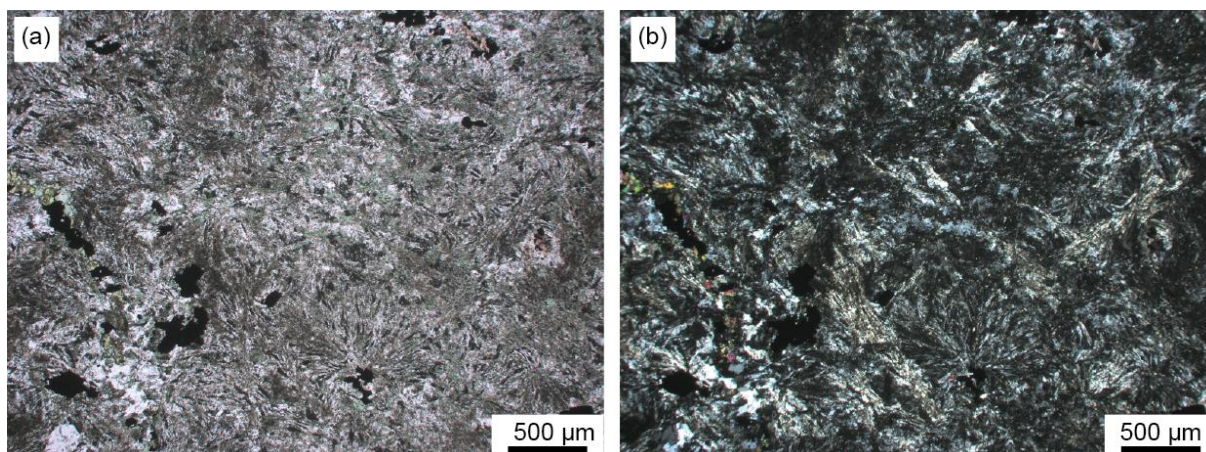


Illustration 44 : (a) et (b) Vues LPNA et LPA représentatives de l'échantillon de metabasalte (UBAP029B).

Remarques (UBAP029B) :

- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon **non amiantifère**.

3.4. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « FAIBLE »

Dans la vallée de la Haute-Ubaye, 5 formations ont reçu un aléa prévisionnel de niveau « faible ». Ces formations sont toutes de nature sédimentaire. On peut les diviser en celles qui appartiennent aux zones internes des Alpes et celles que l'on retrouve dans l'avant-pays alpin. Dans la zone interne des Alpes, ces formations correspondent aux conglomérats de la Blachière [378], une formation volcano-détritique du Permien [389], à la mégabrèche du Col du Longet [396], aux olistolites ophiolitiques du Turonien-Sénonien [189], aux brèches et blocs ophiolitiques du Cénomaniens-Turonien [198] et aux schistes à blocs et à olistolites et grès basal de l'Éocène moyen-supérieur [144].

Le Tableau 9 recense ces formations ainsi que les affleurements où elles ont été visitées.

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Affleurement
189	c2-e3_O	Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques	2	UBAP002, UBAP003, UBAP005
198	c1-2_br	Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques	2	UBAP006
378	h5b-c	Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière	2	UBAP008
389	r_S	permien volcano-détritique : Schistes non différenciés	2	UBAP017
396	j-cBr	Jurassique - Crétacé ? : Mégabrèche du col du Longet	2	UBAP021

Tableau 9 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectés d'un niveau de susceptibilité prévisionnelle « faible ».

3.4.1. L'unité de Serenne : Les olistolites ophiolitiques du Turonien-Sénonien [189] et Brèches et blocs ophiolitiques [198]

Terrain

Préambule : Suivant les descriptions données dans les notices des cartes géologiques 871 et 872 (Gidon *et al.*, 1994; Kerckhove *et al.*, 2005), nous prenons la liberté de regrouper ces deux caissons de la carte géologique départementale harmonisée. En réalité, les olistolites ophiolitiques ne se retrouvent qu'à la base du flysch gris de l'unité de Serenne, laquelle est décrite comme une : « *Succession monotone, très déformée tectoniquement et d'épaisseur mal déterminée (quelques centaines de mètres), de grès à grain fin (silts) et à patine rousse, en lits centimétriques à décimétriques, alternant avec des pélites brunes ou gris bleuté* ». À sa base, on retrouve parfois des « ophiolites » ou des « lambeaux à matériel ophiolitiques » aux environs du rocher du Peyron (NO du hameau de Grande Serenne) où au sud du Replat des Génisses (ESE du hameau de Fouillouse). Cette dernière occurrence correspond à la notation [198].

Les schistes de Serenne ont fait l'objet de plusieurs contrôles de terrain pour vérifier la possible nature ophiolitique. Cela correspond aux affleurements **UBAP002** et **UBAP003**. On voit sur le terrain des roches silico-clastiques à grain fin à très fin montrant des alternances de bancs typiques d'anciennes séquences turbiditiques. Les roches sont de nature siliceuse, avec des passées plus carbonatées et une déformation très importante marquée à petite comme à grande échelle par des plis isoclinaux (Illustration 45). Les seuls minéraux observables sont des paillettes de micas (certainement détritiques). Les observations n'ont pas permis d'identifier des roches susceptibles d'avoir un potentiel amiantifère.

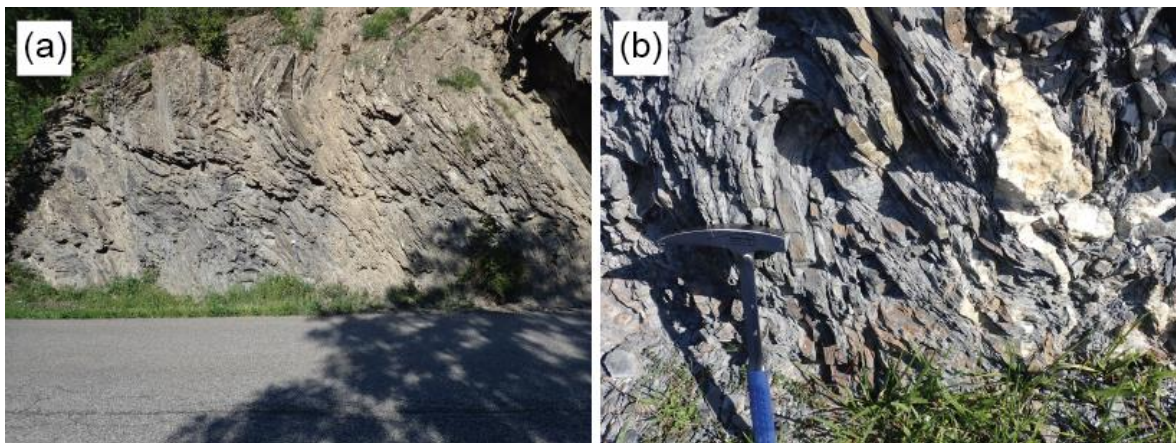


Illustration 45 : (a) Vue des flyschs de Serenne (Affleurement UBAP002). (b) Détail des flyschs sur l'affleurement UBAP003.

Les brèches à blocs ophiolitiques ont été observées à l'affleurement **UBAP006**. Cet affleurement correspond à l'occurrence située non loin du replat des Génisses mentionnée précédemment. Il est accessible au départ du hameau de Fouillouse en suivant le chemin de randonnée qui monte vers le refuge du Chambeyron. Elles sont constituées de matériel d'origine volcanique et de fragments de roches sédimentaires (grès, carbonates) avec une matrice carbonatée (Illustration 46). Un échantillon a été prélevé pour investigation au microscope car la nature de la roche ne se prête pas à une détermination précise sur le terrain.

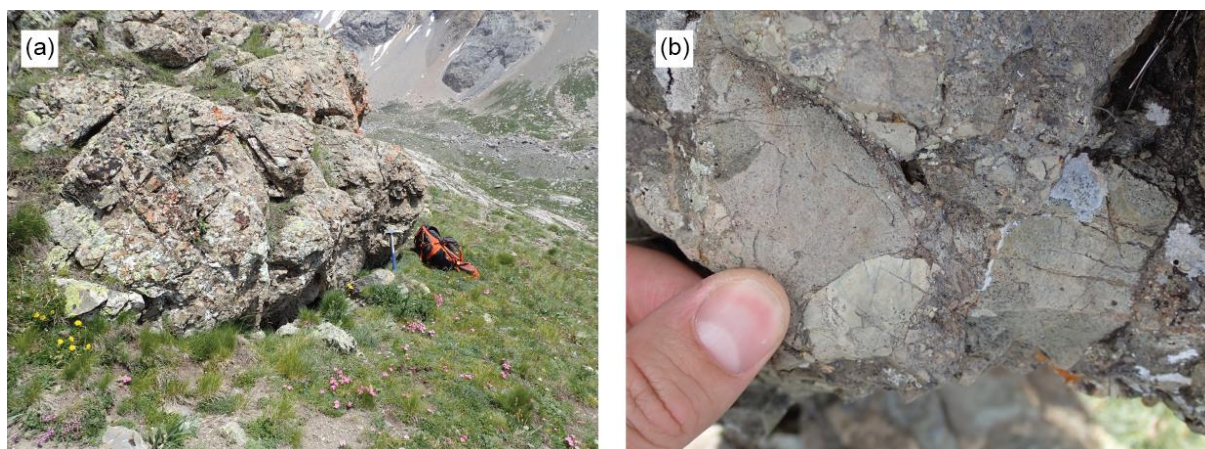


Illustration 46 : (a) Vue générale de l'affleurement UBAP006. (b) Détail de la texture bréchique montrant la nature polygénique de la roche.

Analyses

La lame mince UBAP006 correspond à une brèche contenant des matériaux ignés et sédimentaires (Illustration 47). Les fragments ignés sont de nature volcanique à hypo volcanique, de tailles millimétriques à centimétriques. On y distingue bien les feldspaths plagioclases, seul minéraux qui semblent avoir résisté à l'altération. Les minéraux ferromagnésiens, quand ils sont présents, sont en revanche plus difficiles à identifier car chloritisés. Les opaques (ilménite) sont transformés en sphène. On les trouve dans les fragments les plus grenus. D'autres fragments sont de nature carbonatée. Des veines à carbonates recoupent les différents clastes.

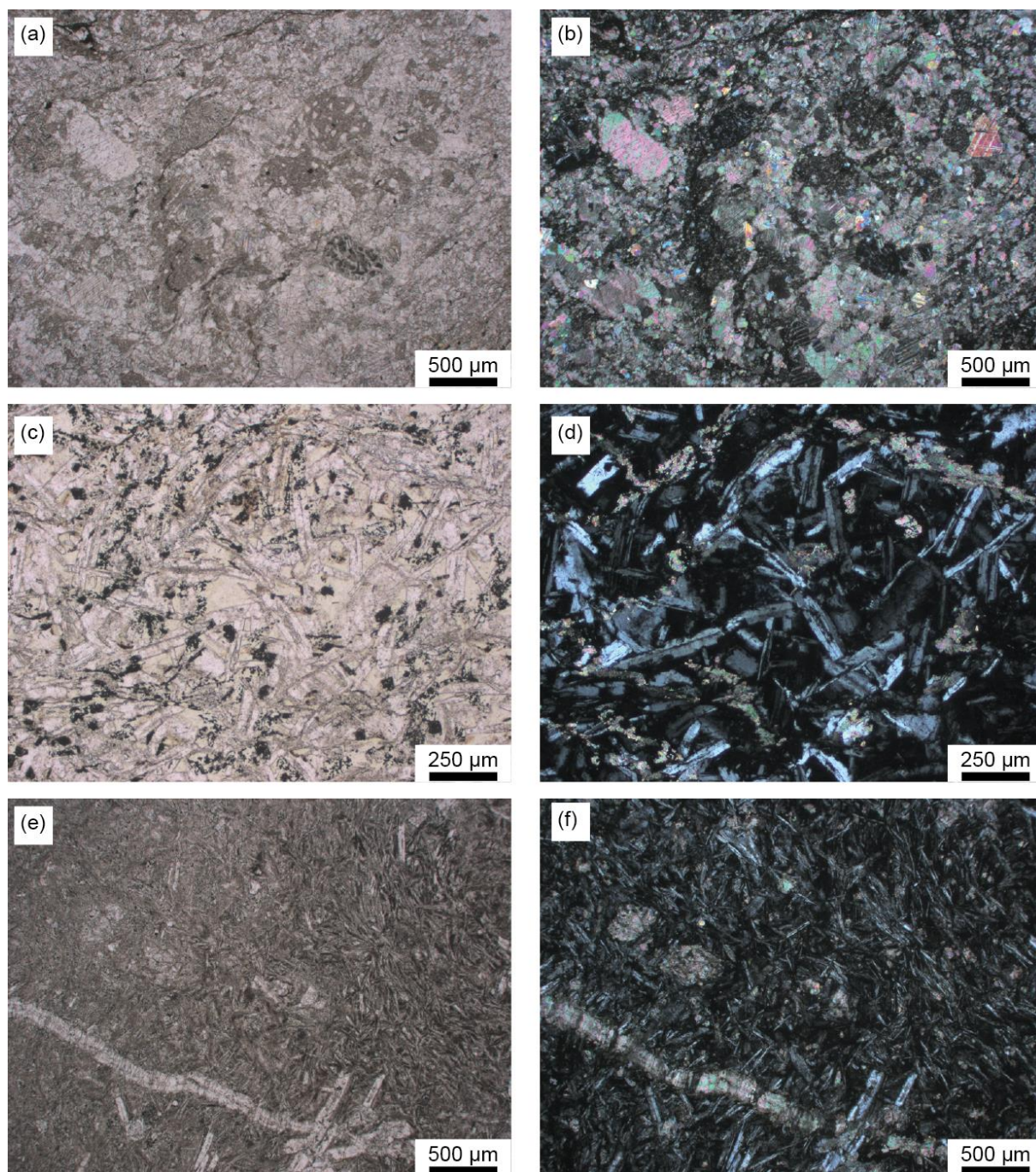


Illustration 47 : (a) et (b) Vues en LPNA et en LPA montrant la matrice carbonatée ainsi que des fragments carbonatés et volcaniques (UBAP006). (c) et (d) Vues en LPNA et en LPA montrant la texture doléritique d'un fragment assez grenu. On distingue les sites des anciens minéraux ferromagnésiens entièrement chloritisés. (e) et (f) Vues en LPNA et LPA d'un fragment volcanique.

Remarques (UBAP006) :

- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

3.4.2. Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière [378]

Terrain

Cette formation a fait l'objet d'un contrôle de terrain au point **UBAP008**. Elle est accessible au départ de la D25, en prenant le chemin de randonnée qui monte en rive gauche de l'Ubaye vers le lac de Chillol. On y observe un conglomérat massif, à éléments essentiellement siliceux pouvant aller jusqu'à quelques centimètres de diamètre (Illustration 48). L'affleurement montre le développement d'un plan de schistosité dans lequel on retrouve parfois des placages de minéraux ferromagnésiens (chlorite probable). On observe également quelques baguettes noires (tourmaline probable). Deux échantillons ont été prélevés pour vérification.

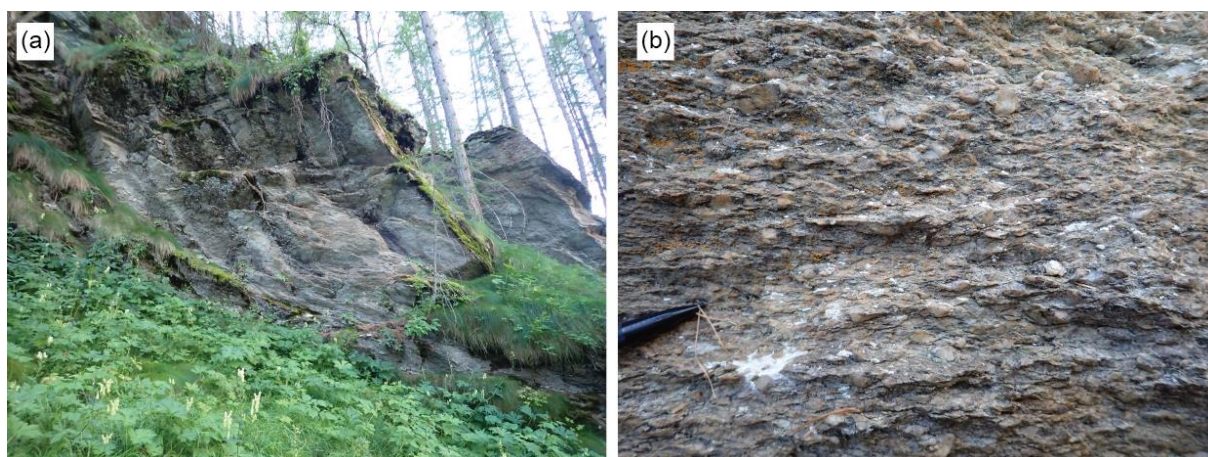


Illustration 48 : (a) Vue générale de l'affleurement. (b) Vue de détail sur la nature conglomératique des roches de l'affleurement UBAP008.

Analyses

Les échantillons **UBAP008A** et **UBAP008B** sont des métaconglomérats (Illustration 49, Illustration 50). Ils sont majoritairement composés de fragments de quartz de tailles variables (quelques centaines de μm à quelques cm), dans une matrice faite de phyllosilicates (phengites). On observe quelques minéraux lourds (zircons, sphènes) ainsi que des tourmalines (les baguettes indéterminées observées sur le terrain).

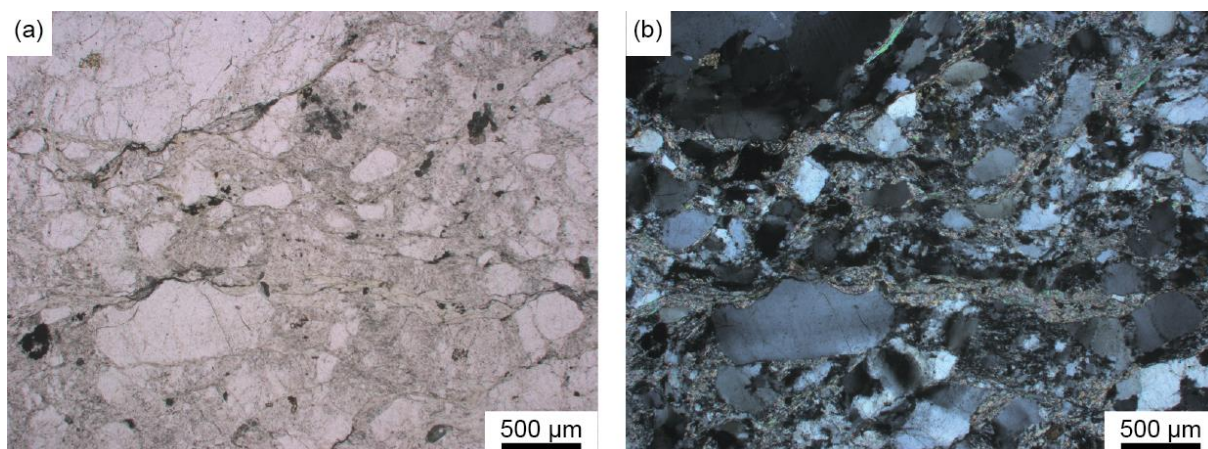


Illustration 49 : UBAP008A (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant les fragments de quartz de taille variable, la matrice riche en phyllosilicates et les tourmalines détritiques.

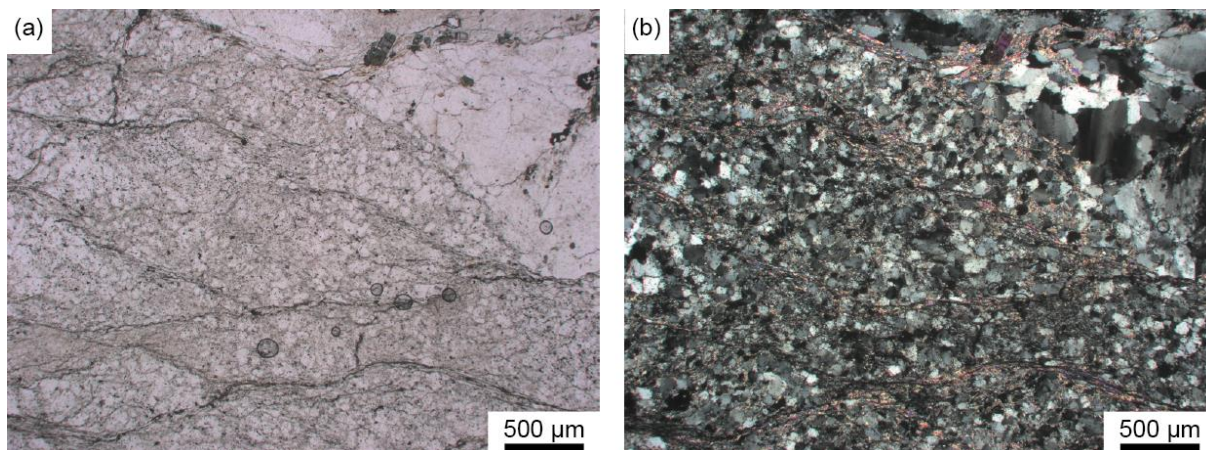


Illustration 50 : UBAP008B (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant la texture de l'échantillon avec des passées riches en quartz très fins avec des micas blancs intercalés et définissant la foliation et des fragments de quartz plus grossiers (en haut à droite).

Remarques (UBAP008A) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Remarques (UBAP008B) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

3.4.3. Permien volcano-détritique : Schistes non différenciés [389]

Terrain

Cette formation se trouve essentiellement aux abords du col du Longet, au fond de la vallée de la Haute-Ubaye, non loin de la frontière italienne. On accède à l'affleurement **UBAP017** après 3h30 de marche sur un chemin de randonnée au départ de Maljasset. Les schistes du Permien appartiennent à cet endroit à la bande d'Acceglio, qui correspond à la marge continentale Briançonnaise enfouie lors de la subduction Alpine. Cette unité est connue pour son métamorphisme dans le faciès des schistes bleus (Lefèvre et Michard, 1976; Michard *et al.*, 2004; Schwartz, 2000). Ces schistes sont de couleur blanche, et montrent une déformation importante (Illustration 51). Ils sont métamorphiques et contiennent de la jadéite et de la glaucophane par endroits. Un échantillon a été prélevé pour analyses complémentaires.

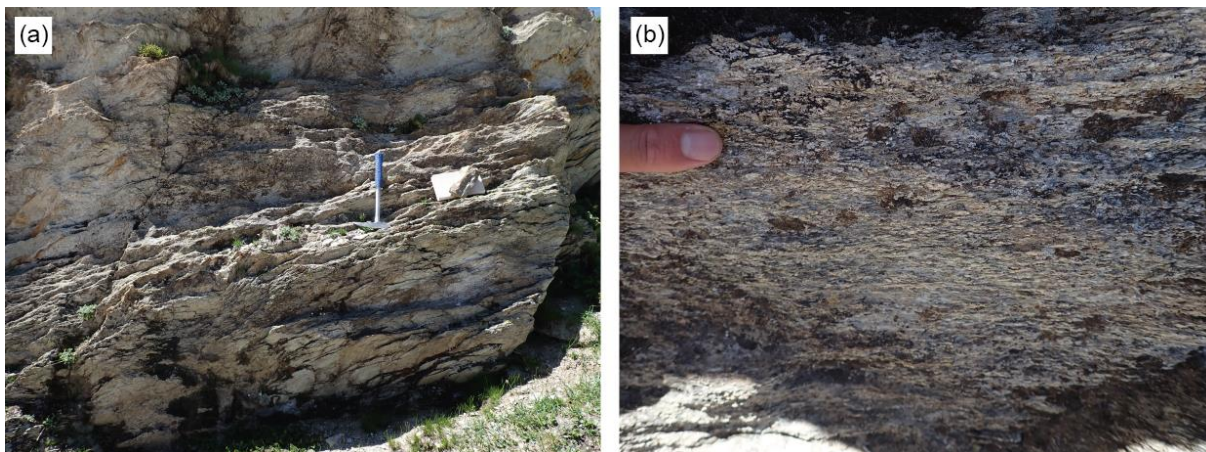


Illustration 51 : (a) Vue générale de l’affleurement des schistes permien (UBAP017). (b) Vue de détail montrant la texture de la roche.

Analyses

La lame mince UBAP017 correspond à une quartzite à glaucophane (Illustration 52). On y observe une foliation bien exprimée par la disposition à plat des amphiboles bleues et des micas blancs. On trouve également de rares porphyroblastes de jadéite presque entièrement rétro-morphosés. La glaucophane a un habitus prismatique, parfois aciculaire au niveau des terminaisons des cristaux prismatiques. Elle est parfois déstabilisée en chlorite. On observe des minéraux opaques et de l’apatite.

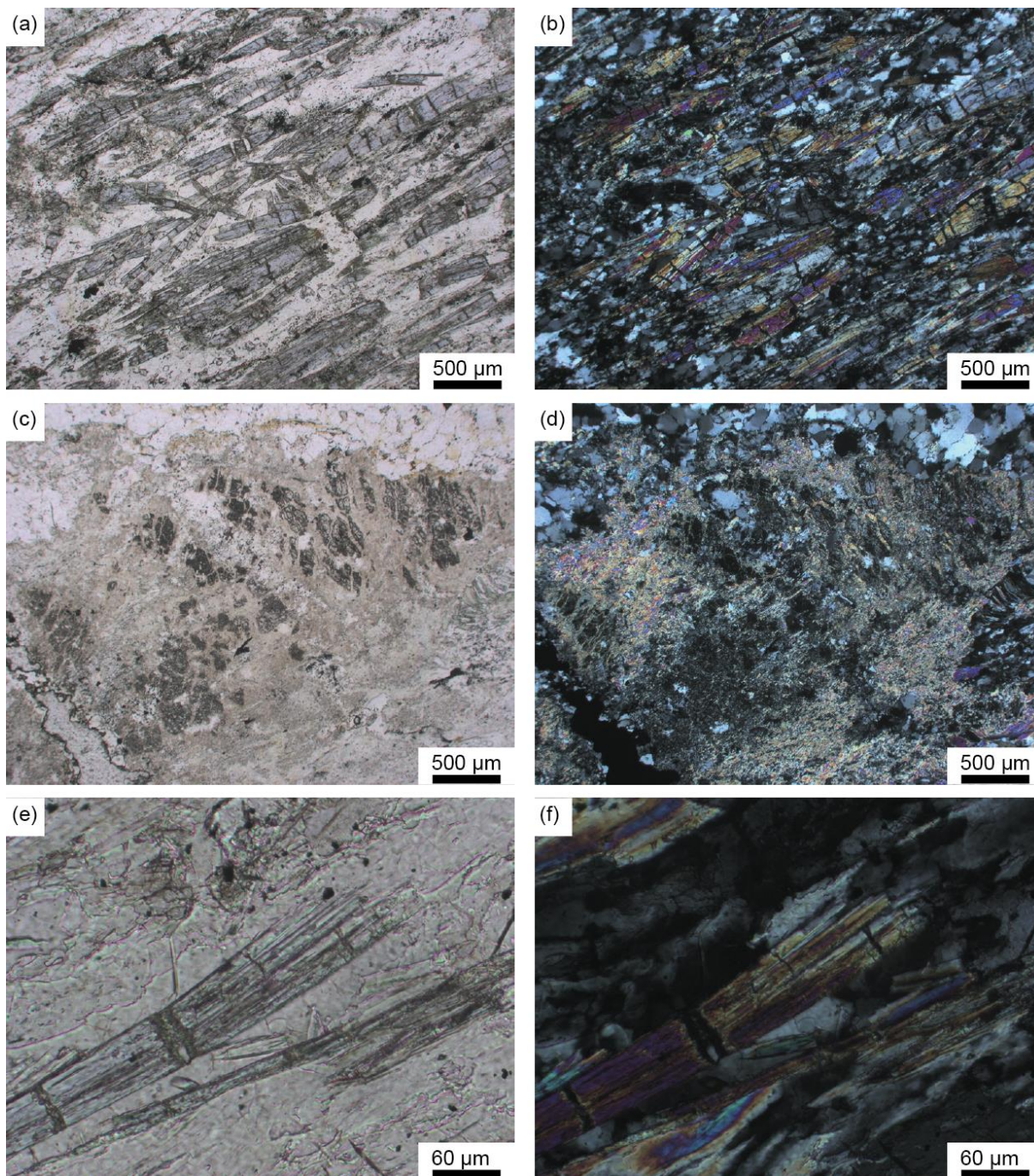


Illustration 52 : UBAP017 (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA de la quartzite à glaucophane. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA montrant un cristal de jadéite partiellement destabilisé en micas blancs. (e) et (f) Détail en LPNA et LPA de la terminaison aciculaire d'un cristal prismatique de glaucophane.

Remarques (UBAP017) :

- des amphiboles sont présentes dans cette lame mince. Ces amphiboles n'ont ni la composition chimique (ferro-glaucophane) de l'une ou l'autre des cinq amphiboles réglementées au titre de l'amiante, ni les caractéristiques dimensionnelles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993) ;
- aucune serpentine n'a été observé dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

3.4.4. Mégabrèche du col du Longet (Jurassique - Crétacé ?) [396]

Cette formation se trouve non loin du point d'affleurement précédemment décrit. Nous l'avons observée au point **UBAP021** et aux alentours. Dans la notice de la carte 848, cette formation est décrite comme une formation bréchique à matrice schisteuse, calcschisteuse et localement gréseuse (Tricart *et al.*, 2003). Selon cette même notice, les blocs sont constitués de calcaires dolomitiques du Trias, et parfois dans une moindre mesure de prasinites. Nous avons cherché les prasinites sur le terrain mais ne les avons pas trouvées. Seul les dolomites ont été observées sous forme d'un bloc cohérent de taille hectométrique (Illustration 53).



Illustration 53 : (a) Détail sur un bloc cohérent de dolomites dans la mégabrèche du Longet. (b) Vue du même bloc de dolomites, à une cinquantaine de mètres de la photo (a).

3.5. LES FORMATIONS DE NIVEAU DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉVISIONNEL « NUL À TRES FAIBLE »

Dans le cadre des investigations de terrain, huit formations géologiques affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel 1 (« nul à très faible ») ont également été visitées car susceptibles très localement de présenter des paragenèses minéralogiques particulières ou présentes à proximité immédiate de formations affectées d'un niveau de susceptibilité plus fort. Les reste des formations de niveau de susceptibilité « nul à très faible » n'ont pas fait l'objet d'études systématiques sur le terrain, en raison de leur très faible potentiel à contenir des occurrences amiantifères. Le Tableau 10 liste les affleurements visités.

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Affleurement
144	e5-7_FB	Éocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal	1	UBAP004, UBAP007
377	r_A	Permien : arkoses conglomératiques, méta-arkose du Plan de Phazy	1	UBAP009
164	c-e7_(b)	Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales	1	UBAP010
375	r-t_(1)	Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques	1	UBAP012
170	c_Cl	Crétacé : calcschistes	1	UBAP014, UBAP036
163	c-e7_(a)	Crétacé supérieur-Éocène : marbres en plaquettes	1	UBAP022
[Non codée]	û	Quartzites rubanées et métaradiolarites	1	UBAP031
286	j1-c-n	Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires	1	UBAP035

Tableau 10 : Affleurements visités correspondant aux formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « nul à très faible ».

Les schistes à blocs [144] des affleurements **UBAP004** et **UBAP007** montrent soit une roche carbonatée très déformée (UBAP004), soit des fragments de roches carbonatées dans une matrice argileuse très déformée (UBAP007). Aucun minéral présentant un risque amiantifère n'a été observé.

Les arkoses conglomératiques et arkoses [377] de l'affleurement **UBAP009** montrent quelques fragments de roches volcaniques qui sont des rhyolites. Ces lithologies n'ont jusqu'à présent jamais présenté de risque amiantifère. La lame mince **UBAP009** montre une quartzite, dans laquelle on retrouve quelques fragments de roches volcaniques acides (rhyolites). Elle est composée majoritairement de quartz (Illustration 54). On retrouve quelques cristaux de mica blanc sur les bords de grains de quartz. Quelques fragments volcaniques sont observés. Certains montrent une mésostase encore stable.

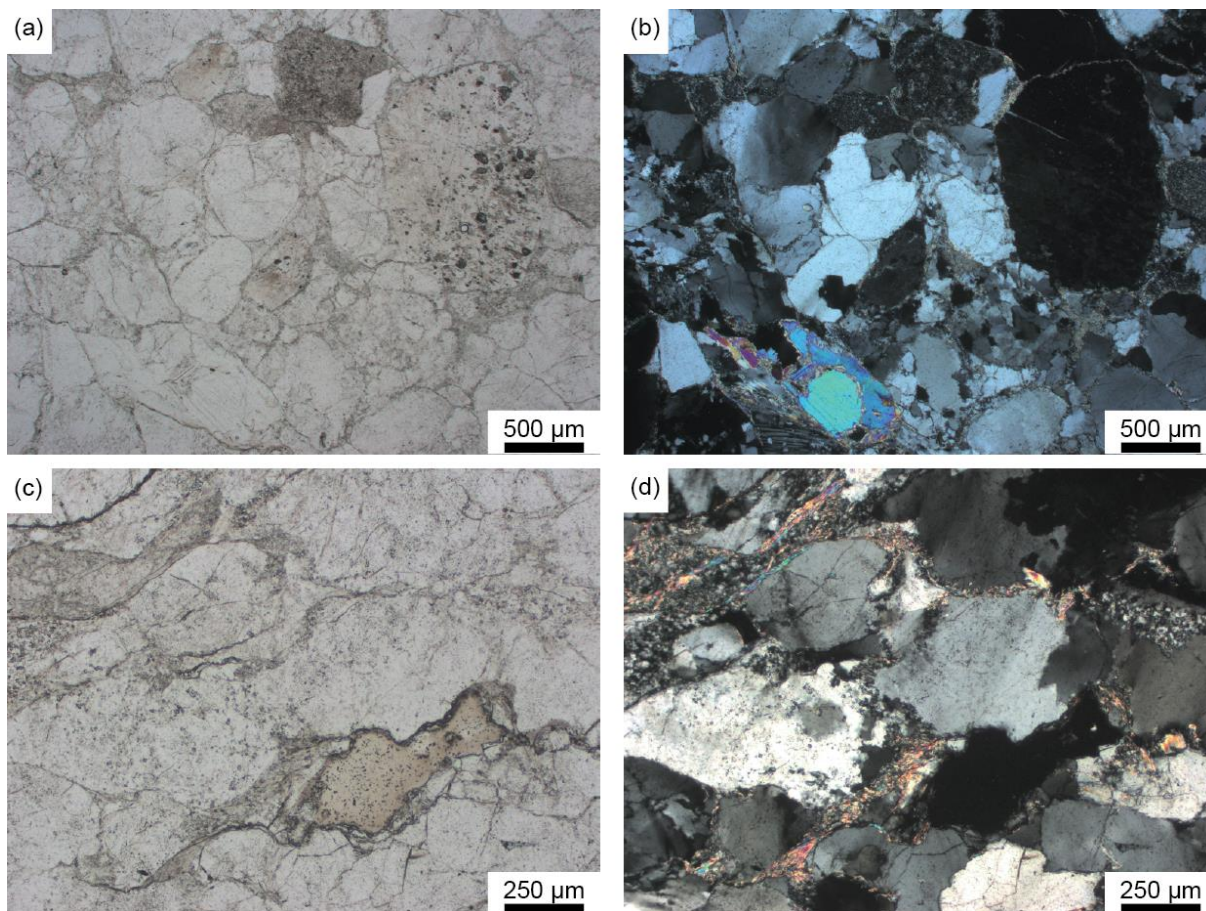
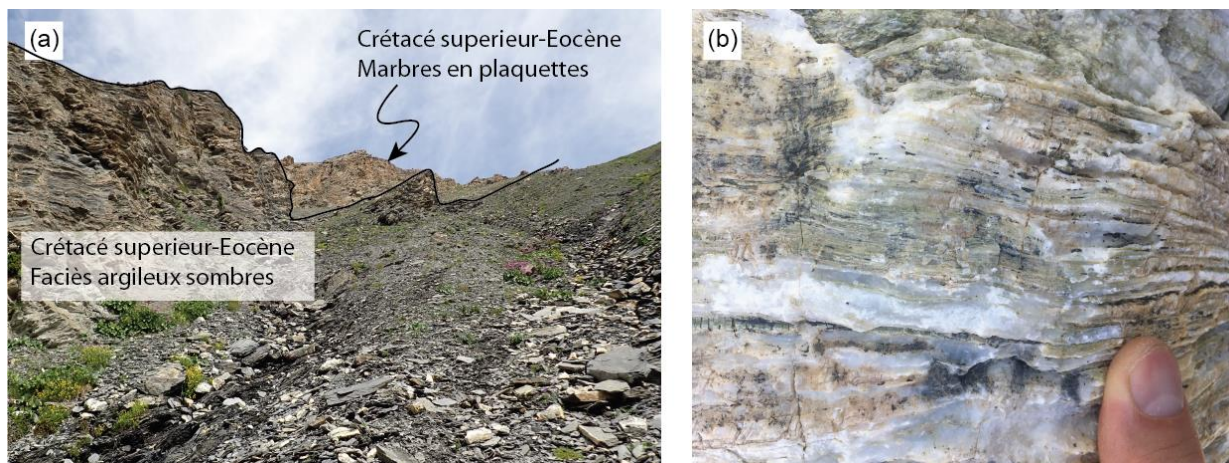


Illustration 54 : UBAP009 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA montrant des grains arrondis de quartz, de fragments volcaniques et de micas blancs (détritiques). (c) et (d) Vues en LPNA et LPA montrant un fragment de roche volcanique caractérisé par le fait qu'il est fait de verre volcanique.

Remarques (UBAP009) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Les marbres en plaquettes du Crétacé supérieur-Éocène [164] de l'affleurement **UBAP010** renferment de la Fe-Mg carpholite qui est bien visible sur le terrain et forme des fibres de plusieurs centimètres. Ce minéral est caractéristique du faciès des schistes bleus dans les lithologies pélitiques (Goffé *et al.*, 1973). Ces fibres sont présentées sur l'illustration 55.



*Illustration 55 : Vue de la formation de marbres en plaquettes du Crétacé supérieur-Eocène.
(b) Fibres pluri-centimétriques de Fe-Mg carpholite.*

La lame mince **UBAP010** correspond à une veine de quartz à Fe-Mg carpholite. On y observe des fibres de Fe-Mg carpholite relativement fraîches avec des diamètres apparents de l'ordre de 100-200 μm (Illustration 56). On retrouve également de petites fibres bien préservées dans le quartz, de l'ordre de 0,75 μm de diamètre apparent (Illustration 56). Cet échantillon montre des fibres (et parfois des fragments de clivages) qui pourraient être susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS.

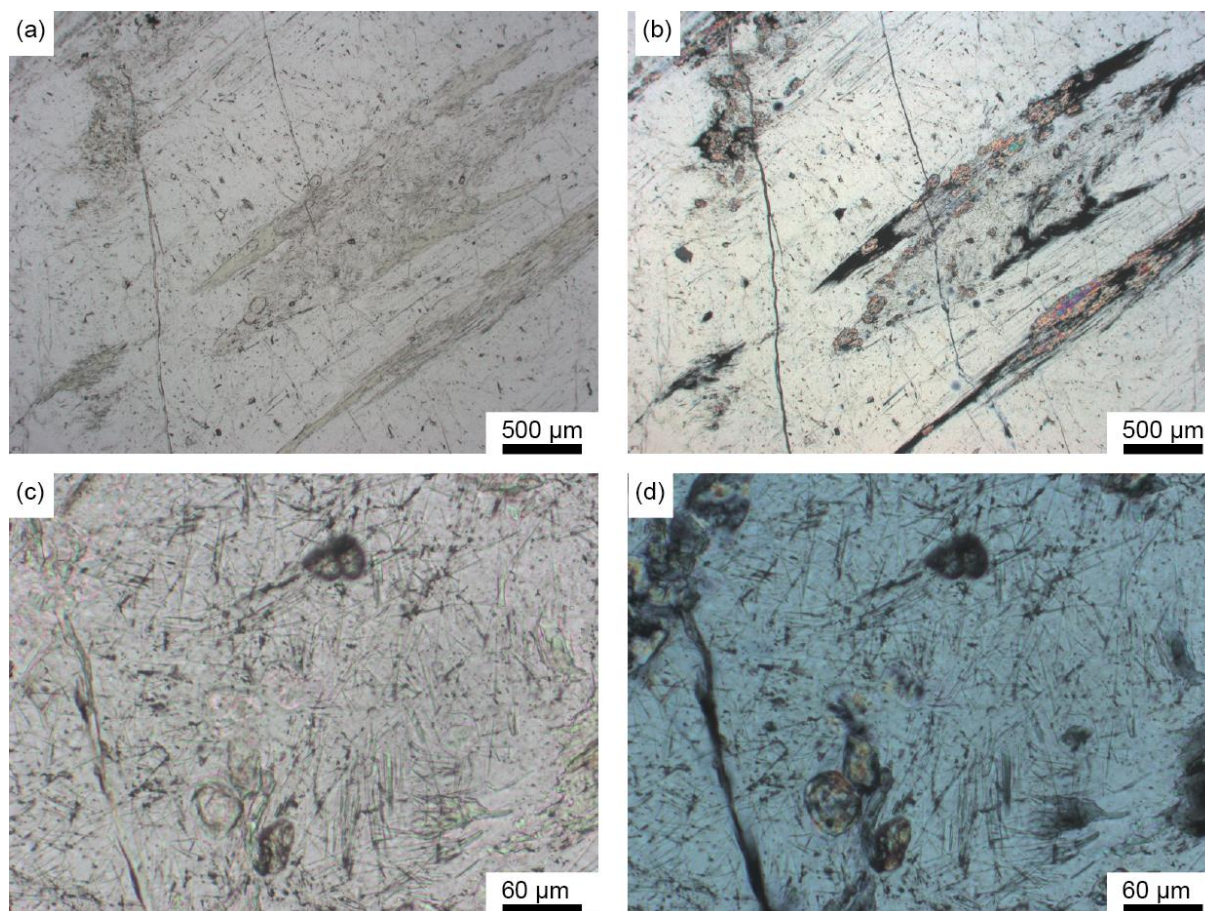


Illustration 56 : UBAP010 (a) et (b) Vues en LPNA et LPA de cristaux aciculaires de Fe-Mg carpholite. (c) et (d) Vues en LPNA et LPA d'aiguilles de Fe-Mg Carpholite blindées dans du quartz.

Remarques (UBAP010) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

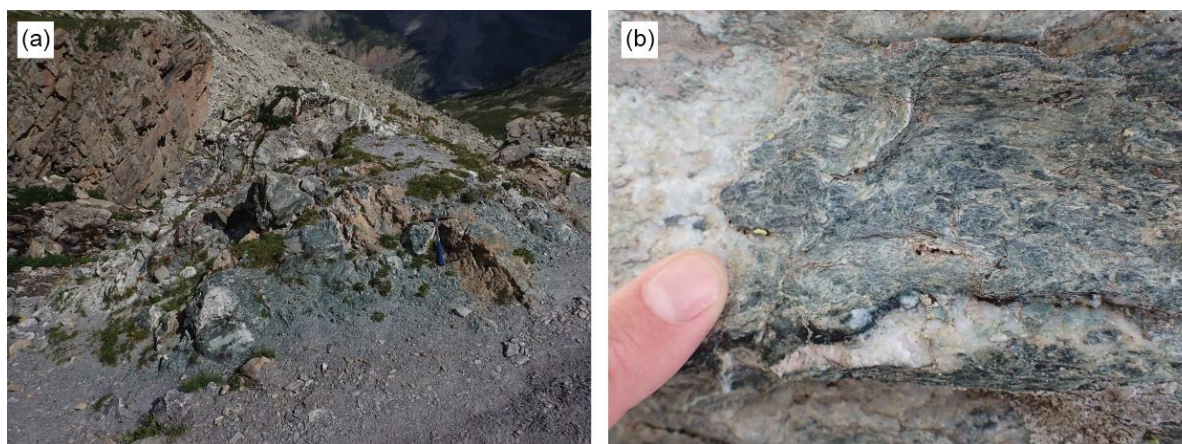
Les schistes et quartzites conglomératiques du Permo-Trias [375] de l'affleurement **UBAP012**, formation également connue sous le nom de faciès « verrucano » dans les Alpes occidentales, ont été visités en raison de la nature volcano-détritique de la roche. On y observe des galets de quartz parfois pluri centimétriques, ainsi que quelques fragments de roches rouges, qui sont des rhyolites. Aucun échantillon n'a été prélevé pour analyses.

Les calcschistes des Schistes Lustrés [170] ont été visités au point **UBAP014**. Cette localité n'a pas montré de fragments de roches basiques, et seule des roches à chlorite et phengite ont été observées. Cette formation a également été visitée au point d'affleurement UBAP026, cette localité décrite plus haut a en revanche montré des fragments de roches basiques à ultrabasiques (§ 3.3.3). Ce type d'intercalations sont fréquentes dans le Queyras voisin (Lahondère *et al.*, 2012b).

Les roches appartenant à la formation Crétacé supérieur-Éocène des marbres en plaquettes ont été observées au niveau du point **UBAP022**. Toutefois, cette localité ne correspond pas au caisson de la carte CHARM. Il s'agit d'une zone de contact tectonique dans laquelle nous avons observé des roches phyllosilicatées nécessitant un travail analytique afin de déterminer leur nature. L'affleurement montre des roches très déformées de couleur vert sombre se

situant au niveau d'un contact redoublant les séries Briançonnaises (Illustration 57). Après observation au microscope, il ressort que les phyllosilicates appartiennent à la famille des chlorites.

Les calcschistes [170] de l'affleurement **UBAP036** ont montré des métapélites avec des veines de quartz à Fe-Mg carpholite (Illustration 57). Aucun fragment basique n'a été observé. La lame mince **UBAP036** est une veine de quartz à Fe-Mg carpholite. On retrouve de grands prismes de Fe-Mg carpholite (jusqu'à 5 mm). Ces grands prismes sont souvent partiellement rétrotransformés en un mélange de micas blancs et de chlorite. Les reliques blindées dans le quartz sont en revanche toujours très fraîches (Illustration 58), notamment lorsqu'on observe des cristaux aciculaires dont le diamètre peut descendre jusqu'à 1 μm pour une longueur allant au-delà de 100 μm .



*Illustration 57 : UBAP036 (a) Vue générale de l'affleurement.
(b) Détail sur les roches phyllosilicatées vertes.*

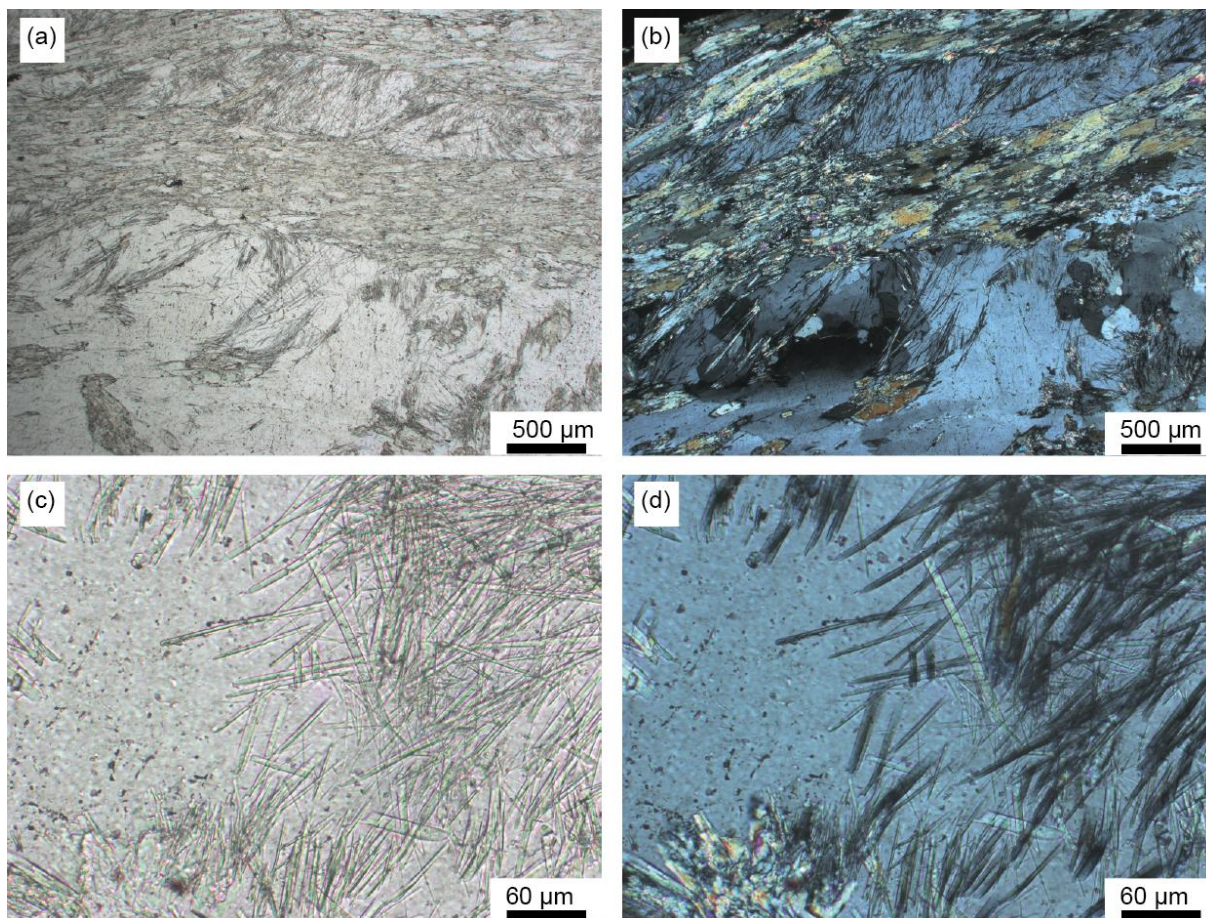


Illustration 58 : UBAP036 (a) et (b) Vues représentatives en LPNA et LPA des prismes de Fe-Mg carpholite et des aiguilles blindées dans le quartz. (c) et (d) Détail en LPNA et LPA sur des cristaux aciculaires de Fe-Mg carpholite.

Remarques (UBAP036) :

- aucune amphibole n'a été observée dans cette lame mince ;
- aucune serpentine n'a été observée dans cette lame mince ;
- conclusion : échantillon non amiantifère.

Les points d'affleurement **UBAP031** correspondent à un caisson non codé sur la carte géologique départementale harmonisée. Il s'agit de quartzites rubanées et métaradiolarites qui sont repérées sur les cartes de détail de la carte 872. La nature siliceuse de ces roches ne se prête pas, en général, au développement de minéraux ferromagnésiens. Aucun minéral fibreux n'a d'ailleurs été observé sur le terrain.

Les schistes, calcschistes, jaspes, calcaires du Dogger-Crétacé [286] ont fait l'objet d'un point de contrôle sur le terrain. Aucune occurrence amiantifère n'a été observée au point **UBAP035**.

3.5.1. Quaternaire

Les formations du Quaternaire n'ont pas été contrôlées de manière systématique sur le terrain. Les observations montrent que les apports sont très hétérogènes. Une évaluation du niveau de susceptibilité de présence d'amiante nécessite une approche spécifique pour les alluvions et les colluvions (Lahondère *et al.*, 2021).

4. Établissement de la carte de susceptibilité consolidée

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

- une carte de la susceptibilité de présence d'amiante pour les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye ;
- un rapport de synthèse correspondant aux travaux réalisés, pour la zone étudiée.

4.1. DÉTERMINATION DES NIVEAUX DE SUSCEPTIBILITÉ CONSOLIDÉS

Les niveaux de susceptibilité représentés sur la carte finale, affectés à chacune des formations géologiques, sont des niveaux de susceptibilité dits « consolidés » qui prennent en compte les données de terrain et les résultats des analyses faites en laboratoire. Les données géologiques numériques utilisées correspondant à une zone (Haute-Ubaye) de la carte géologique harmonisée des Alpes de Haute-Provence (à l'échelle 1/50 000^{ème}) ont été retraitées de façon à générer une nouvelle couche d'information dédiée à la représentation de cette susceptibilité de présence d'amiante consolidée.

Dans la de la vallée de la Haute-Ubaye, deux formations géologiques sont affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé de 4 (« fort à très fort » ; Tableau 11). Il s'agit des serpentinites [385] et des brèches de serpentinites (ophicalcites) [393]. Ces formations ont gardé un niveau de susceptibilité consolidé de niveau 4 en raison de la présence quasi systématique de minéraux asbestiformes (chrysotile), sous forme de veines ou de veinules. De la trémolite amiante a également été observée dans la formation géologique [393].

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Niveau de susceptibilité consolidé	Affleurement
393	ôBr	Métabrèches de serpentinites (ophicalcites)	4	4	UBAP011, UBAP015, UBAP016
385	ô	Serpentinites	4	4	UBAP032, UBAP038, UBAP020

Tableau 11 : Formations géologiques des de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « fort à très fort ».

Deux formations géologiques sont affectées d'une susceptibilité consolidée de niveau 3 (« moyen »). Il s'agit des métagabbros, métabrèches de gabbros [391] et des metabasaltes et métabrèches basaltiques [386]. Ces deux formations, préalablement dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel « moyen » (3), ont conservé un niveau de susceptibilité consolidé 3. Pour les deux formations, les raisons sont : (i) la présence importante de fragments de clivages de minéraux appartenant à une espèce d'amphibole potentiellement amiantifère (actinolite) et dont les dimensions observées répondent aux critères des fibres inhalables selon l'OMS et (ii) la connaissance des experts pour ces lithologies (iii) l'analogie avec le département voisin dans lequel des occurrences amiantifères sont connues pour ces lithologies (Hautes Alpes, 05 ; Lahondère *et al.*, 2012).

Ces formations sont susceptibles de libérer des fragments de clivage de d'actinolite répondant aux critères des fibres amiantifères définis par l'OMS.

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Niveau de susceptibilité consolidé	Affleurement
391	ï	Métagabbros, métabrèches de gabbros	3	3	UBAP019, UBAP030, UBAP033
386	â	Métabasaltés et métabrèches basaltiques	3	3	UBAP013, UBAP018, UBAP027, UBAP028, UBAP029, UBAP034, UBAP037

Tableau 12 : Formations géologiques des de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « moyen ».

Quatre formations géologiques sont affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé 2 (« faible » ; Tableau 13). Ce sont :

- (i) les brèches et blocs ophiolitiques du Cénomaniens-Turonien [198], qui conservent leur niveau de susceptibilité prévisionnel de niveau 2 en raison de la présence de matériel ophiolitique et des informations contenues dans la notice de la carte géologique (description de microgabbro) ;
- (ii) les andésites [382], déclassées du niveau 3 vers un niveau de susceptibilité consolidé 2 à la suite des expertises de terrain et des analyses effectuées à partir de roches représentatives de cette formation géologique. Ce déclassement n'est pas plus important sur la base des informations présentes dans la notice de la carte géologique (présence de glaucophane et faciès propice à la formation d'amphiboles calciques appartenant à la famille amiante, par exemple actinolite) ;
- (iii) les métasédiments et métabasaltés du Jurassique supérieur [256] sont déclassés du niveau 3 vers un niveau de susceptibilité consolidé 2. Ce caisson n'a pas été visité mais ce déclassement se base sur les expertise de terrain et de laboratoire faites à partir de roches de la même formation dans le département voisin des Hautes Alpes (Lahondère *et al.*, 2012) ;
- (iv) les calcschistes du Crétacé sont quant à eux réévalués depuis le niveau 1 vers le niveau de susceptibilité consolidé 2. Ce changement de niveau de susceptibilité s'explique de par la présence de brèches de matériel océanique à des échelles variées (du mètre à plusieurs centaines de mètres), dont de nombreuses occurrences ne sont pas cartographiables à l'échelle de la carte (1/50 000^{ème}). Ces roches ont démontré leur potentiel amiantifère (présence de serpentinites (chrysotile, trémolite amiante), de basaltes et de gabbros (actinolite-amiante, fragment des clivages d'actinolite par exemple), notamment dans le département des Hautes Alpes (Lahondère *et al.*, 2012b). Nous attirons également l'attention du lecteur sur la présence de Fe-Mg carpholite dans les calcschistes du Crétacé. Si la Fe-Mg carpholite n'est pas un minéral appartenant à la famille des minéraux amiante, ses caractéristiques dimensionnelles se rapprochent souvent de la définition des fibres asbestiformes proposée par l'EPA (1993).

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Niveau de susceptibilité consolidé	Affleurement
198	c1-2_br	Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques	2	2	UBAP006
382	rß	Andésites	3	2	UBAP023, UBAP024, UBAP025
256	j5-7_V	Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites	3	2	Non visité
170	c_Cl	Crétacé : calcschistes	1	2	UBAP014, UB1P026, UBAP036

Tableau 13 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « faible ».

Enfin, pour terminer, 10 formations sont affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé de 1. Sept formations ont vu leur niveau de susceptibilité prévisionnel être déclassé de 2 vers 1. Il s'agit de :

- (i) la formation des olistolites ophiolitiques du Turonien-Sénonien [189] est déclassée du niveau 2 vers un niveau de susceptibilité consolidé 1. Ce déclassement se justifie par la nature des roches observées sur le terrain et les informations contenues dans les notices des cartes géologiques. Ces informations indiquent une absence de minéraux asbestiformes ou potentiellement asbestiformes au sein de cette formation. Ces arguments sont également valables pour justifier le déclassement du niveau 2 vers le niveau 1 des formations qui suivent ;
- (ii) la formation des conglomérats de la Blachière [378] ;
- (iii) les mégabrèches du col du Longet Jurassique – Crétacé [396] ;
- (iv) les schistes non différenciés du Permien [389].

Certaines formations dotées d'un niveau de susceptibilité prévisionnel de 1 ont été visitées et ont vu leur niveau de susceptibilité consolidé rester identique. Il s'agit de :

- (i) la formation des arkoses conglomératiques, méta-arkose du Plan de Phazy [377] ;
- (ii) la formation des schistes à blocs et à olistolites et grès basal de l'Éocène moyen-supérieur [144] ;
- (iii) la formation des calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales du Crétacé supérieur-Éocène [164] et de la formation des marbres en plaquettes du Crétacé supérieur-Éocène [163] ;
- (iv) la formation des schistes et quartzites conglomératiques du Permo-Trias [375] ;
- (v) la formation des schistes, calcschistes, jaspes, calcaires du Dogger-Crétacé [286] ;
- (vi) quartzites rubanées et métaradiolarites, formation non représentée sur la carte départementale harmonisée, mais présente sur les encarts de la carte à 1/50 000^{ème} Aiguilles de Chambeyron (872).

Code	Notation	Description	Niveau de susceptibilité prévisionnel	Niveau de susceptibilité consolidé	Affleurement
189	c2-e3_O	Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques	2	1	UBAP002, UBAP003, UBAP005
378	h5b-c	Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière	2	1	UBAP008
396	j-cBr	Jurassique - Crétacé ? : Mégabèche du col du Longet	2	1	UBAP021
389	r_S	permien volcano-détritique : Schistes non différenciés	2	1	UBAP017
144	e5-7_FB	Éocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal	1	1	UBAP004, UBAP007
377	r_A	Permien : arkoses conglomératiques, méta-arkose du Plan de Phazy	1	1	UBAP009
164	c-e7_(b)	Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales	1	1	UBAP010
375	r-t_(1)	Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques	1	1	UBAP012
286	j1-c-n	Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires	1	1	UBAP035
163	c-e7_(a)	Crétacé supérieur-Éocène : marbres en plaquettes	1	1	UBAP022
[Non représentée]	û	Quartzites rubanées et métaradiolarites	1	1	UBAP031

Tableau 14 : Formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye affectées d'un niveau de susceptibilité consolidé « nul à très faible ».

4.2. PRÉSENTATION DE LA CARTE DE DE LA VALLÉE DE LA HAUTE-UBAYE

4.2.1. Présentation générale

La cartographie de la susceptibilité de présence d'amiante de la vallée de la Haute-Ubaye, établie dans le cadre de la présente étude, est présentée ici (Illustration 59).

Cette carte présente les limites des différentes plages géologiques de niveaux de susceptibilité consolidé 1, 2, 3 et 4 sur un fond topographique de l'IGN (IGN 2008 - SCAN 25®).

Les informations structurales issues du fichier numérique de la carte harmonisée ont également été reportées sur ces cartes.

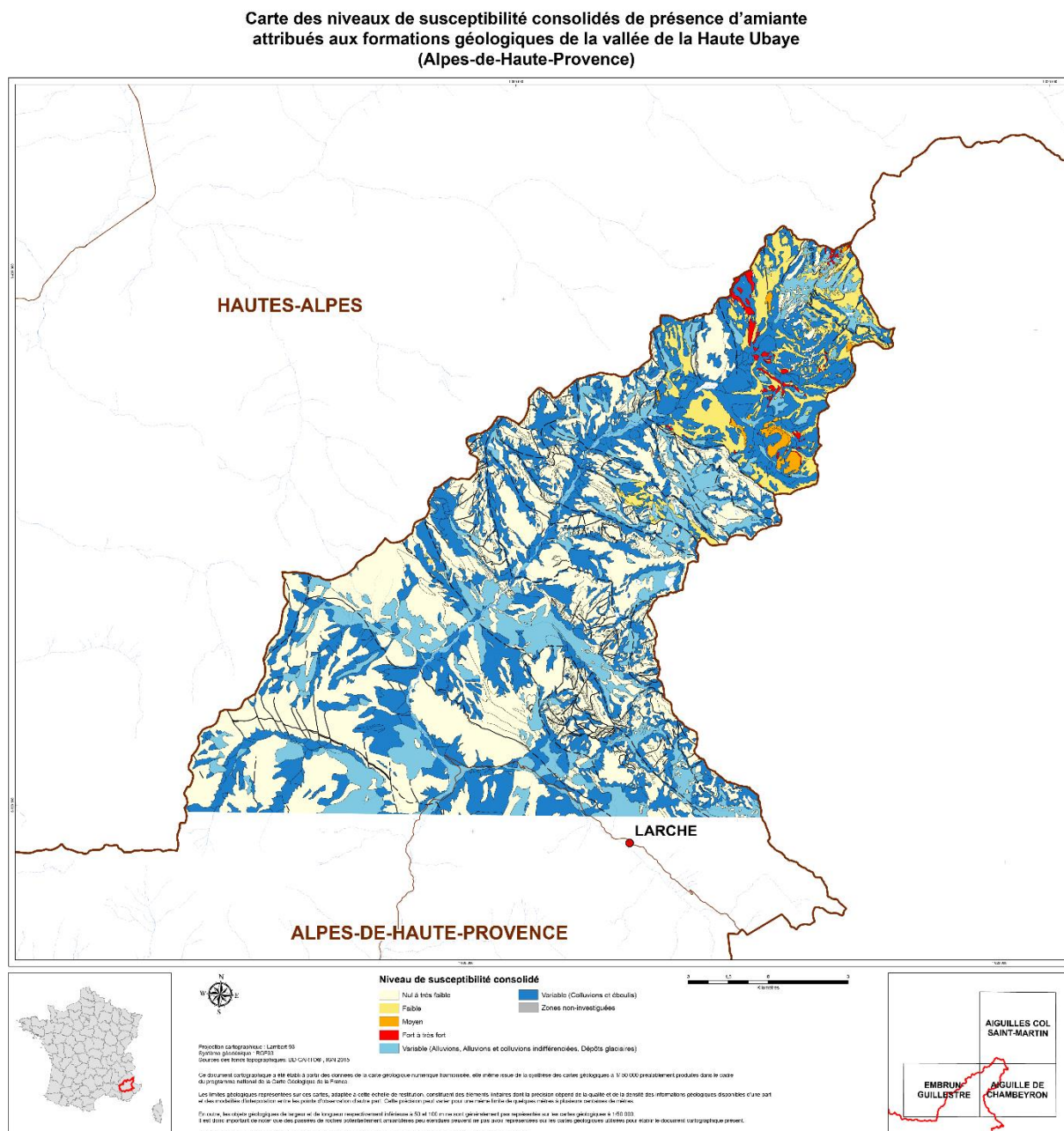


Illustration 59 : Carte des niveaux de susceptibilité consolidés de présence d'amiante naturel attribués aux formations géologiques de la vallée de la Haute Ubaye.

4.2.2. Limites d'utilisation

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

Le BRGM attire spécialement l'attention sur l'utilisation qui sera faite des extraits agrandis des cartes géologiques à 1/50 000^{ème}, notamment en ce qui concerne la précision des limites géologiques représentées sur ces cartes. Ces limites constituent des éléments linéaires dont la précision est directement liée à la qualité et à la densité des informations géologiques

disponibles à la surface. La précision varie pour une même limite de quelques mètres (secteurs avec affleurements nombreux) à plusieurs dizaines de mètres (zones avec affleurements peu nombreux et substratum masqué par des dépôts superficiels). En tout état de cause, lors de l'établissement d'une carte à 1/50 000^{ème}, le pas d'échantillonnage, cohérent avec cette échelle, est de l'ordre de la cinquantaine à la centaine de mètres. Une limite contenue dans une bande de 50 m de largeur (soit 1 mm sur la carte géologique à l'échelle 1/50 000^{ème}) 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^{ème}). Une limite géologique contenue dans une bande de 4 mm sur la carte géologique à 1/50 000^{ème} sera contenue dans une bande de 4 cm dans le cas d'un document agrandi à 1/5 000^{ème} et de 20 cm dans le cas d'un agrandissement à 1/1 000^{ème}.

Par ailleurs, la cartographie à l'échelle 1/50 000^{ème} 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^{ème} (1 mm sur la carte représentant 1 m sur le terrain). Quand bien même ce travail serait entrepris et achevé, la carte finale ne vaudrait que pour les zones affleurantes et directement accessibles à l'observation, et ne concernerait pas les secteurs dans lesquels le substratum potentiellement amiantifère est masqué par une pellicule superficielle plus ou moins épaisse, d'origine naturelle (sols, éboulis, colluvions, alluvions, etc.) ou anthropique (cas des remblais), susceptible d'être entièrement décapée à l'occasion de travaux. De plus, cette information n'intéresserait que la surface observable des affleurements et ne préjugerait pas de l'existence ou non, sous quelques mètres voire quelques centimètres de profondeur, de passées amiantifères non détectées car non présentes en surface. Le bref résumé suivant rappelle ce qu'est une carte géologique, son intérêt mais aussi ses limites.

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

L'intégration, au sein d'une courbe fermée, des points de caractéristiques identiques qui résultent d'observations de terrain, nécessite de les relier entre eux malgré le caractère discontinu des possibilités d'observation, dû au recouvrement superficiel qui masque en partie les affleurements rocheux. Il est donc nécessaire de formuler des hypothèses pour relier entre eux les points de caractéristiques 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^{ème}). 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.

4.2.3. Proposition de travaux complémentaires

Les évolutions réglementaires faisant suite à la publication du décret n° 2017-899 relatif au repérage de l'amiante avant certaines opérations concernent six domaines d'activité, dont l'un concerne les terrains naturels. Ces évolutions se sont traduites par la mise en place d'une commission de normalisation (Repérage avant travaux Amiante – Sols et Infrastructures) et par la rédaction d'une norme relative au « Repérage avant travaux de l'amiante – Immeubles non bâtis tels que terrains, ouvrages de génie civil et infrastructures de transport » (norme NF P94-001). L'application de cette nouvelle réglementation nécessite d'établir des cartographies détaillées des objets géologiques contenant ou susceptibles de contenir des structures amiantifères et d'établir des diagnostics analytiques fiables et précis, s'agissant de la présence ou non d'amiante dans les matériaux naturels cohérents (roches) soumis à investigations.

Compte tenu de la faible urbanisation de la zone d'étude et du très faible recoupement entre les formations susceptibles de contenir des structures asbestiformes et les zones urbanisées, il n'est pas recommandé de l'acquisition de donnée cartographiques plus précises concernant les formations géologiques anciennes. En revanche, au sein de la zone d'étude, de nombreuses alluvions et paléoalluvions montrent la présence de roche susceptibles de contenir de l'amiante (par ex. : serpentinites, metabasaltes, métagabbros). Compte tenu la nature très disparate de ces formations elles nécessiterons des travaux complémentaires afin de mieux appréhender leur susceptibilité de contenir des structures amiantifères.

5. Conclusion et perspectives

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

Cette étude portant sur la vallée de la Haute-Ubaye s'inscrit dans le cadre d'un ensemble de projets ayant concerné la cartographie des roches susceptibles de contenir de l'amiante, dans les Vosges (Duron *et al.*, 2020a), le département des deux Sèvres (Duron *et al.*, 2020) six zones dans le Massif Central (la zone « Limousin » : Duron *et al.*, 2020 ; la zone « Monts du Lyonnais » : Duron *et al.*, 2020a ; la zone Auvergne : Duron *et al.*, 2020b ; la zone « Morvan » : Duron *et al.*, 2020d ; la zone « Albigeois » : Cagnard *et al.*, 2020 ; la zone « La Marche » (Cagnard *et al.*, 2020), les Pyrénées (Cagnard *et al.*, 2015), les départements de l'Isère (Lahondère *et al.*, 2012b), des Hautes-Alpes (Lahondère *et al.*, 2012b) et du Massif Armoricaire (Béchenne *et al.*, 2013), ainsi que de la Haute-Corse (Lahondère *et al.*, 2010), de la Savoie (Blein *et al.*, 2010) et de la Loire-Atlantique (Béchenne *et al.*, 2010).

Cette étude a été menée dans le cadre d'une convention entre le MTES/DGPR et le BRGM. Le programme de la présente étude inclut trois phases successives.

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

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

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

La dernière phase du projet a permis de synthétiser l'ensemble des résultats obtenus sur le terrain et en laboratoire pour réaliser la carte de susceptibilité consolidée de présence d'amiante, qui est restituée sur CD-ROM.

Les principaux résultats de cette étude montrent que :

- (1) les roches ultrabasiques, de type serpentinites ou métabrèches de serpentinites, ubiquistes dans les Schistes Lustrés de Haute-Ubaye, montrent des occurrences amiantifères quasi-systématiques visibles principalement sous forme de veines et veinules à chrysotile. Dans certaines veines ou dans la masse, de la trémolite-amiante a également été identifiée ;
- (2) les métagabbros et métabrèches de gabbros, ainsi que les metabasites et métabrèches de basalte, observés à différentes échelles dans les schistes Lustrés présentent de manière quasi systématique des amphiboles réglementés au titre de l'amiante (actinolite), mais leurs caractéristiques dimensionnelles ne sont pas celles des fibres asbestiformes au sens de l'EPA (1993). Toutefois, Ces roches sont susceptibles de libérer des fragments de clivage d'amphibole (actinolite) en cas d'agression mécanique. Ces fragments de clivage sont susceptibles de correspondre à des fibres inhalables au sens de l'OMS et être assimilés à des fibres d'amiante. Ces roches sont présentes à différentes échelles dans les calcschistes des Schistes Lustrés, et ne sont parfois pas représentés sur les cartes au 1/50 000^{ème} ;
- (3) certains métasédiments de la couverture Briançonnaise (Marbres en plaquettes du Crétacé-Éocène) ainsi que certains niveaux dans les calcschistes des Schistes Lustrés renferment de la Fe-Mg carpholite. Les fibres de Fe-Mg carpholite bien que non réglementées au titre de l'amiante peuvent toutefois présenter des caractéristiques dimensionnelles correspondant à des fibres inhalables au sens de l'OMS ;
- (4) les nombreuses alluvions et paléoalluvions de la vallée de la Haute-Ubaye montrent la présence de roche susceptibles de contenir de l'amiante (par ex. : serpentinites, metabasites, métagabbros). Compte tenu la nature très disparate de ces formations elles nécessiterons des travaux complémentaires afin de mieux appréhender leur susceptibilité de contenir des structures amiantifères.

6. Bibliographie

- Amandus, H.E., Wheeler, R.**, 1987. Morbidity and mortality of vermiculite miners and millers exposed to tremolite-actinolite. *Am. J. Ind. Med.* 11, 15–26.
- Auribault, M.**, 1906. Note sur l'hygiène et la sécurité des ouvriers dans les filatures et tissages d'amiante. *Bull. l'inspection du Trav.* 120–132.
- Bandli, B.R., Gunter, M.E.**, 2006. A Review of Scientific Literature Examining the Mining History, Geology, Mineralogy, and Amphibole Asbestos Health Effects of the Rainy Creek Igneous Complex, Libby, Montana, USA. *Inhal. Toxicol.* 18, 949–962. <https://doi.org/10.1080/08958370600834982>.
- Baris, Y.I.**, 1991. Fibrous zeolite (erionite)-related diseases in Turkey, in: *Am. Med. J. Ind.* 19, pp. 374–378.
- 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 Krainr Ügüp in Anatolia. *Thorax* 33, 181–192.
- Bazas, T., Oakes, D., Gilson, J.C., Bazas, B., McDonald, J.C.**, 1985. Pleural calcification in northwest Greece. *Environ. Res.* 38, 239–247. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(85\)90088-X](https://doi.org/10.1016/0013-9351(85)90088-X)
- Béchenec, F., Aertgeerts, G., Lahondère, D.**, 2013. Cartographie de l'aléa amiante environnemental dans les départements du Massif armoricain. *Rapp. Final BRGM/RP- 62079 -FR*, 182 pages + Annex.
- Béchenec, F., Aertgeerts, G., Lahondère, D., Cagnard, F., Berthier, H., Noel, S.**, 2010. Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de la Loire-Atlantique. *Rapp. Final BRGM/RP-59108-FR*, 116 pages + Annex.
- Blein, O., Cagnard, F., Lahondère, D., Zammit, C., Berthier, H.**, 2010. Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de la Savoie. *Rapp. Final BRGM/RP-59101-FR*, 89 pages + Annex.
- 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. Heal.* 8, 108–112.
- Boutin, G., Viallat, J.R., Steinbauer, J., Dufour, G., Gaudichet, A.**, 1989. Bilateral pleural plaques in Corsica : a marker of non-occupational asbestos exposure, in: Bignon, J., Peto, J., Saracci, R. (Eds.), *Non Occupational Exposure to Mineral Fibers*. Lyon, IARC, pp. 406–410.
- Caballero, Y., Bodéré, G., Nay, K.M.M.**, 2005. Cartographie de la densité de fracturation des roches potentiellement amiantifères en Haute-Corse. Répartition communale. *Rapport final. BRGM/RP-54341-FR*, 19p., 5 ill., 1 ann. *Rapp. Final. BRGM/RP-54341-FR*, 19p., 5 ill., 1 ann.
- Cagnard, F., Lahondère, D., Duron, J.**, avec la collaboration de **Wille G., Lahfid, A., Alleki, M., Berthier, H.**, 2020a. Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Albigeois ». *Rapp. Final. BRGM/RP-67735-FR*, 188 p., 70 ill., 3 ann.

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

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

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, 319–331.

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

Coplu, L., Dumortier, P., Demir, A.U. col., 1996. An epidemiological study in an Anatolian village in Turkey environmentally exposed to tremolite asbestos. J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol 15, 177–182.

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

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 Inst. Veill. Sanit. 73 p.

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

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

Duron, J., Baptiste, J., avec la collaboration de, :, Lahondère, D., Cagnard, F., Berthier, H., Wille, G., Duee, C., Maubec, N., 2020b. Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques des Vosges. Rapp. Final BRGM/RP-69935-FR, 182 pages, 98 ill. 3 ann.

Duron, J., Cagnard, F., Lahondère, D., avec la collaboration de, :, G., W., Duee, C., Alleki, M., Berthier, H., 2020c. Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central: La zone « Monts du Lyonnais ». Rapp. Final. BRGM/RP-67799-FR, 284 p., 125 ill., 3 ann.

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

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

Duron, J., Lahondère, D., F., C., avec la collaboration de, :, Wille G., Duee, C., Alleki, M., Berthier, H., 2020f. Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du Massif central. La zone « Morvan ». Rapp. Final. BRGM/RP6859-2-FR, 172 p., 68 ill., 3 ann.

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

Gidon, M., Kerckhove, C., Michard, A., Tricart, P., Goffé, B., 1994. Notice explicative de la Feuille Aiguille de Chambéryron à 1/50 000., BRGM. ed.

Goffé, B., Goffé-Urbano, G., Saliot, P., 1973. Sur la présence d'une variété magnésienne de ferrocapholite en Vanoise (Alpes françaises). Sa signification probable dans le métamorphisme alpin. Comptes rendus l'académie des Sci. 277, 1965–1968.

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, 444–450.

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

Hendrickx, M., 2009. Naturally occurring asbestos in eastern Australia: a review of geological occurrence, disturbance and mesothelioma risk. Environ. Geol. 57, 909–926. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1370-5>

INSERM, 1999. Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante (expertise collective). Rapport établi à la demande de la Direction Générale de la Santé et de la Direction des Relations du Travail (Ministère de l'Emploi et de la solidarité).

Kerckhove, C., Gidon, M., Pairis, J.-L., 2005. Notice explicative de la feuille Embrun-Guillestre à 1/50 000^{ème}, BRGM. ed.

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

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

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

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

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

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

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

Lahondère, D., Cagnard, F., Wille, G., Duron, J., Hertout, A., 2021. L'amiante dans l'environnement naturel: Éléments de compréhension et d'aide à l'identification et à la caractérisation. Rapp. Final BRGM/RP-70343-FR, 157p, 31 fig, 33 pl, 6 tab, 1 ann.

Lahondère, D., Cagnard, F., Zammit, C., Berthier, H., 2010. Cartographie de l'aléa « amiante environnemental » dans le département de la Haute Corse. Rapp. BRGM RP-58847-FR, 162 pages.

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, 965–967.

Lefèvre, R., Michard, A., 1976. Les nappes brainçonnaise internes et ultra-briançonnaises de la bande d'Acceglio (Alpes franco-italiennes) une étude structurale et pétrographique dans le faciès des schiste bleus à jadéite. Sci. Géol. Bull. Strasbg. 29, 183–222.

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.

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

Manda-Stachouli, C., Dalavanga, Y., Daskalopoulos, G., Leontaridi, C., Vassiliou, M., Constantopoulos, S.H., 2004. Decreasing prevalence of pleural calcifications among Metsovites with nonoccupational asbestos exposure. Chest 126, 617–621.

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

McDonald, J.C., Liddell, F.D.K., Gibbs, G.W. coll., 1980. Dust exposure and mortality in chrysotile mining, 1910-1975. Br. J. Ind. Med. 37, 11–24.

McDonald, J.C., McDonald, A.D., Armstrong, B., Sébastei, P., 1986. Cohort study of mortality of vermiculite miners exposed to tremolite. Br. J. Ind. Med. 43, 436–444.

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

Michard, A., Avigad, D., Goffé, B., Chopin, C., 2004. The high-pressure metamorphic front of the south Western Alps (Ubaye-Maira transect, France, Italy). *Schweizerische Mineral. und Petrogr. Mitteilungen* 84, 215–235. <https://doi.org/10.5169/seals-63747>

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

Peipens, L.A., Lewin, M., Campolucci, S., Lybarger, J.A., Miller, A., Middleton, D., Weis, C., Spence, M., Black, B., Kapil, V., 2003. Radiographic abnormalities and exposure to asbestos-contaminated vermiculite in the community of Libby Montana. *Environ. Heal. Perspect.* 111, 1753–1759.

Rey, F., Boutin, C., Viallat, J.R., Steinbauer, J., Alessandroni, P., Jutisz, P., Giambattista, D., D., B., M. A., H., P., D., P. De Vuyst, P., 1994. Environmental asbestotic pleural plaques in Northeast Corsica: correlations with airborne and pleural mineralogic analysis. *Environ. Heal. Persp.* 102.

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. Respir.* 10, 339–345.

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

Schwartz, S., 2000. La zone piémontaise des Alpes occidentales : un paléocomplexe de subduction. Arguments métamorphiques, géochronologiques et structuraux. U. Claude Bernard - Lyon 1.

Selçuk, Z.T., Coplu, L., Emri, S., Kalyoncy, A.F., Sahin, A.A., Baris, Y.I., 1992. Malignant pleural mesothelioma due to environmental mineral fiber exposure in turkey. *Analysis of cases.* *Chest* 135, 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, 326–329.

Siegrist, H.G., Wylie, A.G., 1980. Characterizing and discriminating the shape of asbestos particles. *Environ. Res.* 23, 348–361. [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(80\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0013-9351(80)90070-5).

Sullivan, P.A., 2007. Vermiculite, Respiratory Disease, and Asbestos Exposure in Libby, Montana: Update of a Cohort Mortality Study. *Environ. Health Perspect.* 115, 579–585. <https://doi.org/10.1289/ehp.9481>.

Tricart, P., Schwartz, S., Lardeaux, J.M., Thouvenot, F., Amaudric du Chaffaut, S., 2003. Notice explicative de la Feuille Aiguilles-Col Saint Martin à 1/50 000., BRGM. ed.

Woźniak, H., Wiecek, E., Dobrucka, D., Pelc, W., Maciejewska, A., Bielichowska, G., Opalska, B., 1991. [Evaluation of occupational exposure of workers engaged in mining of rock raw materials in the Sleza massif]. *Med. Pr.* 42, 411–7.

Wozniak, H., Wiecek, E., Stetkiewicz, J., 1988. Fibrogenic and carcinogenic effects of antigorite. *Pol. J. Occup. Med. Environ. Health* 1, 192–202.

Yazicioglu, S., Ilcayto, R., Balci, K., Sayli, B.S., Yorulmaz, B., 1980. Pleural calcification, pleural mesotheliomas, and bronchial cancers caused by tremolite dust. *Thorax* 35, 564–569. <https://doi.org/10.1136/thx.35.8.564>.

Yazicioglu, S., Oktem, K., Ilcayto, R., Balci, K., Sayli, B.S., 1978. Association between Malignant Tumors of the Lungs and Pleurae and Asbestosis. *Chest* 73, 52–56. <https://doi.org/10.1378/chest.73.1.52>.

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

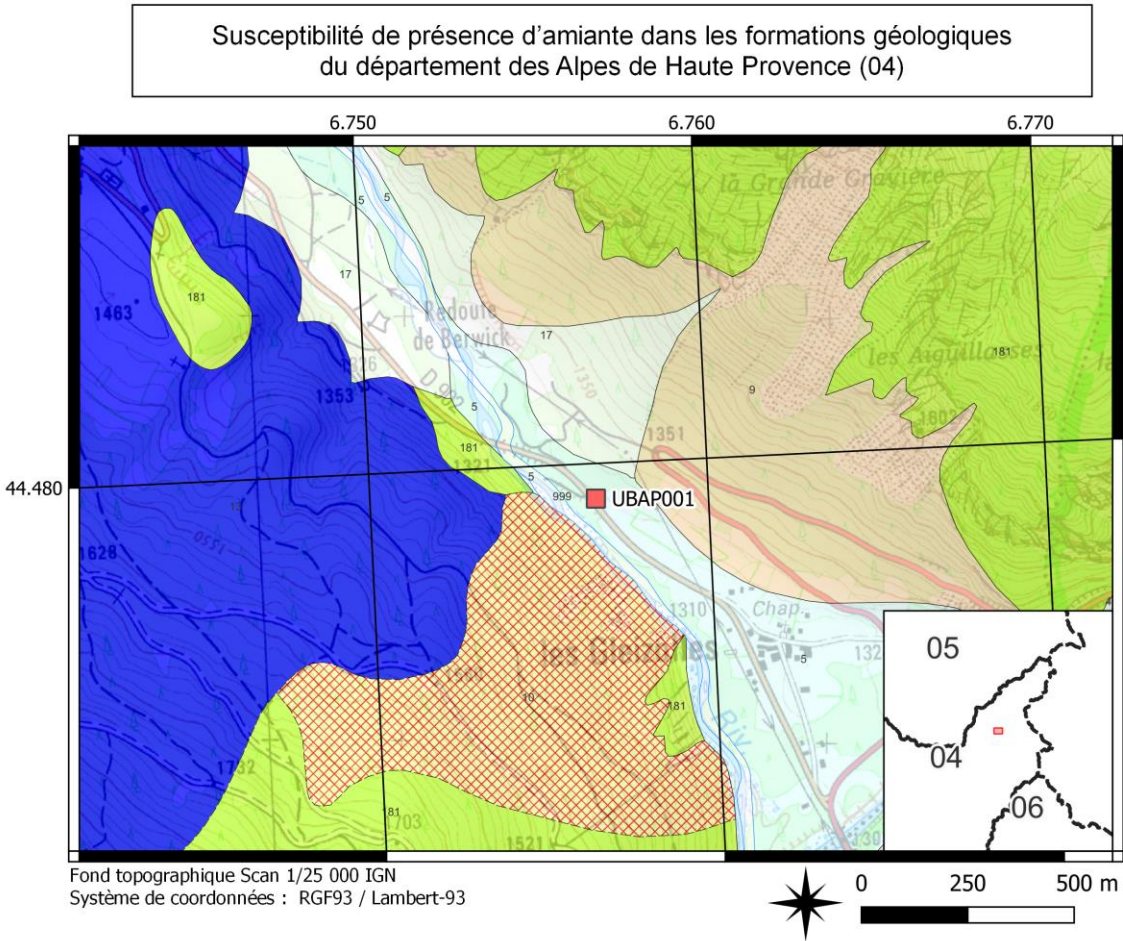
Annexe 1

Coordonnées GPS des points d'observation

Affleurement	Long (WGS84)	Lat (WGS84)
UBAP001	6.7566770	44.4792570
UBAP002	6.7443410	44.5123380
UBAP003	6.7664240	44.5241510
UBAP004	6.8282940	44.5152730
UBAP005	6.8357270	44.5114030
UBAP006	6.8376190	44.5186080
UBAP007	6.7897560	44.5292680
UBAP008	6.8185710	44.5670430
UBAP009	6.8123250	44.5680510
UBAP010	6.8369940	44.5982620
UBAP011	6.8628810	44.5907390
UBAP012	6.8568170	44.5912060
UBAP013	6.8570400	44.5976200
UBAP014	6.8731000	44.6040260
UBAP015	6.9014780	44.6162790
UBAP016	6.9029070	44.6183830
UBAP017	6.9531410	44.6422710
UBAP018	6.9372620	44.6422280
UBAP019	6.9344860	44.6439100
UBAP020	6.9343800	44.6444060
UBAP021	6.9318470	44.6441320
UBAP022	6.8633760	44.5679830
UBAP023	6.8619300	44.5651620
UBAP024	6.8673100	44.5616910
UBAP025	6.8654170	44.5633700
UBAP026	6.8810720	44.6045580
UBAP027	6.8937710	44.5953760
UBAP028	6.9011990	44.5919480
UBAP029	6.9023540	44.5854460
UBAP030	6.9137870	44.5780150
UBAP031	6.9132400	44.5797760
UBAP032	6.9128187	44.5806705
UBAP033	6.9101320	44.5810410
UBAP034	6.9017390	44.5885060
UBAP035	6.8881729	44.6074764
UBAP036	6.8755171	44.6071389
UBAP037	6.8579106	44.6211294
UBAP038	6.8548166	44.6243271

Annexe 2.

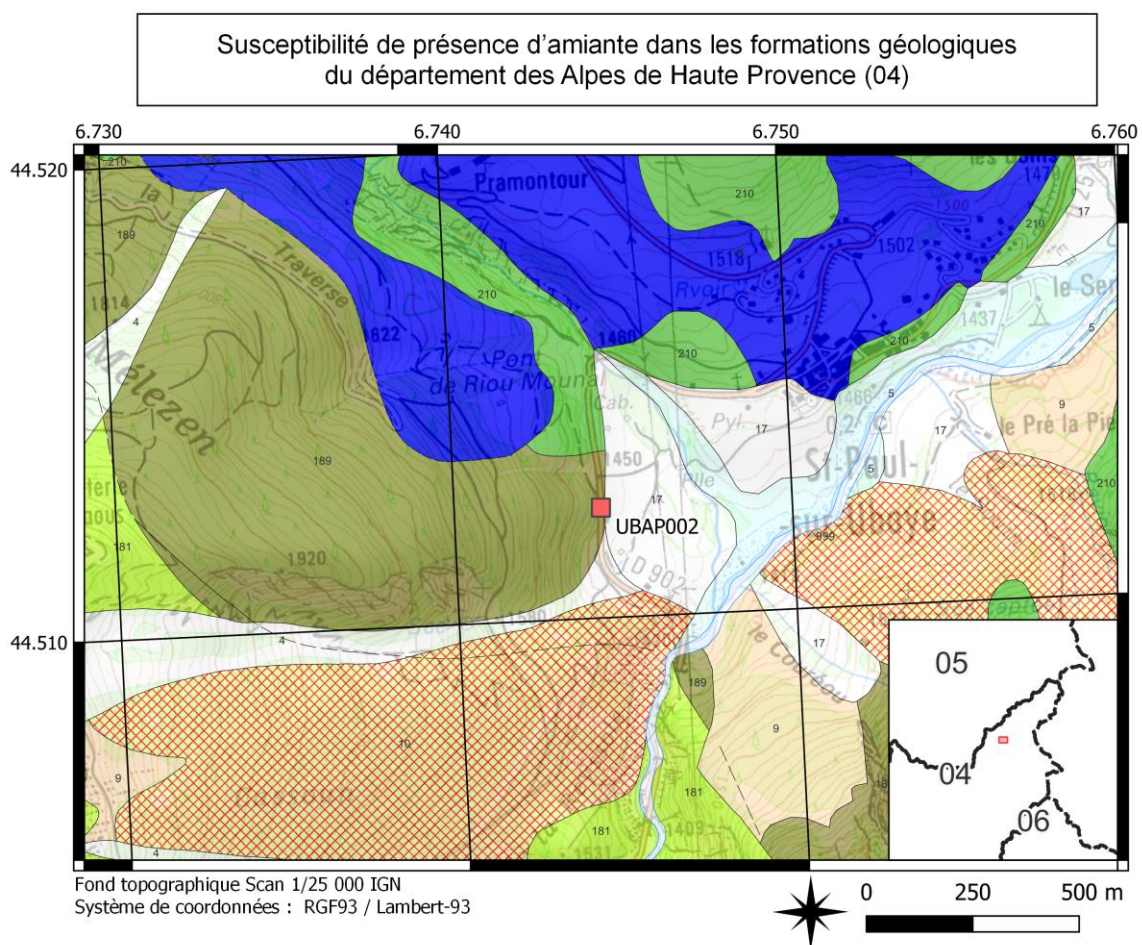
Fiches de localisation des affleurements expertisés sur le terrain



Légende

Géologie

- | | |
|---|---|
| CA, Couloirs et crânes d'avalanche - 4 | ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10 |
| Fz, Quaternaire : : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5 | Gy, Wurm : Moraines internes - 13 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | Jy, Wurm : crânes de déjection - 17 |
| | c3-5_F, Sénonien : flysch à Helminthoides du Parpaillon - 182 |



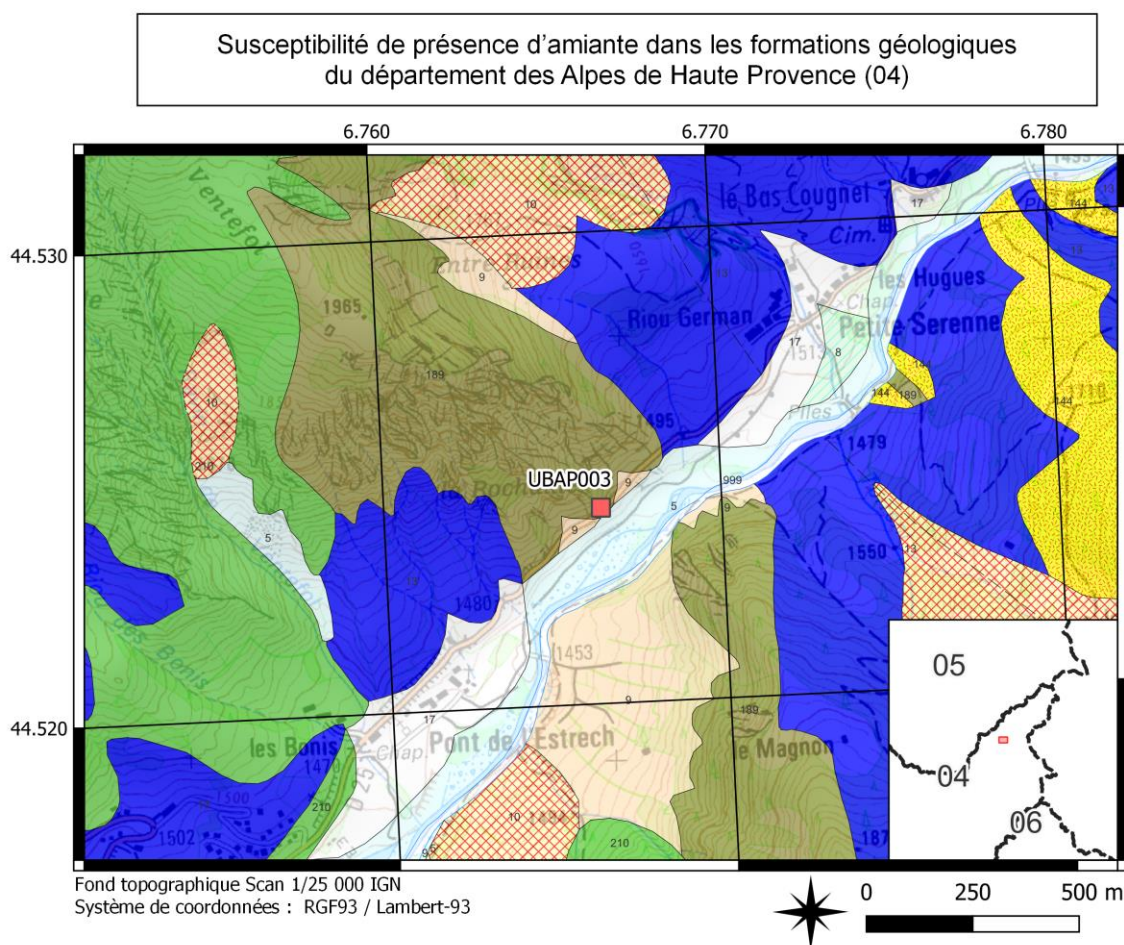
Légende

Faillles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- CA, Couloirs et crnes d'avalanche - 4
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : crnes de déjection - 17
- c3-5_F, Sènonien : flysch à Helminthoïdes du Parpaillon - 182
- c2-e3_O, Turonien-Sènonien : olistolites ophiolitiques - 190
- n6-c1_CV, Albien-Cènomanien : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211



Légende

Faïlles

— 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5

Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8

Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9

ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10

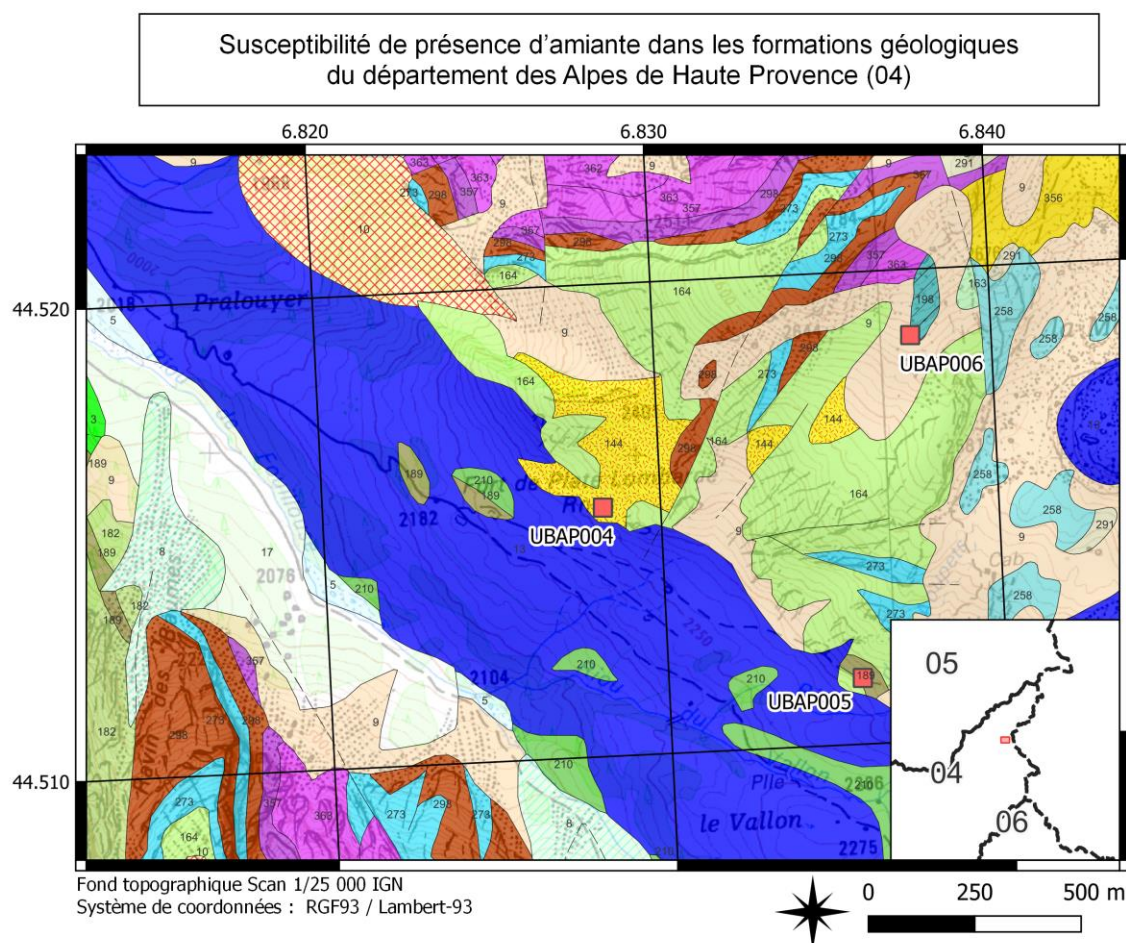
Gy, Wurm : Moraines internes - 13

Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

e5-7_FB, Eocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal - 145

c2-e3_O, Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques - 190

n6-c1_CV, Albien-Cénomaniens : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211



Légende

Fautes

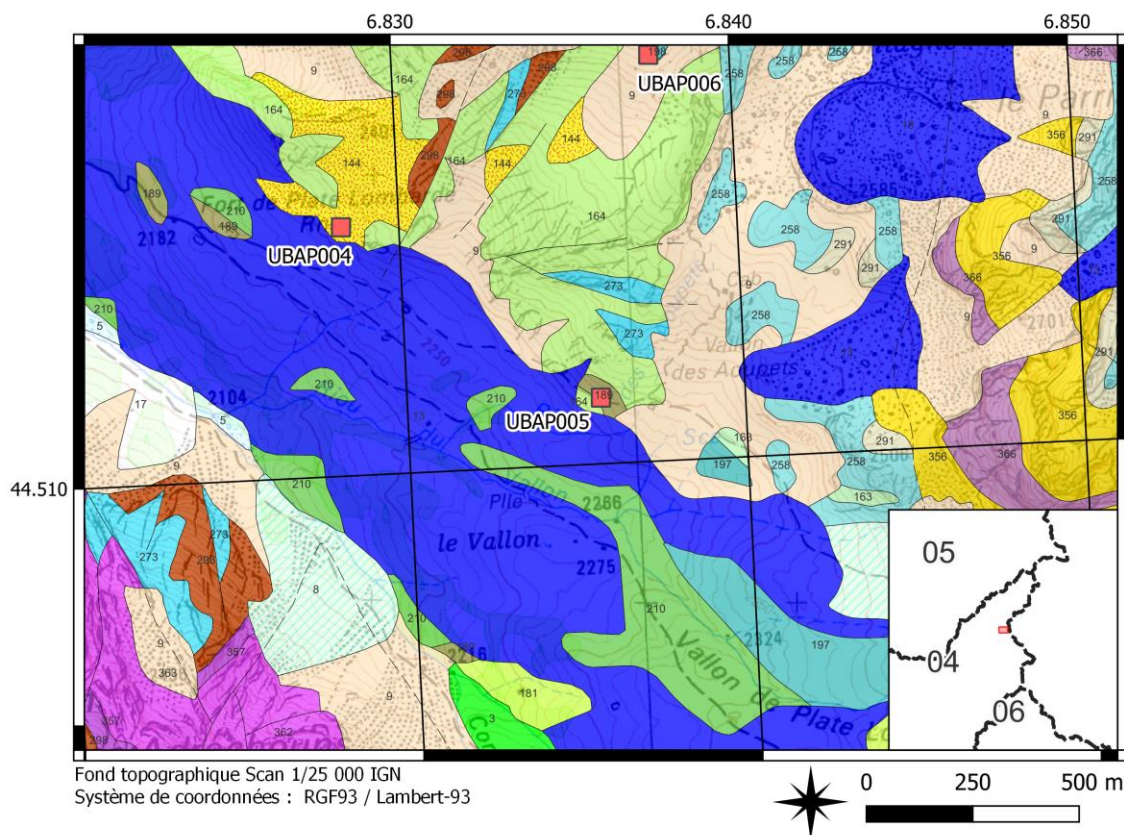
- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cones de déjection - 17
- e5-7_FB, Eocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal - 145
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165

- c3-5_F(pc), Sénonien : flyschs exotiques - 183
- c2-e3_O, Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques - 190
- c1-2_F, Cénomaniens-Turonien ? : "Complexe de base", schistes noirs et versicolores, intercalations gréseuses - 198
- c1-2_br, Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques - 199
- n6-c1_CV, Albien-Cénomaniens : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211
- j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263
- j5-n1, Oxfordien-Berriasien : calcaires noduleux rouges "Marbre de Guillestre" (Oxfordien-Kimmeridgien) ; calcaires blancs (Tithonien-Berriasien) - 278
- j1-4_(1), Dogger : calcaires noirs oolithiques ou graveleux - 297
- j3_(2), Bathonien : calcaires gris - 304
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t5-7, Trias supérieur : calcaires dolomitiques massifs et argilites - 363
- t3-4_c, Anisien - Ladinien inférieur : calcaires massifs - 369
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

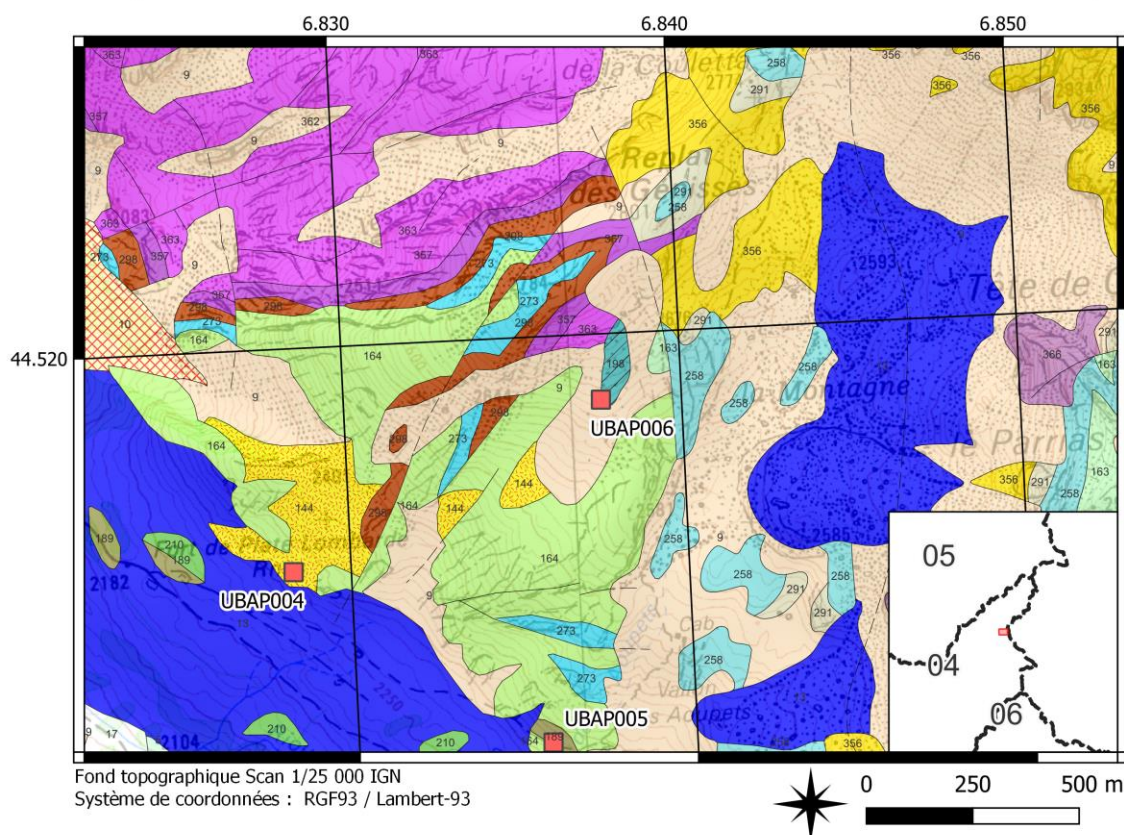
Faillles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25
- e5-7_FB, Eocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal - 145
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165
- c2-e3_O, Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques - 190
- c1-2_F, Cénomaniens-Turonien ? : "Complexe de base", schistes noirs et versicolores, intercalations gréseuses - 198
- c1-2_br, Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques - 199
- n6-c1_CV, Albien-Cénomaniens : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211
- j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263
- j5-n1, Oxfordien-Berriasien : calcaires noduleux rouges "Marbre de Guillestre" (Oxfordien-Kimmeridgien) ; calcaires blancs (Tithonien-Berriasien) - 278
- j1-4_(1), Dogger : calcaires noirs oolithiques ou graveleux - 297
- j3_(2), Bathonien : calcaires gris - 304
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t5-7, Trias supérieur : calcaires dolomitiques massifs et argilites - 363
- t3-4_c, Anisien - Ladinien inférieur : calcaires massifs - 369
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

Faïlles

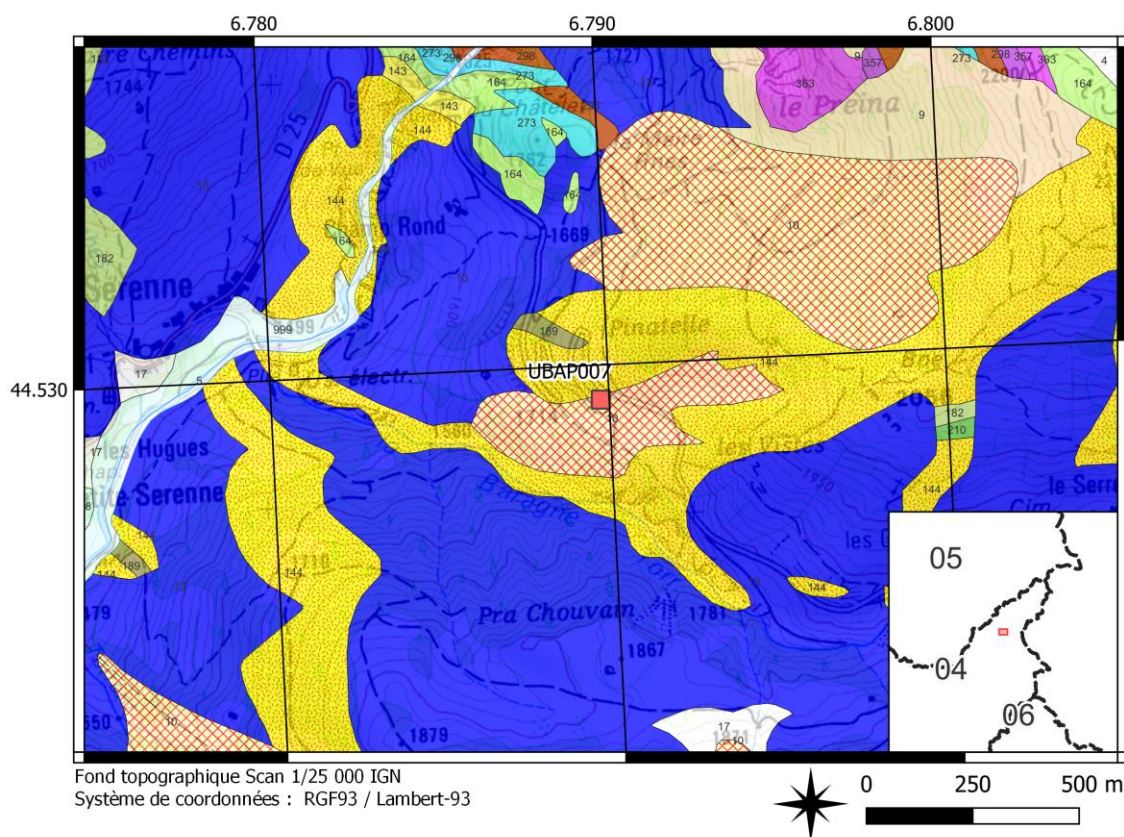
- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- e5-7_FB, Eocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal - 145
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165
- c2-e3_O, Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques - 190

- c1-2_br, Cénomaniens-Turonien ? : brèches et blocs ophiolitiques - 199
- n6-c1_CV, Albien-Cénomaniens : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211
- j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263
- j5-n1, Oxfordien-Berriasien : calcaires noduleux rouges "Marbre de Guillestre" (Oxfordien-Kimmeridgien) ; calcaires blancs (Tithonien-Berriasien) - 278
- j1-4_(1), Dogger : calcaires noirs oolithiques ou graveleux - 297
- j3_(2), Bathonien : calcaires gris - 304
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t5-7, Trias supérieur : calcaires dolomitiques massifs et argilites - 363
- t3-4_c, Anisien - Ladinien inférieur : calcaires massifs - 369
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelles - 373

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

Faillles

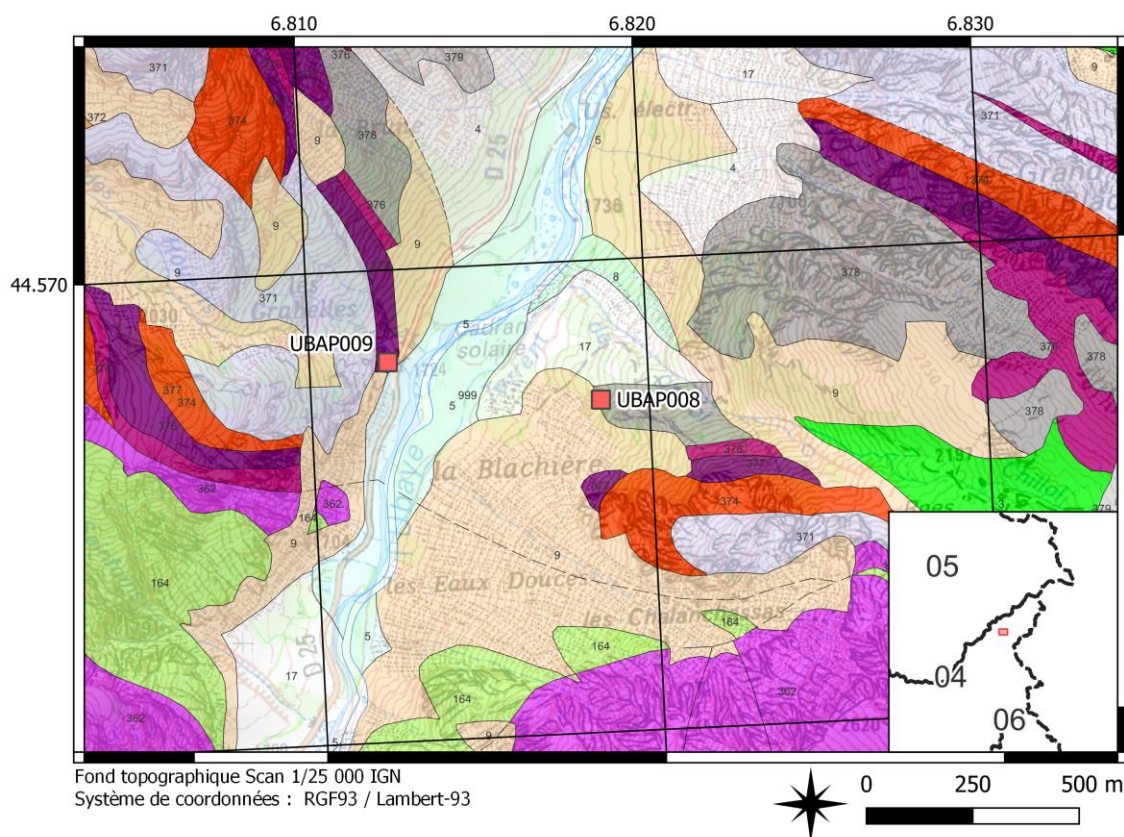
— 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- CA, Couloirs et cônes d'avalanche - 4
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- e5-7_Fn, Eocène moyen-supérieur : flysch noir - 144

- e5-7_FB, Eocène moyen-supérieur : schistes à blocs et à olistolites et grès basal - 145
- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165
- c3-5_F(pc), Sénonien : flyschs exotiques - 183
- c2-e3_O, Turonien-Sénonien : olistolites ophiolitiques - 190
- n6-c1_CV, Albien-Cénomaniens : schistes noirs du Col de Vars et schistes à blocs - 211
- j5-n1, Oxfordien-Berriasien : calcaires noduleux rouges "Marbre de Guillestre" (Oxfordien-Kimméridgien) : calcaires blancs (Tithonien-Berriasien) - 278
- j3_(2), Bathonien : calcaires gris - 304
- t5-7, Trias supérieur : calcaires dolomitiques massifs et argilites - 363
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

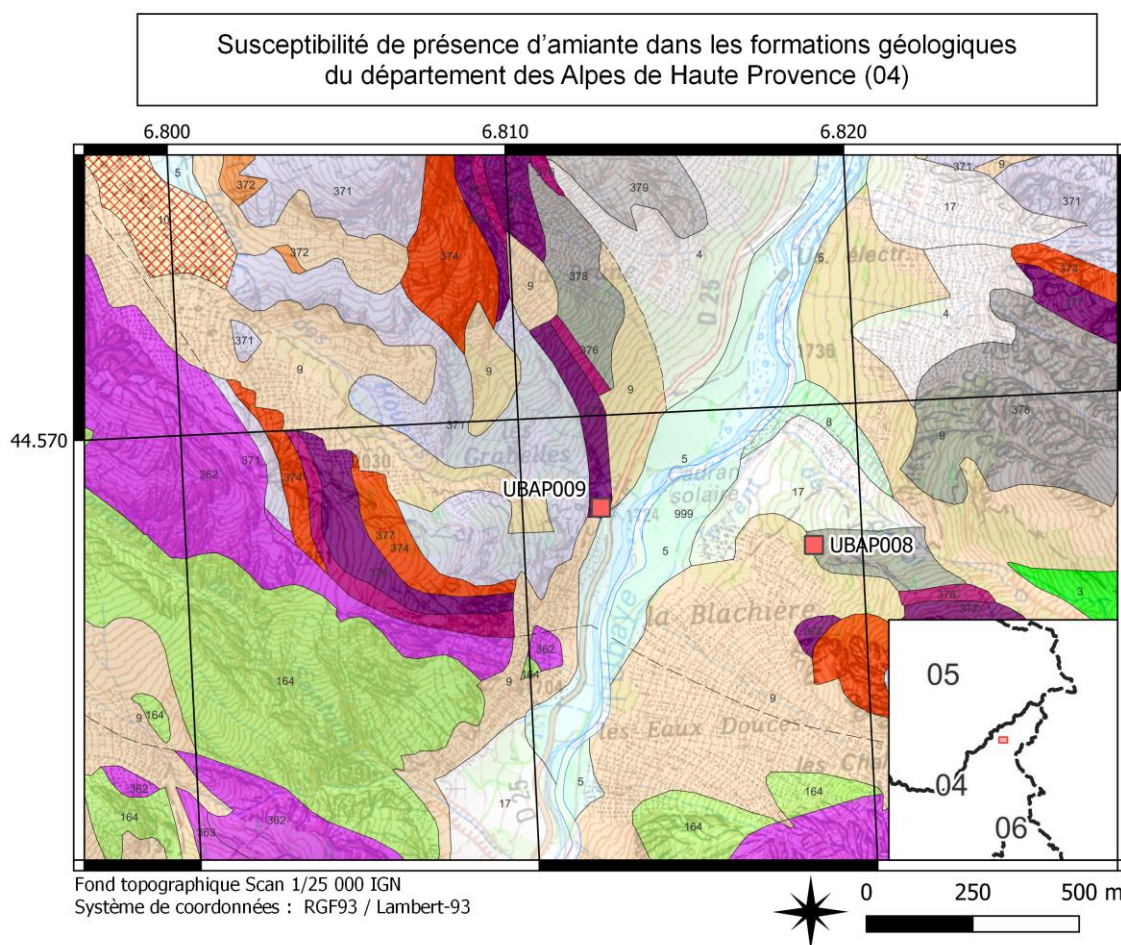
Failles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- CA, Couloirs et crues d'avalanche - 4
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165

- j5-n1, Oxfordien-Berriasien : calcaires noduleux rouges "Marbre de Guillestre" (Oxfordien-Kimmeridgien) ; calcaires blancs (Tithonien-Berriasien) - 278
- t3-4_c, Anisien - Ladinien inférieur : calcaires massifs - 369
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370
- t1-2_Q(2), Scythien : quartzites blancs - 378
- t1-2_S, Scythien supérieur : grès carbonatés et pélites - 379
- r-t_(2), Permo-Trias : quartzites conglomératiques "Verrucano" - 381
- r_AS, Permien : schistes conglomératiques pourprés - 385
- r_A, Permien : arkoses conglomératiques, méta-arkose du Plan de Phazy - 386
- h5b-c, Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière - 387
- h4-5, Westphalien - Stéphanien (?) : schistes charbonneux de Barbein - 388



Légende

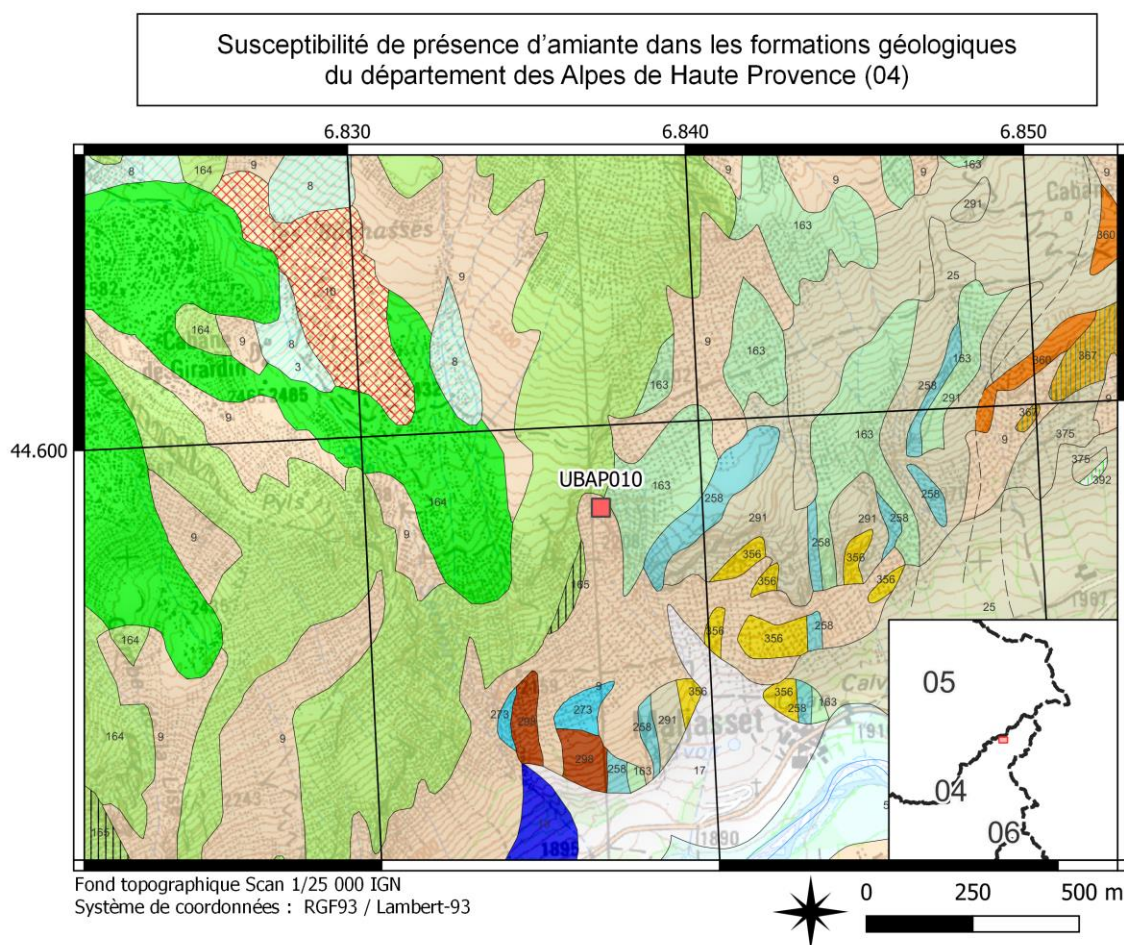
Faïlles

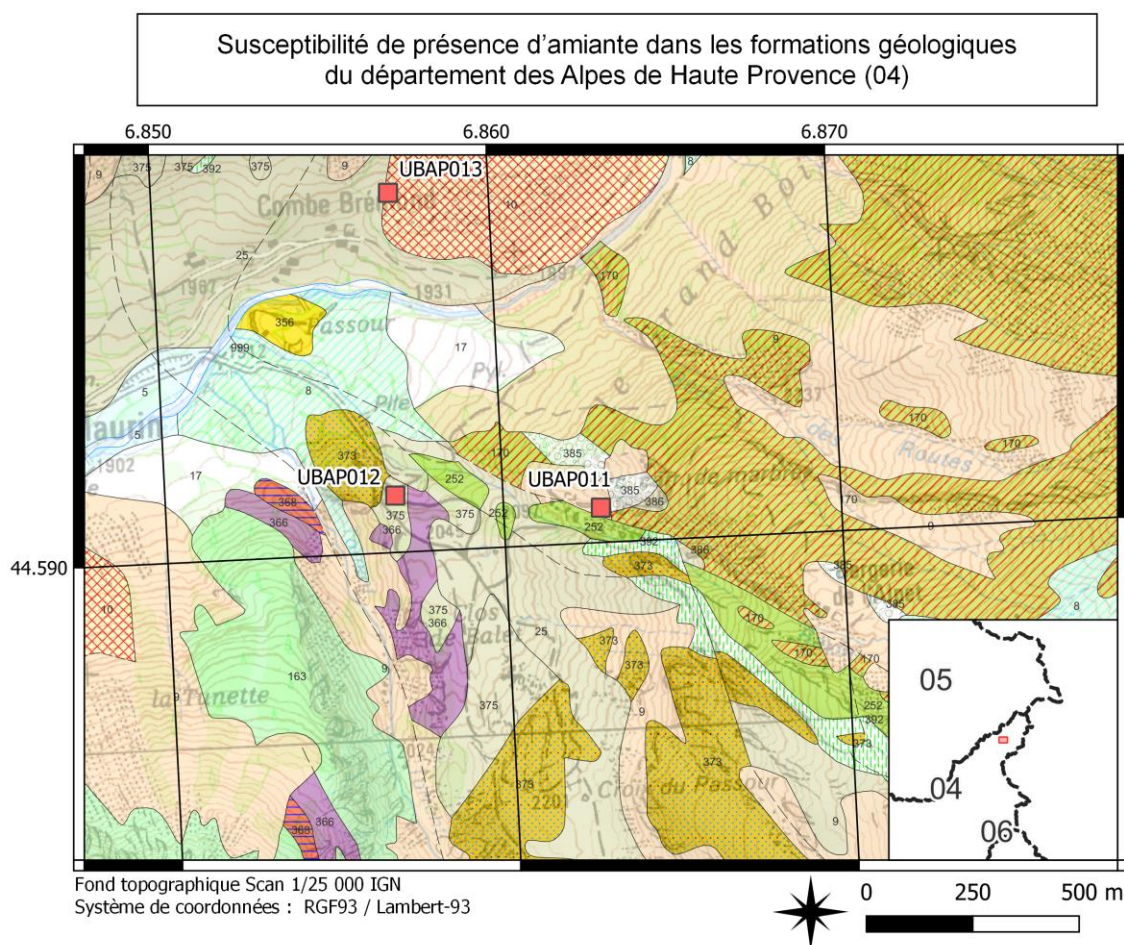
- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- CA, Couloirs et crues d'avalanche - 4
- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

- c-e7_(b), Crétacé supérieur-Eocène : calcaires planctoniques ("Marbres en plaquettes") et brèches basales - 165
- t3-4_c, Anisien - Ladinien inférieur : calcaires massifs - 369
- t3-4_cD, Trias moyen : calcaires et dolomies non différenciés - 370
- t1-2_Q(2), Scythien : quartzites blancs - 378
- t1-2_S, Scythien supérieur : grès carbonatés et pélites - 379
- r-t_(2), Permo-Trias : quartzites conglomératiques "Verrucano" - 381
- r_AS, Permien : schistes conglomératiques pourprés - 385
- r_A, Permien : arkoses conglomératiques, méta-arkose du Plan de Phazy - 386
- h5b-c, Stéphanien moyen-supérieur (?) : conglomérats de la Blachière - 387
- h4-5, Westphalien - Stéphanien (?) : schistes charbonneux de Barbein - 388





Légende

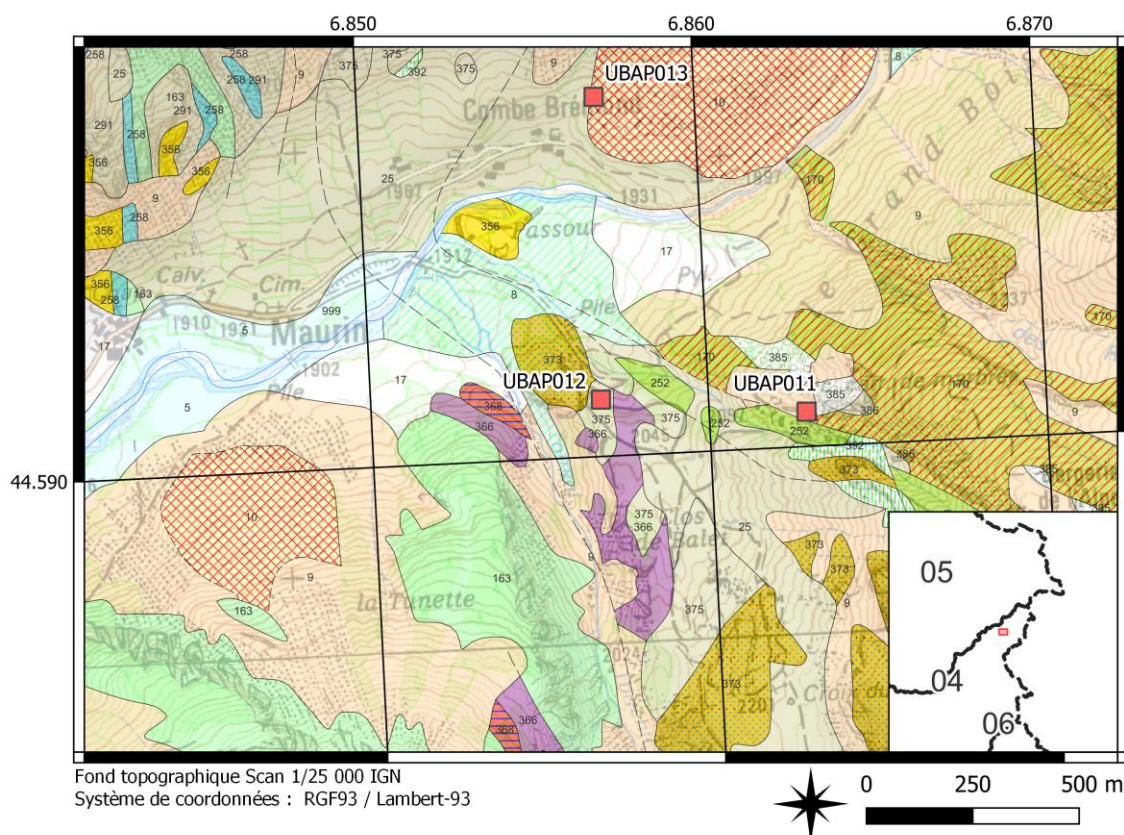
Faïlles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_G, Muschelkalk : gypses inférieurs - 375
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-L_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- α, Serpentinites - 395
- β, Métabasales et metabèches basaltiques - 396

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



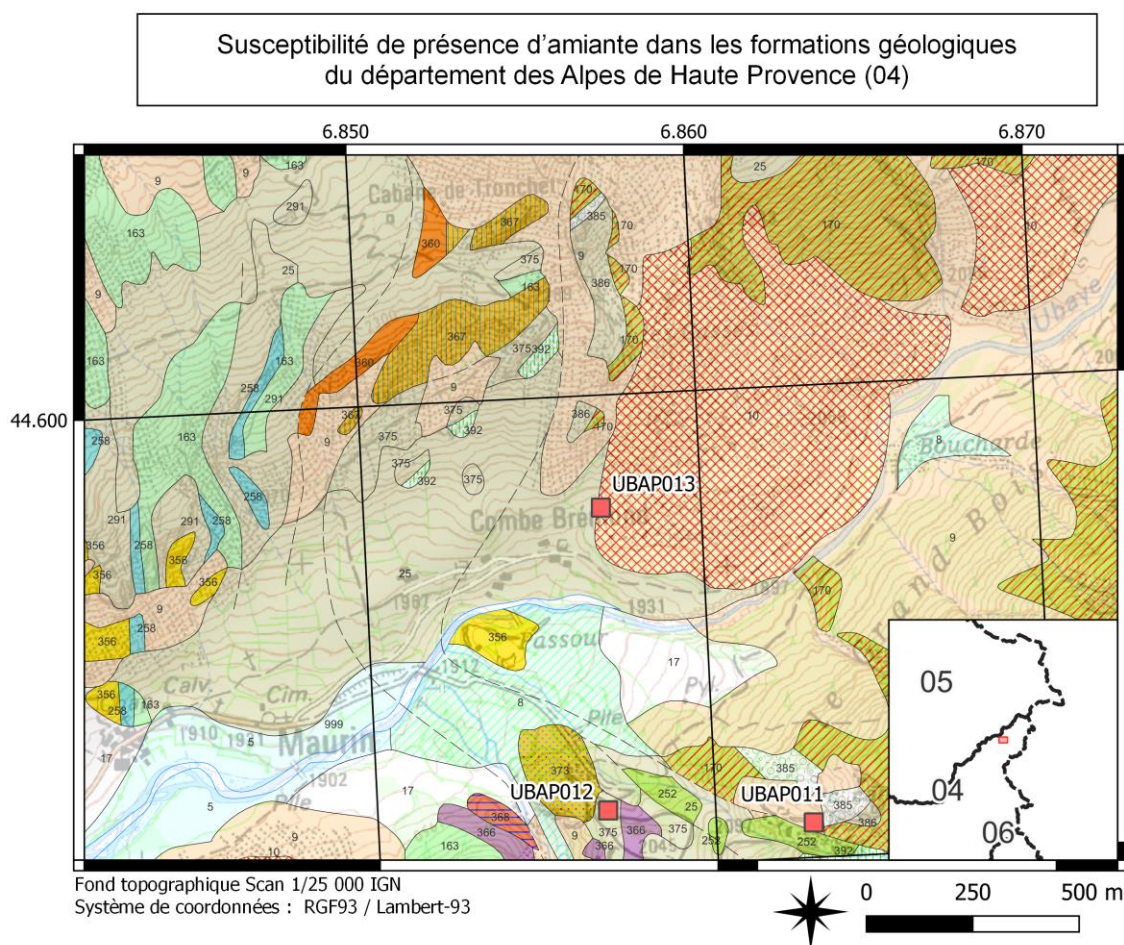
Légende

Faillies

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- | | |
|---|--|
| Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5 | j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254 |
| Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8 | j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263 |
| ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10 | j1-4_(1), Dogger : calcaires noirs oolithiques ou graveleux - 297 |
| Jy, Wurm : cônes de déjection - 17 | t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362 |
| Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25 | t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373 |
| c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164 | t3-5_G, Muschelkalk : gypses inférieurs - 375 |
| c_CS, Crétacé : calcschistes - 171 | t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380 |
| | r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382 |
| | s, Serpentinites - 395 |
| | β, Métabasaltites et metabèches basaltiques - 396 |



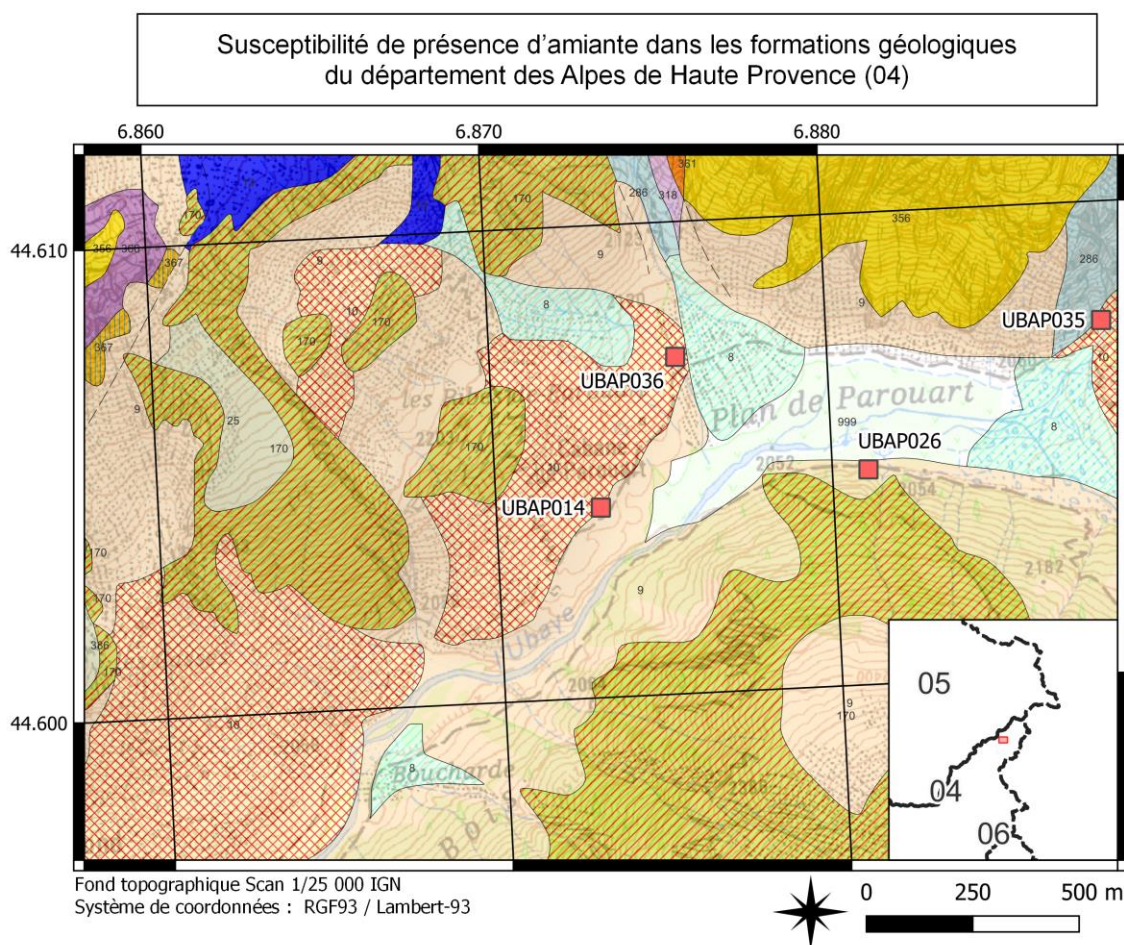
Légende

Faillies

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- | | |
|---|--|
| Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5 | j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254 |
| Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8 | j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263 |
| ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10 | j1-4_(1), Dogger : calcaires noirs oolithiques ou graveleux - 297 |
| Jy, Wurm : cônes de déjection - 17 | t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362 |
| Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25 | t_K, Trias : cargneules - 367 |
| c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164 | t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373 |
| c_CS, Crétacé : calcschistes - 171 | t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374 |
| | t3-5_G, Muschelkalk : gypses inférieurs - 375 |
| | t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380 |
| | r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382 |
| | s, Serpentinites - 395 |
| | β, Métabasaites et métabèches basaltiques - 396 |



Légende

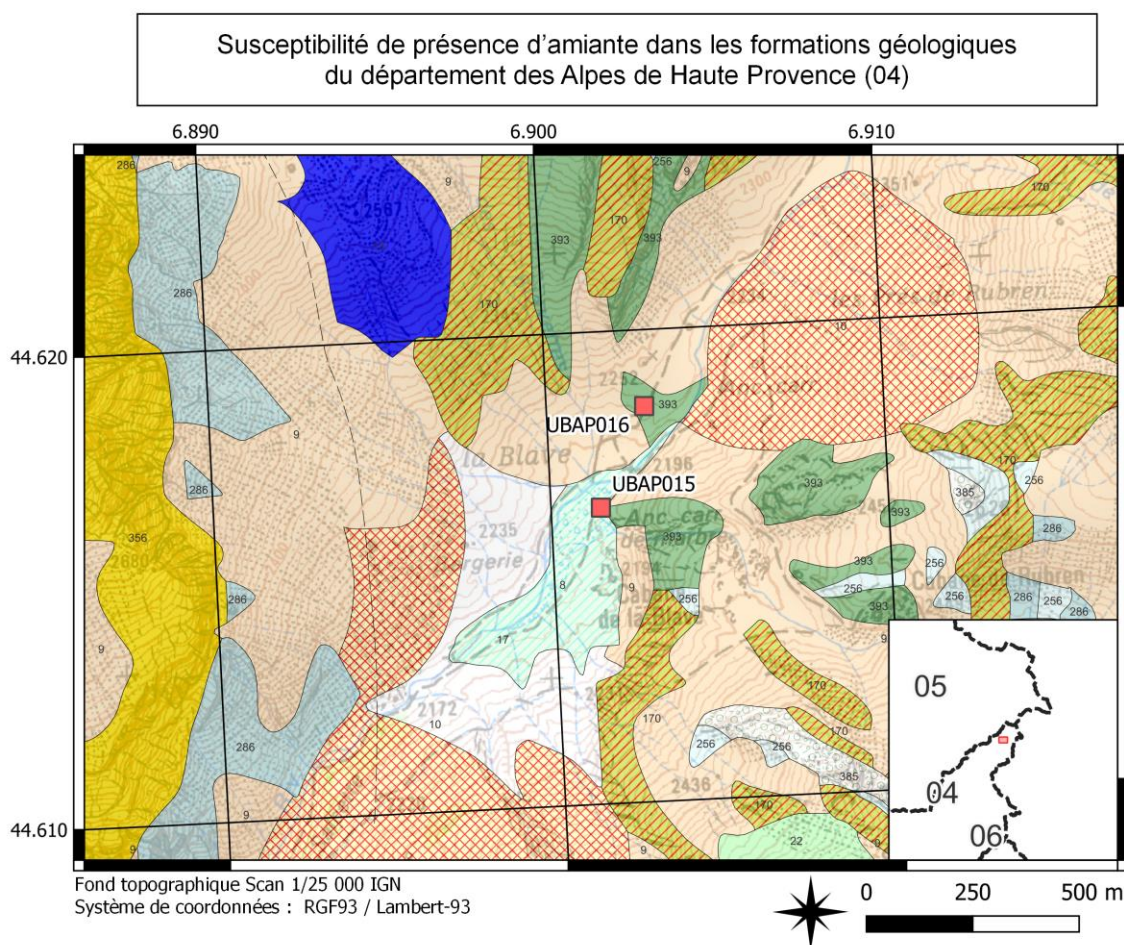
Faïlles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25

- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- L_(2), Lias : calcaires noirs à silex, calcaires à entroques, etc - 324
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_GK, Trias : gypses et cargneules non séparés - 368
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- β, Métabasites et métabréches basaltiques - 396



Légende

Faïlles

— 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8

Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9

ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10

Gy, Wurm : Moraines internes - 13

Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

Gx, Riss : moraines externes - 22

c_CS, Crétacé : calcschistes - 171

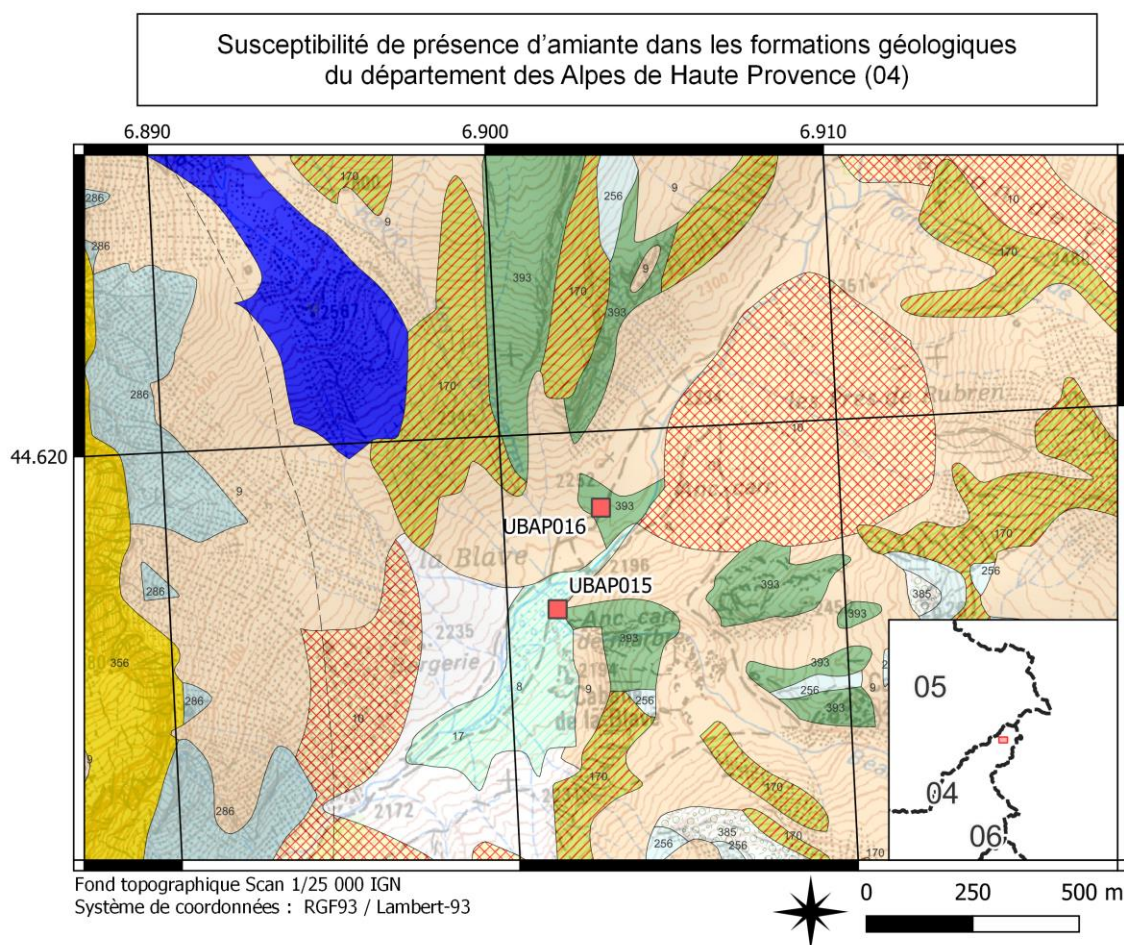
j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261

j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291

t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362

nBr, Métabréches de serpentinites (ophicalcites) - 394

n, Serpentinites - 395



Légende

Failles

— 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8

Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9

ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10

Gy, Wurm : Moraines internes - 13

Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

c_CS, Crétacé : calcschistes - 171

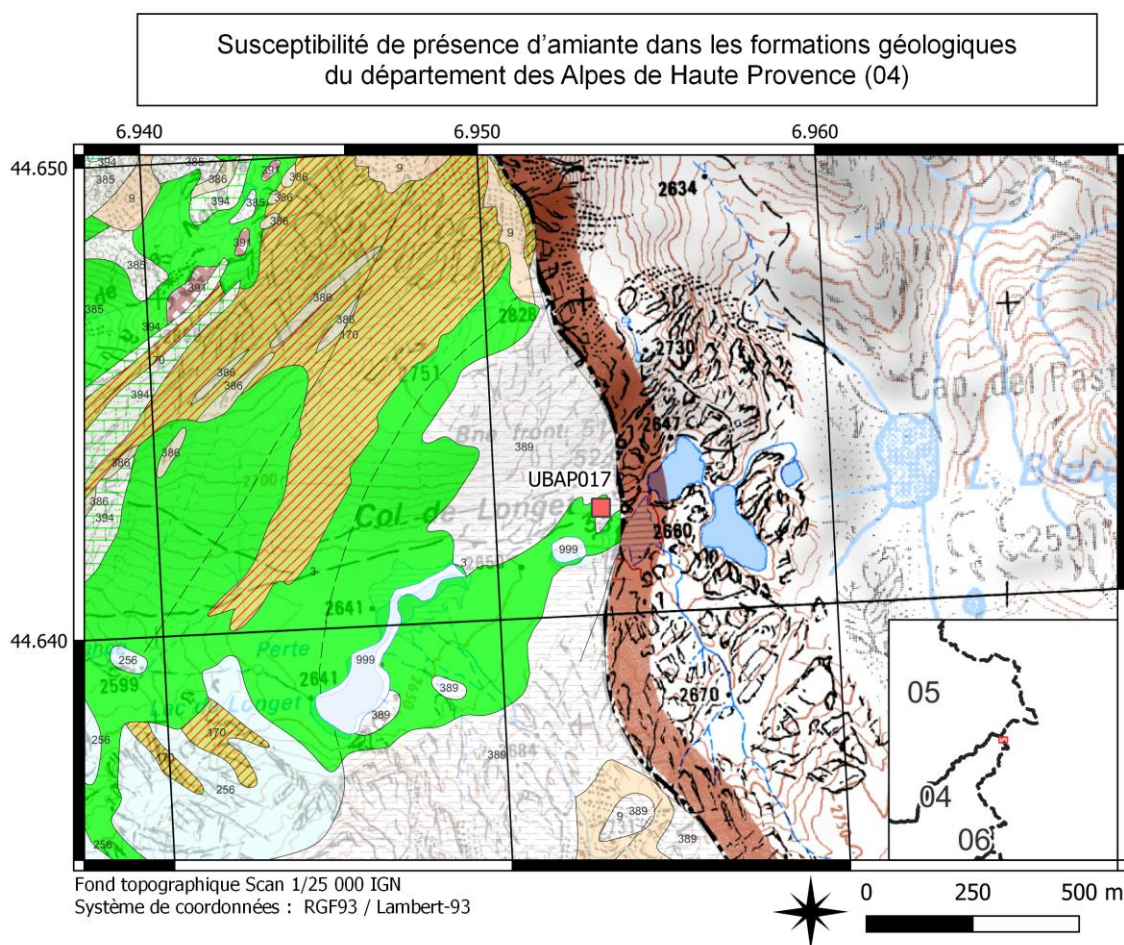
j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261

j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291

t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362

nBr, Métabréches de serpentinites (ophicalcites) - 394

s, Serpentinites - 395



Légende

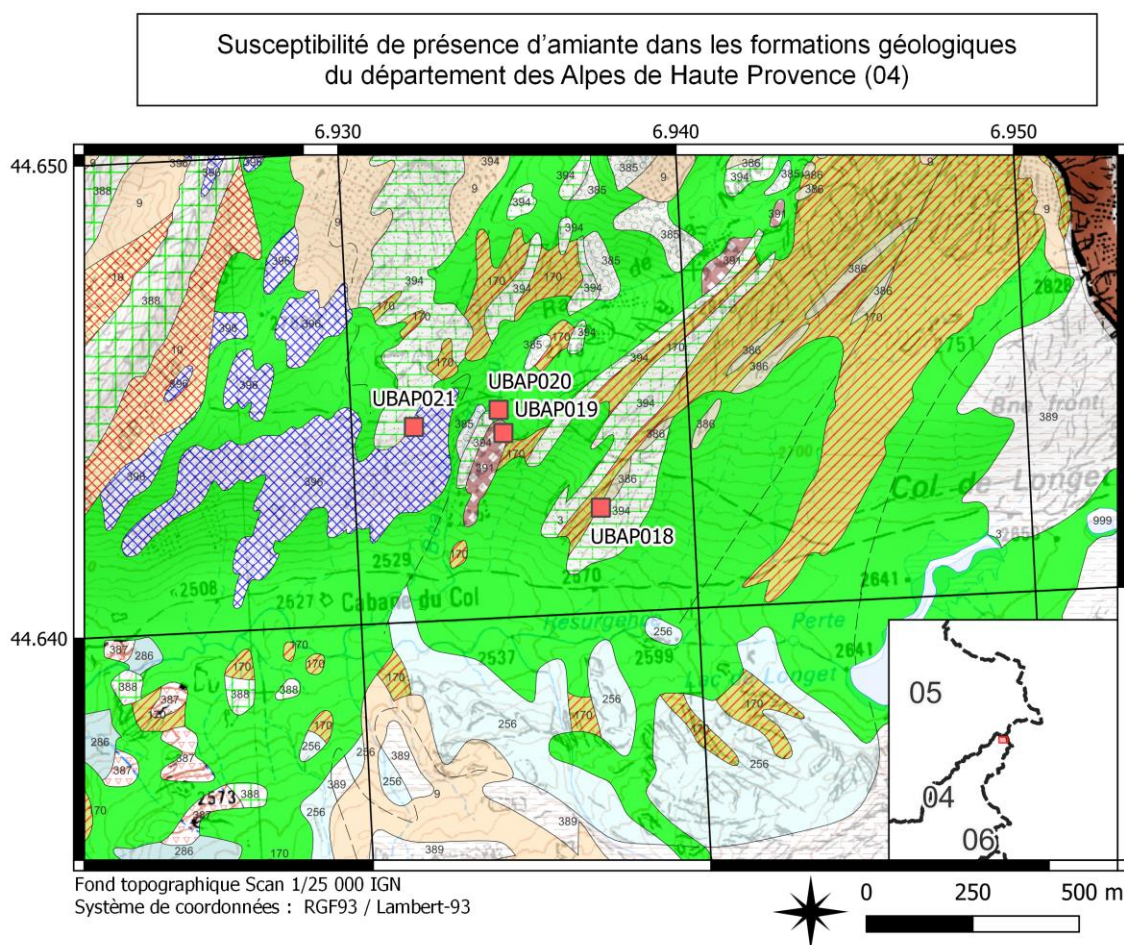
Faillles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171

- j5-n3, Malm - Néocomien ? : calcaires blancs et calcaires à cherts marmorisés (Malm - Néocomien ?) - 257
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltites - 261
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- θ, Métagabbros, metabrèches de gabbros - 393
- α, Serpentinites - 395
- β, Metabasaltites et metabrèches basaltiques - 396



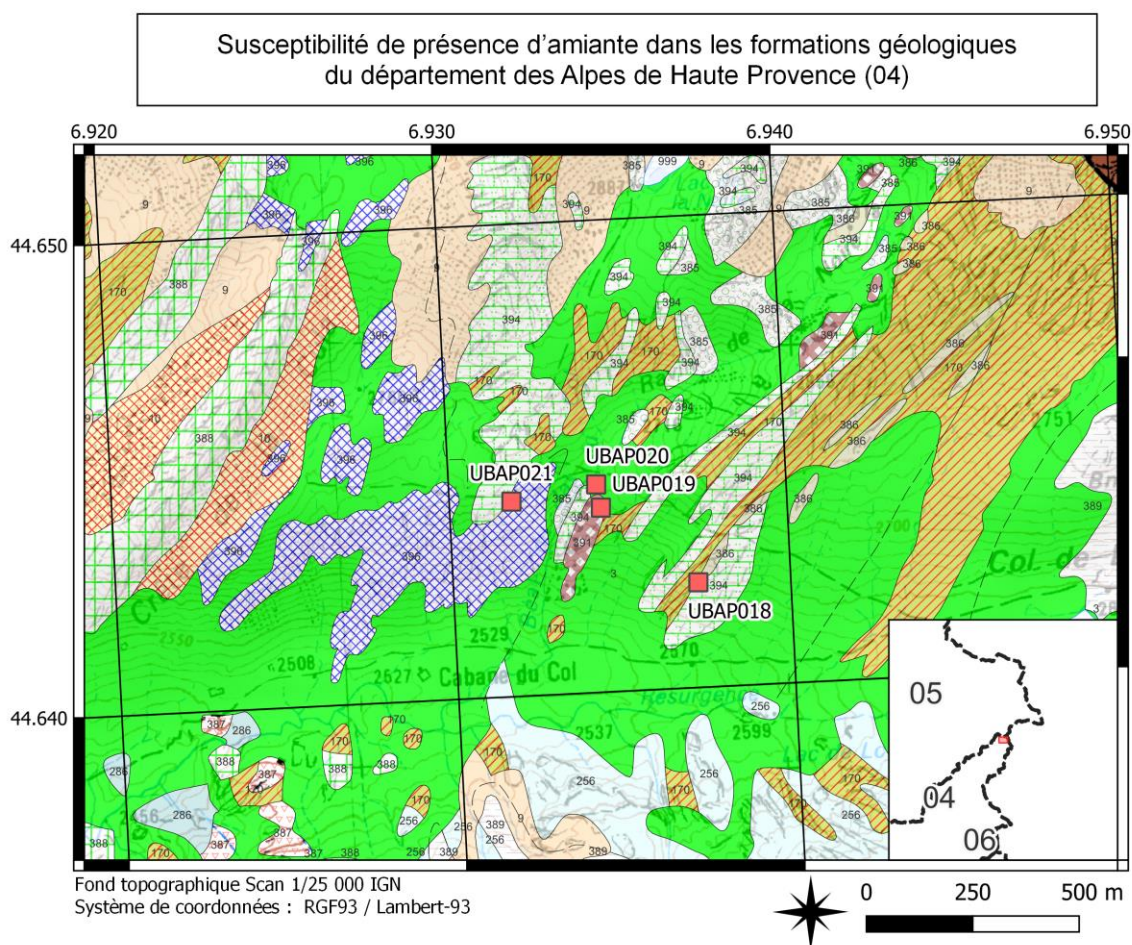
Légende

Faillles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j-cBr, Jurassique - Crétacé ? : Mégabèche du col du Longet - 253
- j5-7-c_sC, Malm-Crétacé supérieur : calcaires clairs marmorisés (série de la Cula) - 255
- j5-n3, Malm - Néocomien ? : calcaires blancs et calcaires à cherts marmorisés (Malm - Néocomien ?) - 257
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- t_D, Mégablocs de dolomite triasique - 364
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- 0, Métagabbros, metabèches de gabbros - 393
- σ, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabèches basaltiques - 396



Légende

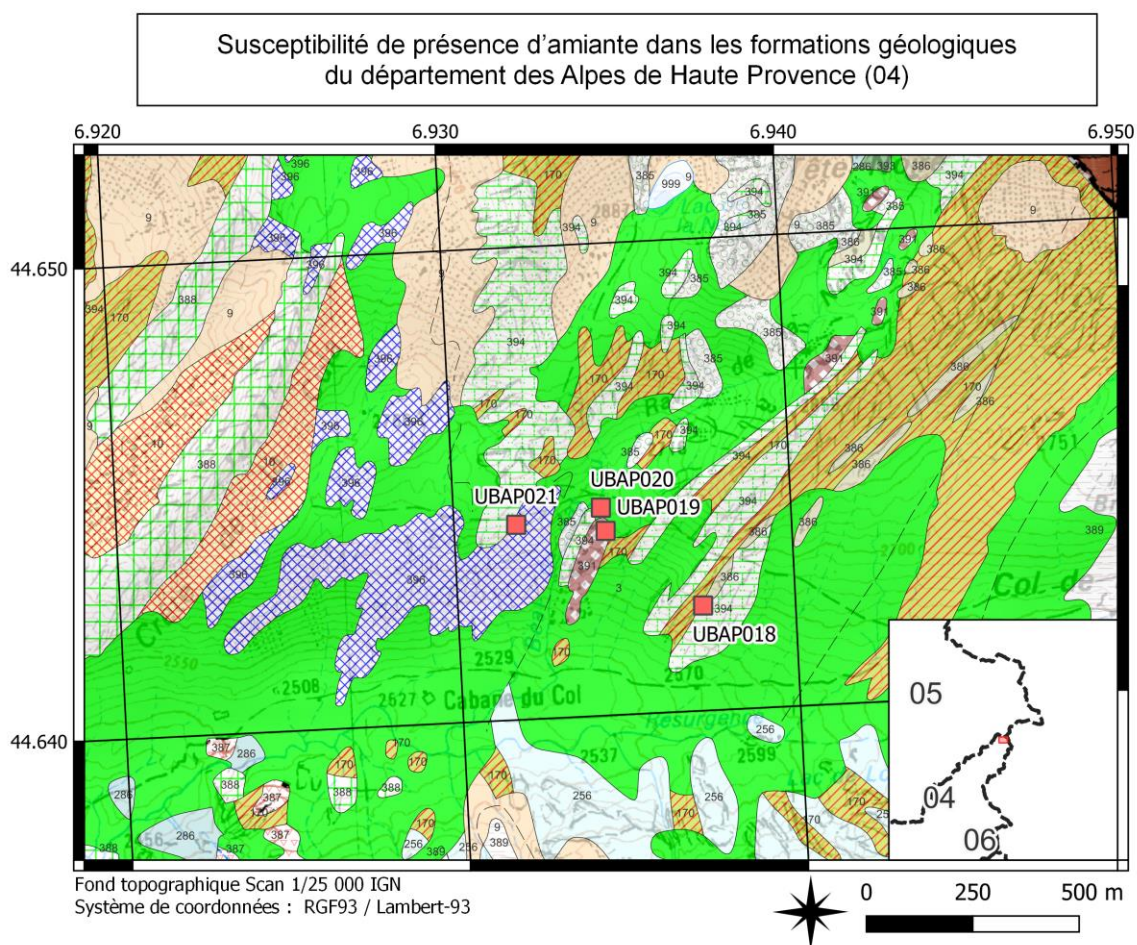
Faillles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j-cBr, Jurassique - Crétacé ? : Mégabréche du col du Longet - 253
- j5-7-c_sC, Malm-Crétacé supérieur : calcaires clairs marmorisés (série de la Cula) - 255

- j5-n3, Malm - Néocomien ? : calcaires blancs et calcaires à cherts marmorisés (Malm - Néocomien ?) - 257
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- t_D, Mégablocs de dolomite triasique - 364
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- 0, Métagabbros, metabèches de gabbros - 393
- σ, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabèches basaltiques - 396



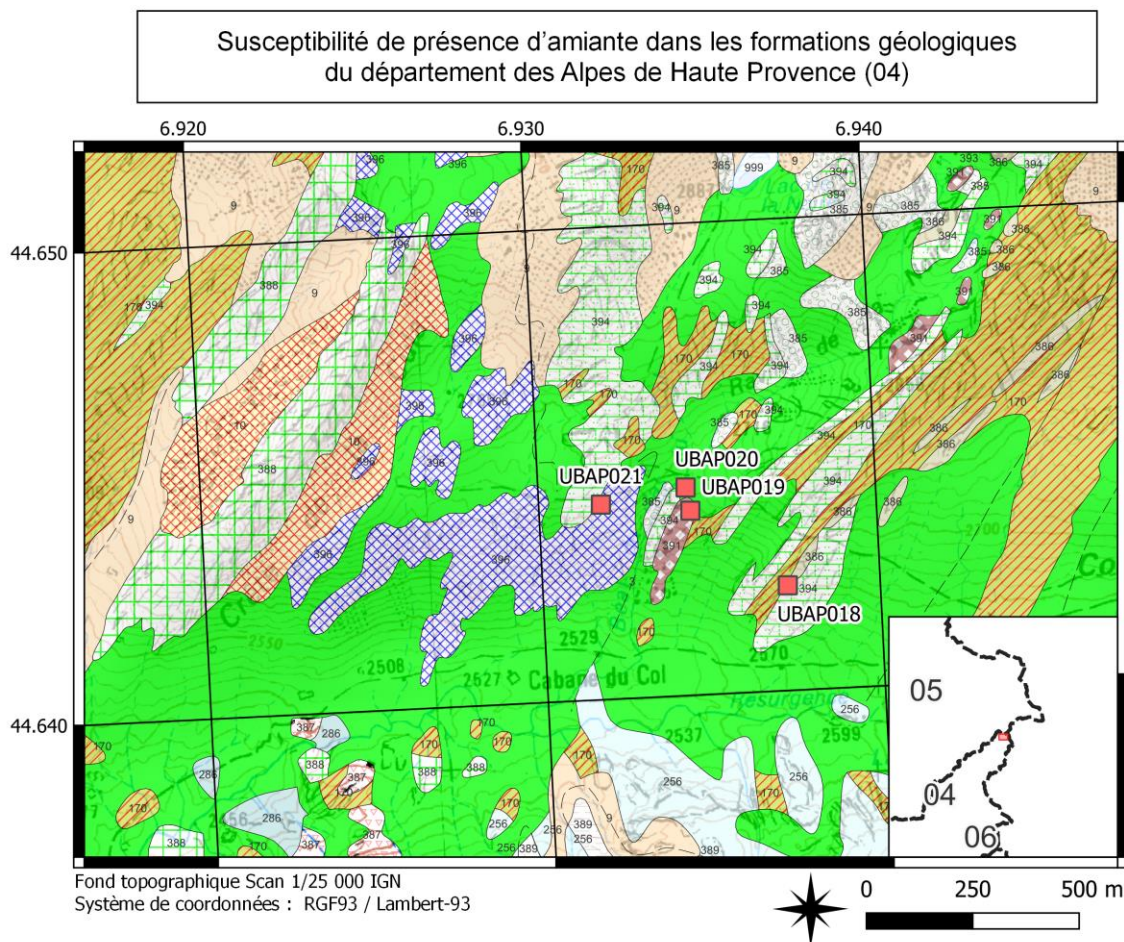
Légende

Faillles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j-cBr, Jurassique - Crétacé ? : Mégabèche du col du Longet - 253
- j5-7-c_sC, Malm-Crétacé supérieur : calcaires clairs marmorisés (série de la Cula) - 255
- j5-n3, Malm - Néocomien ? : calcaires blancs et calcaires à cherts marmorisés (Malm - Néocomien ?) - 257
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltes - 261
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- t_D, Mégablocs de dolomite triasique - 364
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- 0, Métagabbros, métabréches de gabbros - 393
- cBr, Métabréches de serpentinites (ophicalcites) - 394
- σ, Serpentinites - 395
- β, Métabasaltes et métabréches basaltiques - 396



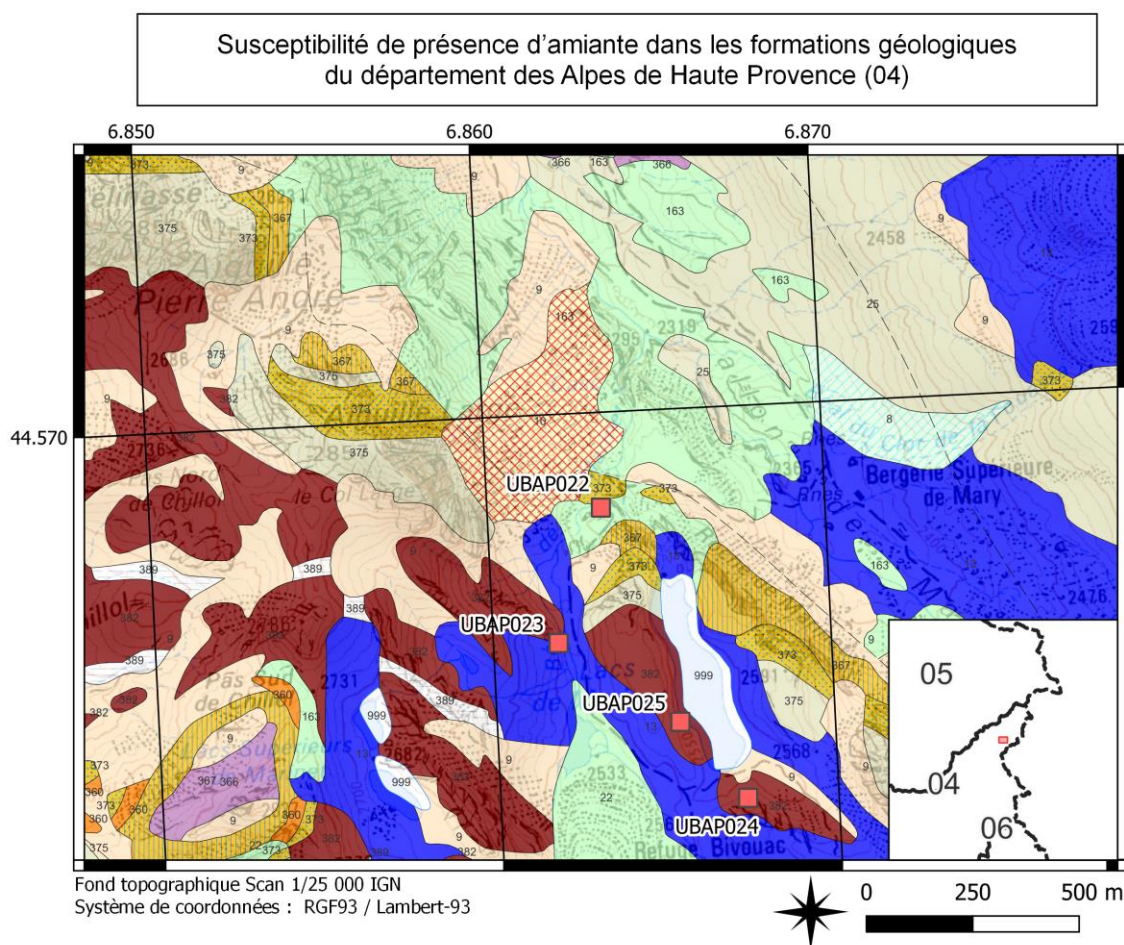
Légende

Faillles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- | | |
|--|--|
| MN, Moraines - 3 | j5-n3, Malm - Néocomien ? : calcaires blancs et calcaires à cherts marmorisés (Malm - Néocomien ?) - 257 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltes - 261 |
| ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10 | j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291 |
| c_CS, Crétacé : calcschistes - 171 | t_D, Mégablocs de dolomite triasique - 364 |
| j-cBr, Jurassique - Crétacé ? : Mégabèche du col du Longet - 253 | r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383 |
| j5-7-c_sC, Malm-Crétacé supérieur : calcaires clairs marmorisés (série de la Cula) - 255 | 0, Métagabbros, métabèches de gabbros - 393 |
| | cBr, Métabèches de serpentinites (ophicalcites) - 394 |
| | s, Serpentinites - 395 |
| | β, Métabasaltes et métabèches basaltiques - 396 |



Légende

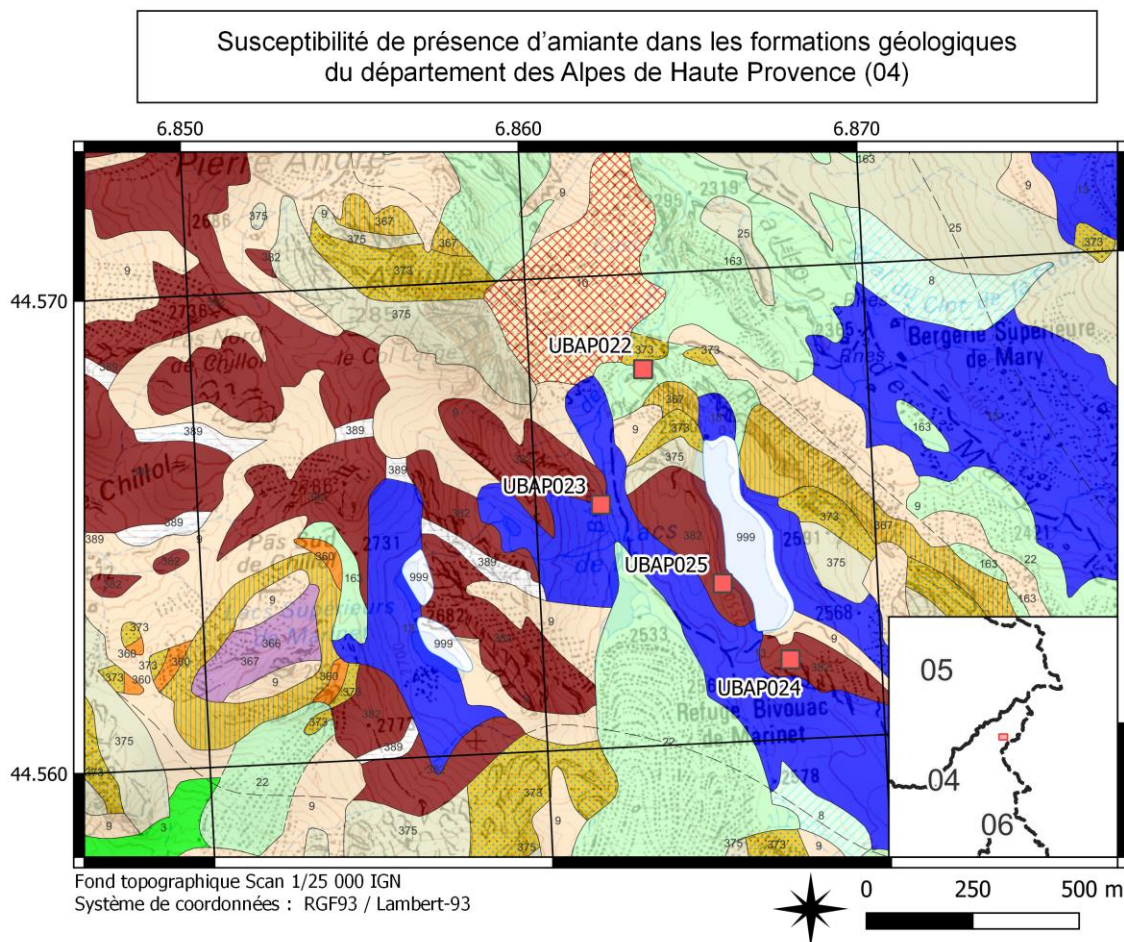
Faillles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25

- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- rt1, Andésites - 391



Légende

Faillles

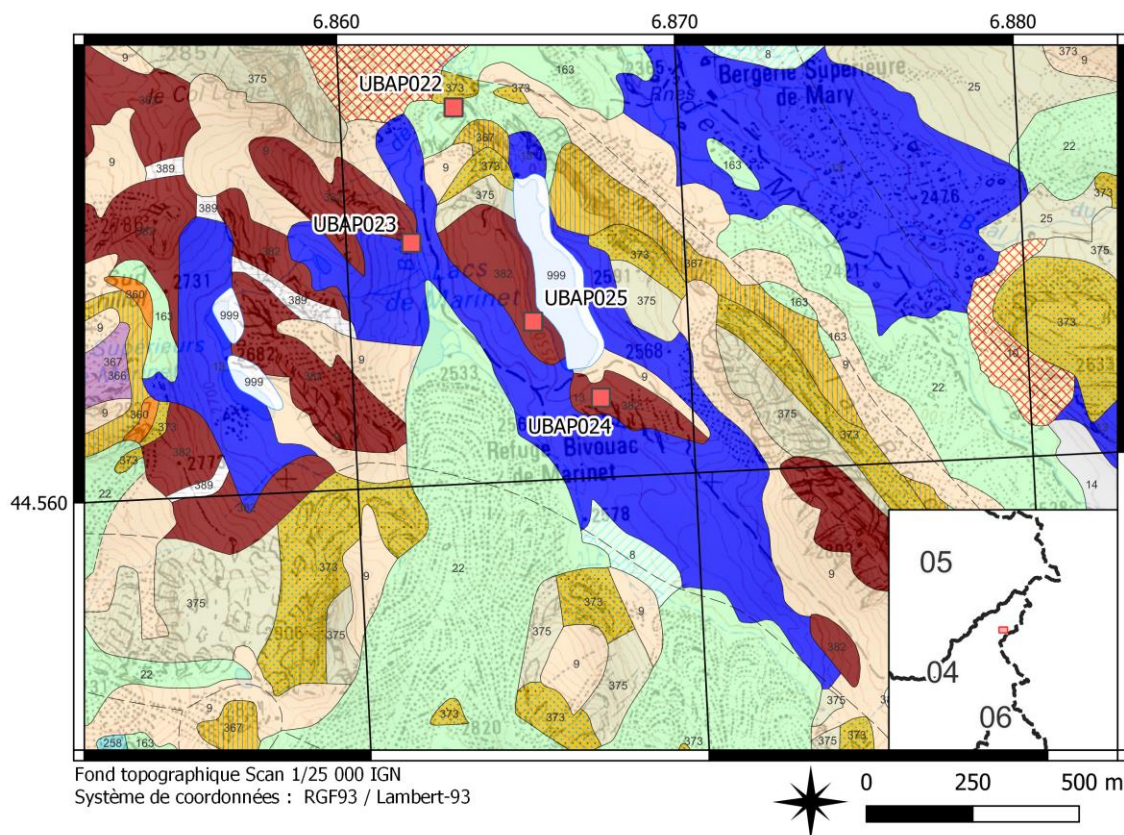
- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13

- Gx, Riss : moraines externes - 22
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- rΩ, Andésites - 391

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

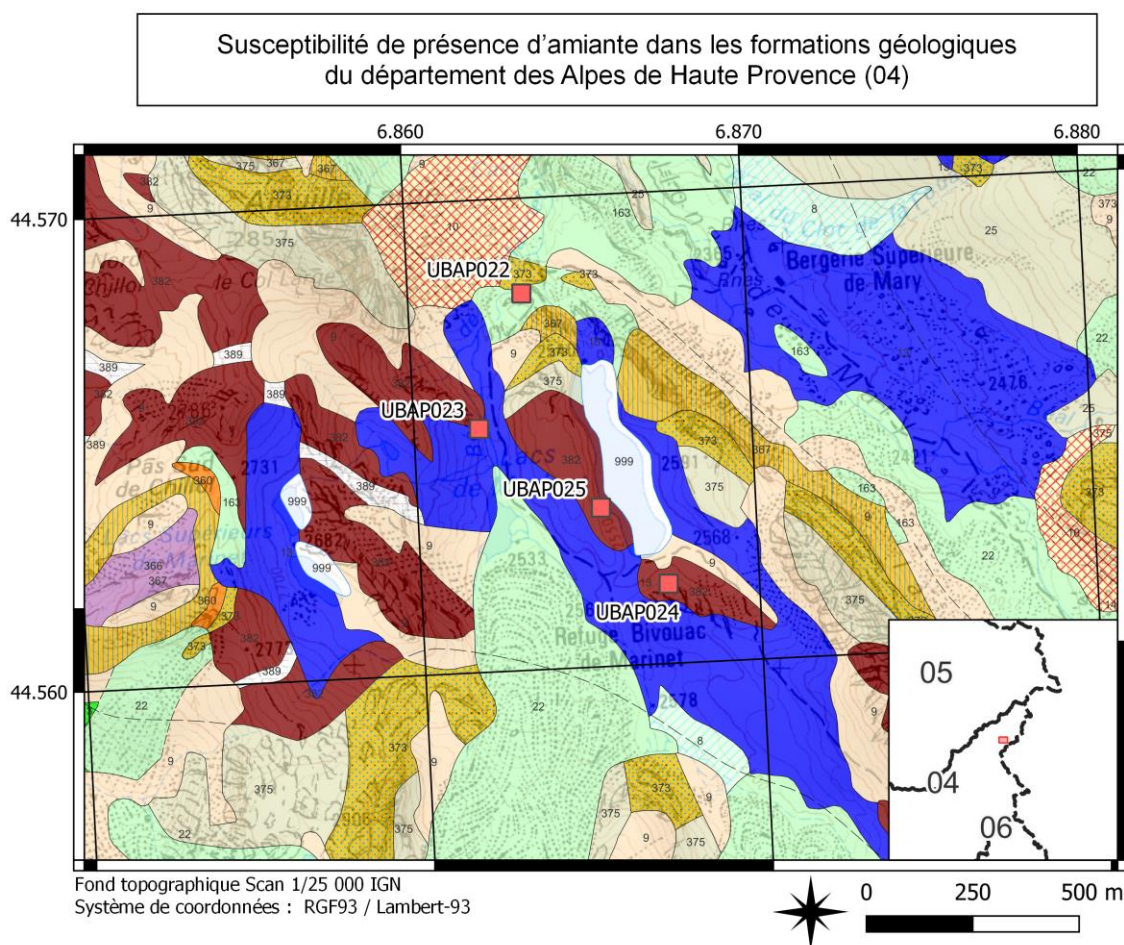
Failles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Fy, Wurm : cailloutis, graviers, sables - 14
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25

- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- j5-7_(3), Malm : calcaires blancs et marbres - 263
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- rΩ, Andésites - 391



Légende

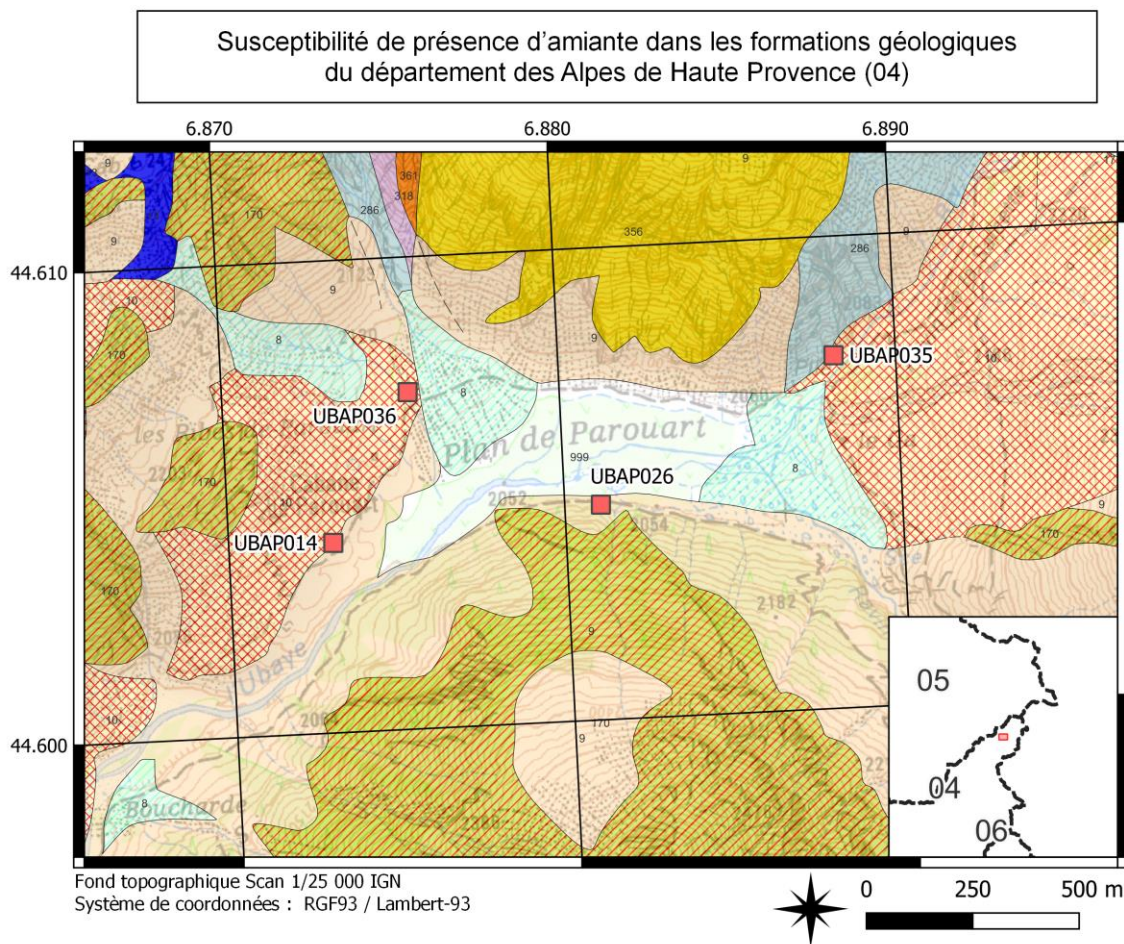
Failles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- MN, Moraines - 3
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Fy, Wurm : cailloutis, graviers, sables - 14
- Gx, Riss : moraines externes - 22

- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25
- c-e7_(a), Crétacé supérieur-Eocène : marbres en plaquettes - 164
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- r_S, permien volcano-détritique : Schistes non différenciés - 383
- rΩ, Andésites - 391



Légende

Failles

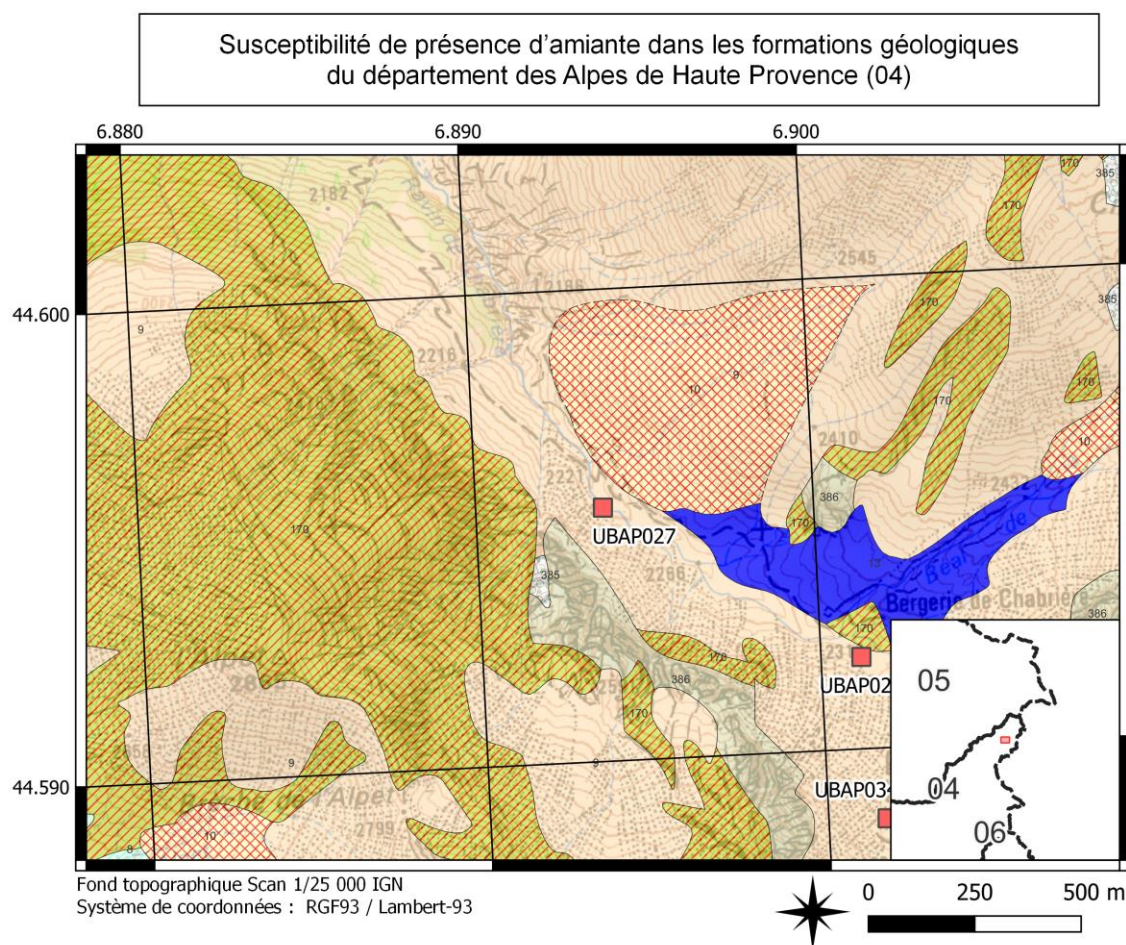
- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13

Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

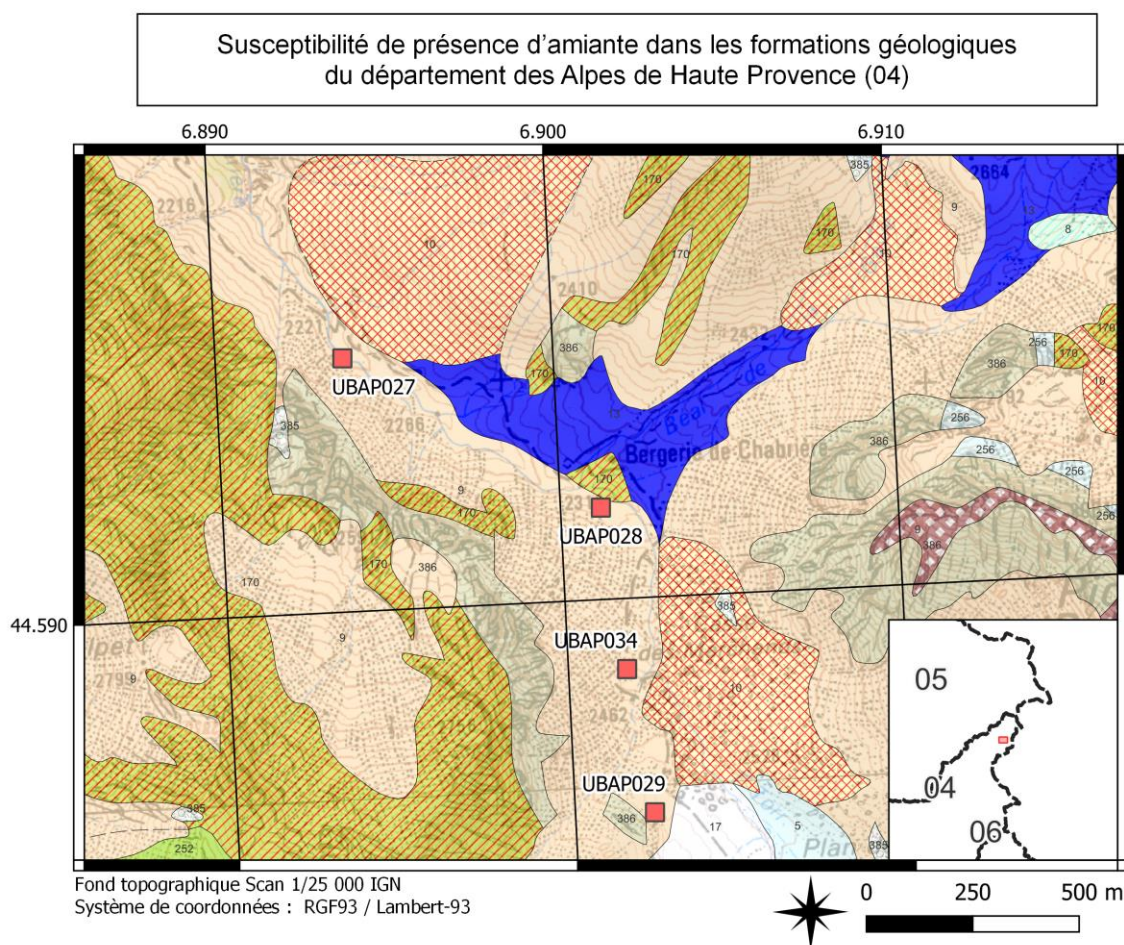
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- L_(2), Lias : calcaires noirs à silex, calcaires à entroques, etc - 324
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_GK, Trias : gypses et cargneules non séparés - 368



Légende

Géologie

- | | |
|---|--|
| Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8 | Gy, Wurm : Moraines internes - 13 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | c_CS, Crétacé : calcschistes - 171 |
| ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10 | σ, Serpentinites - 395 |
| | β, Métabasaltites et metabréches basaltiques - 396 |



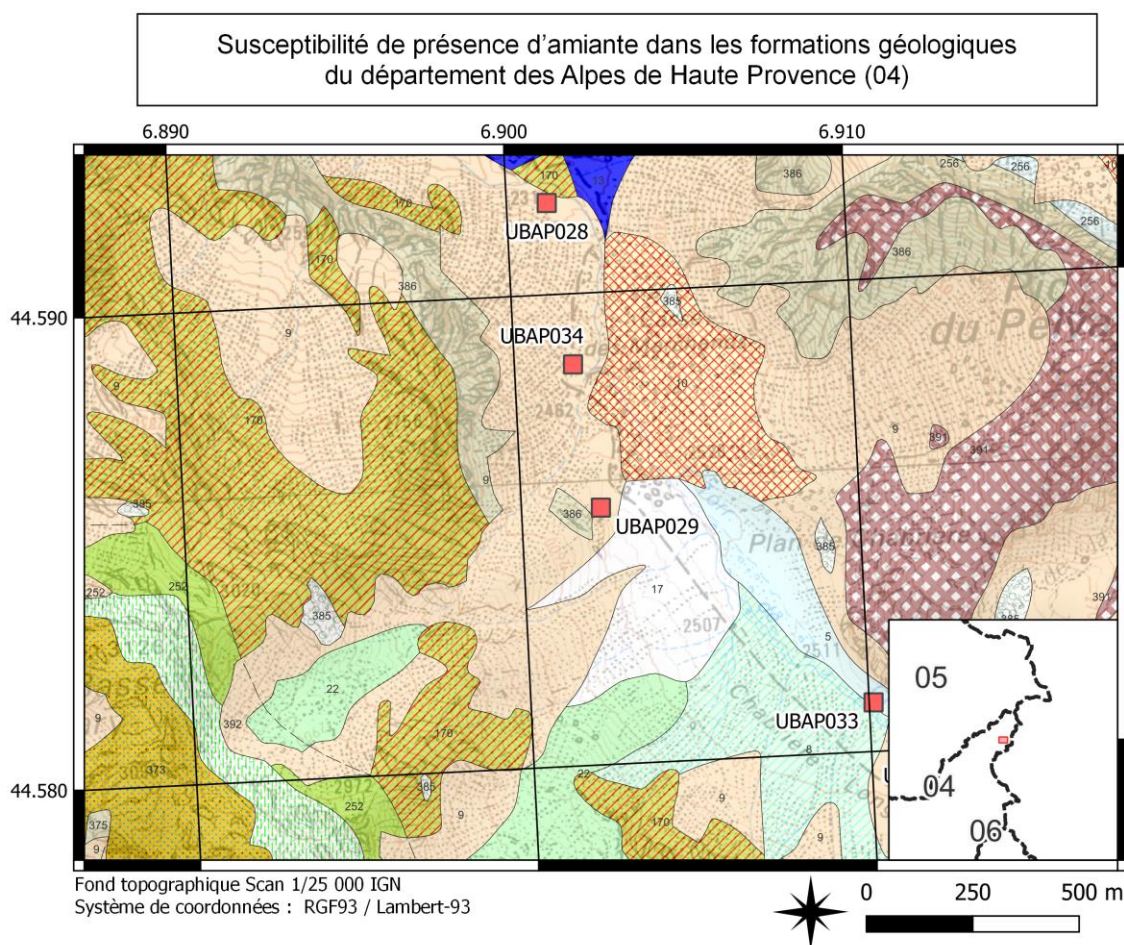
Légende

Faïlles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- l, Métagabbros, metabèches de gabbros - 393
- n, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabèches basaltiques - 396



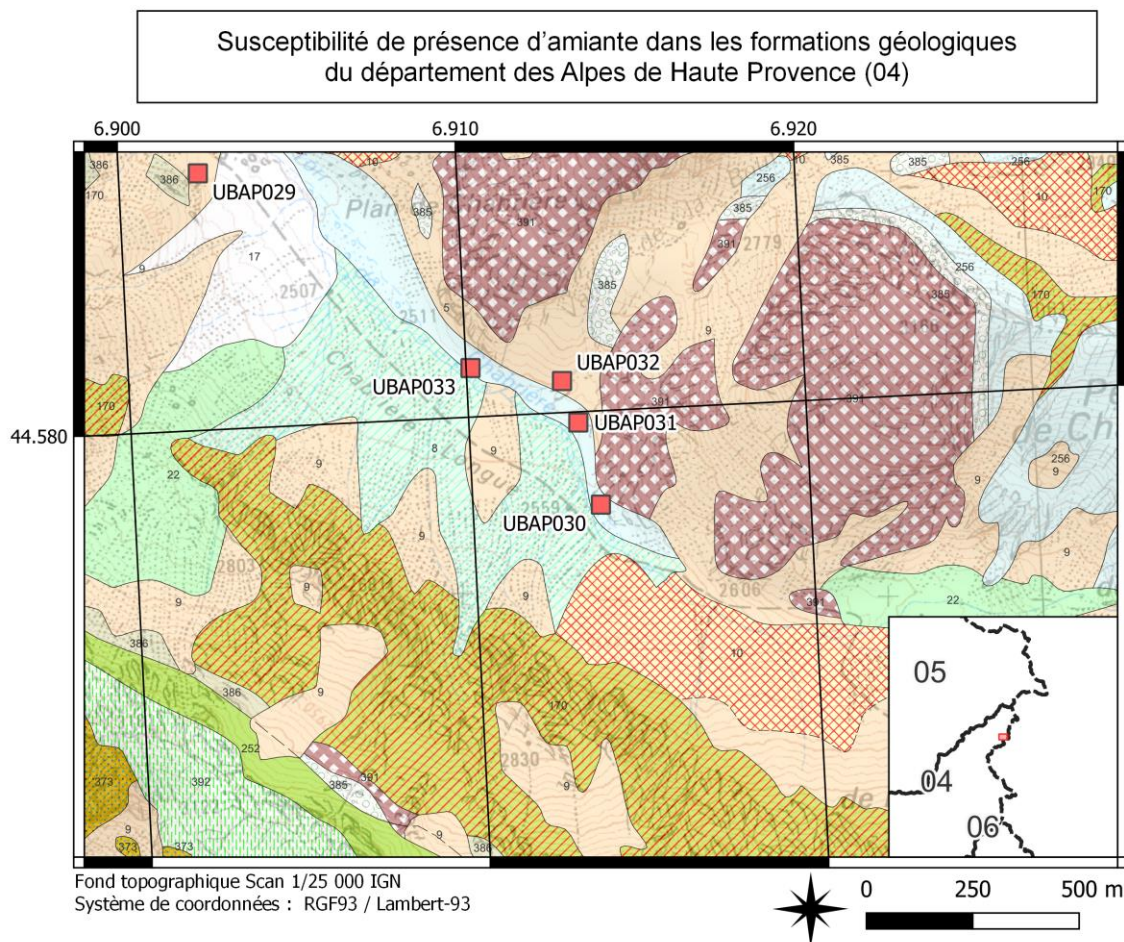
Légende

Faïlles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- r-t_(1), Permo-Trias : schistes et quartzites conglomératiques - 382
- 0, Métagabbros, metabréches de gabbros - 393
- σ, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabréches basaltiques - 396



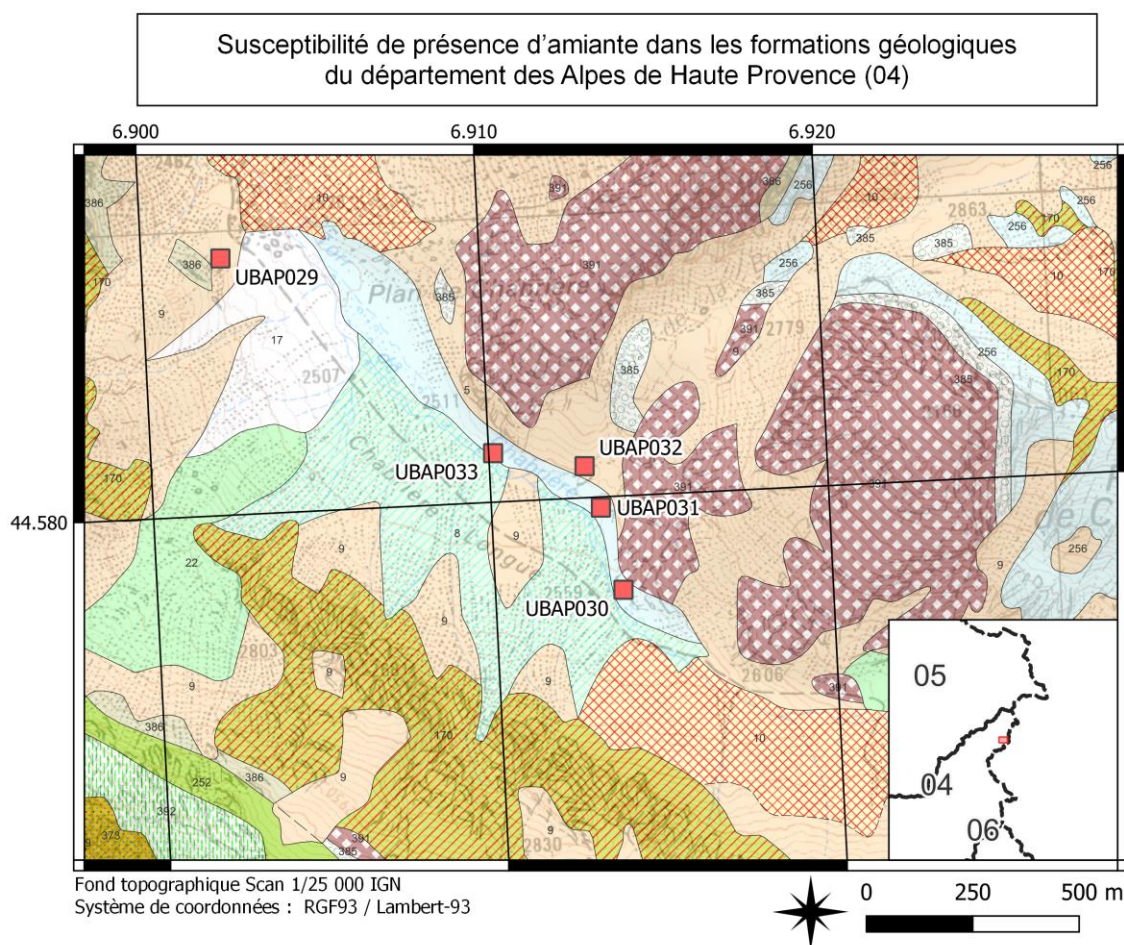
Légende

Faillies

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- | | |
|---|--|
| Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5 | c_CS, Crétacé : calcschistes - 171 |
| Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8 | j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254 |
| Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9 | j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256 |
| ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10 | j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261 |
| Jy, Wurm : cônes de déjection - 17 | t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380 |
| Gx, Riss : moraines externes - 22 | θ, Métagabbros, metabréches de gabbros - 393 |
| | σ, Serpentinites - 395 |
| | β, Métabasites et metabréches basaltiques - 396 |



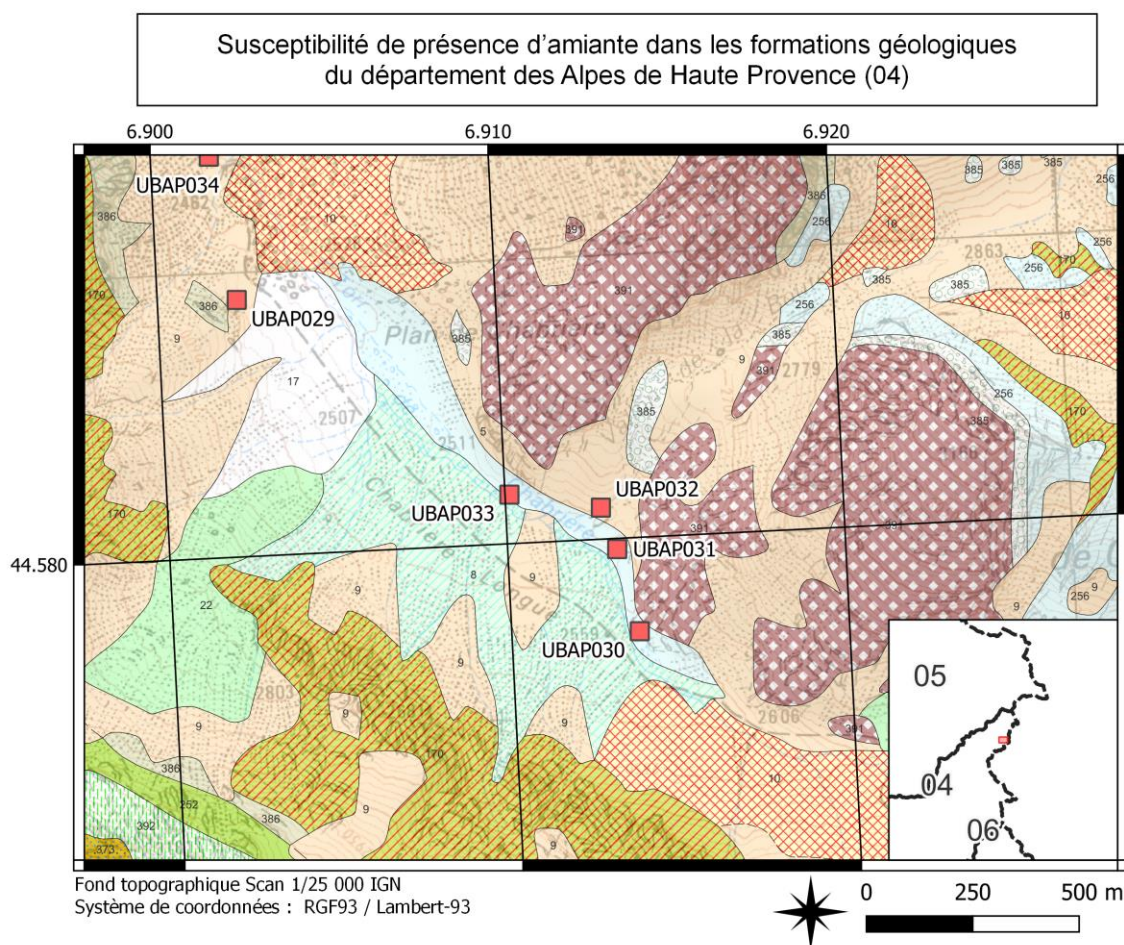
Légende

Faïlles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- l, Metagabbros, metabèches de gabbros - 393
- s, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabèches basaltiques - 396



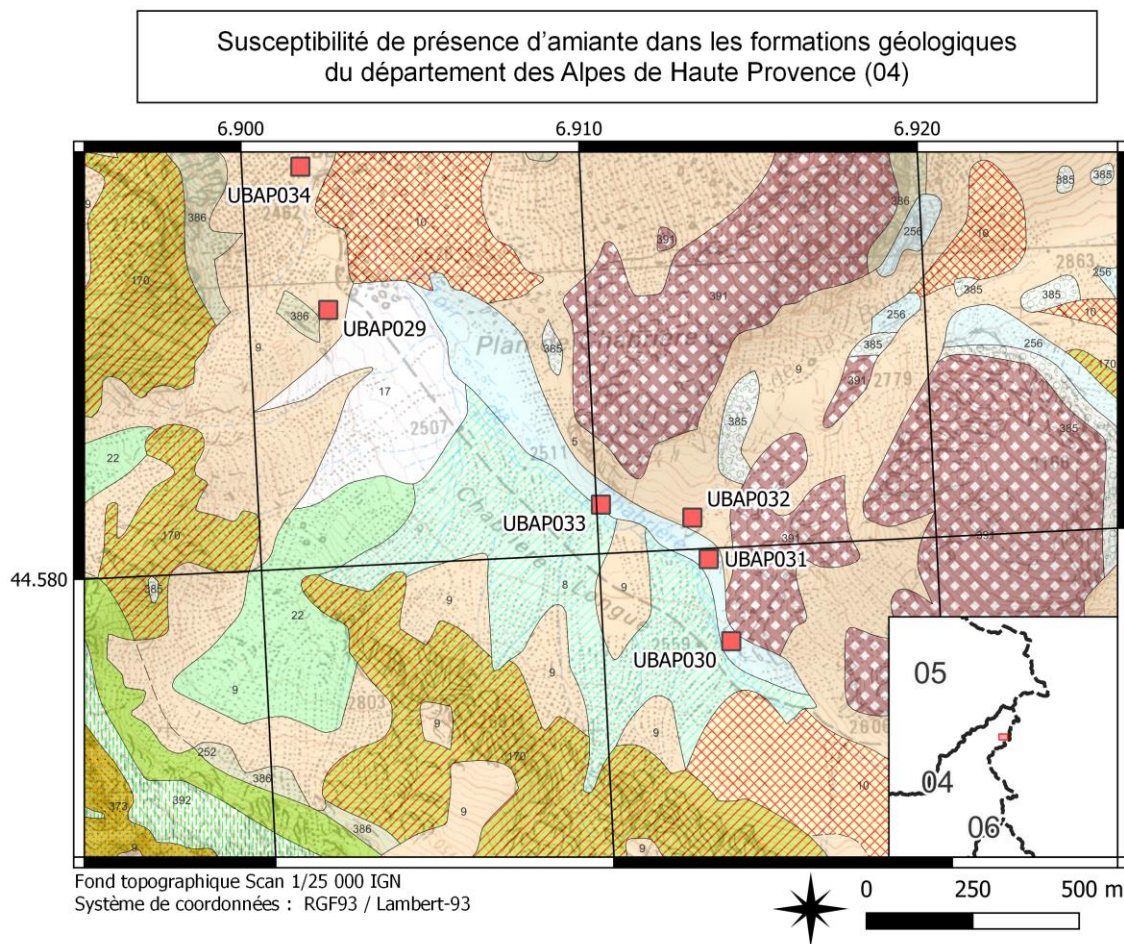
Légende

Faïlles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabèches - 10
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- l, Métagabbros, metabèches de gabbros - 393
- s, Serpentinites - 395
- β, Métabasites et metabèches basaltiques - 396



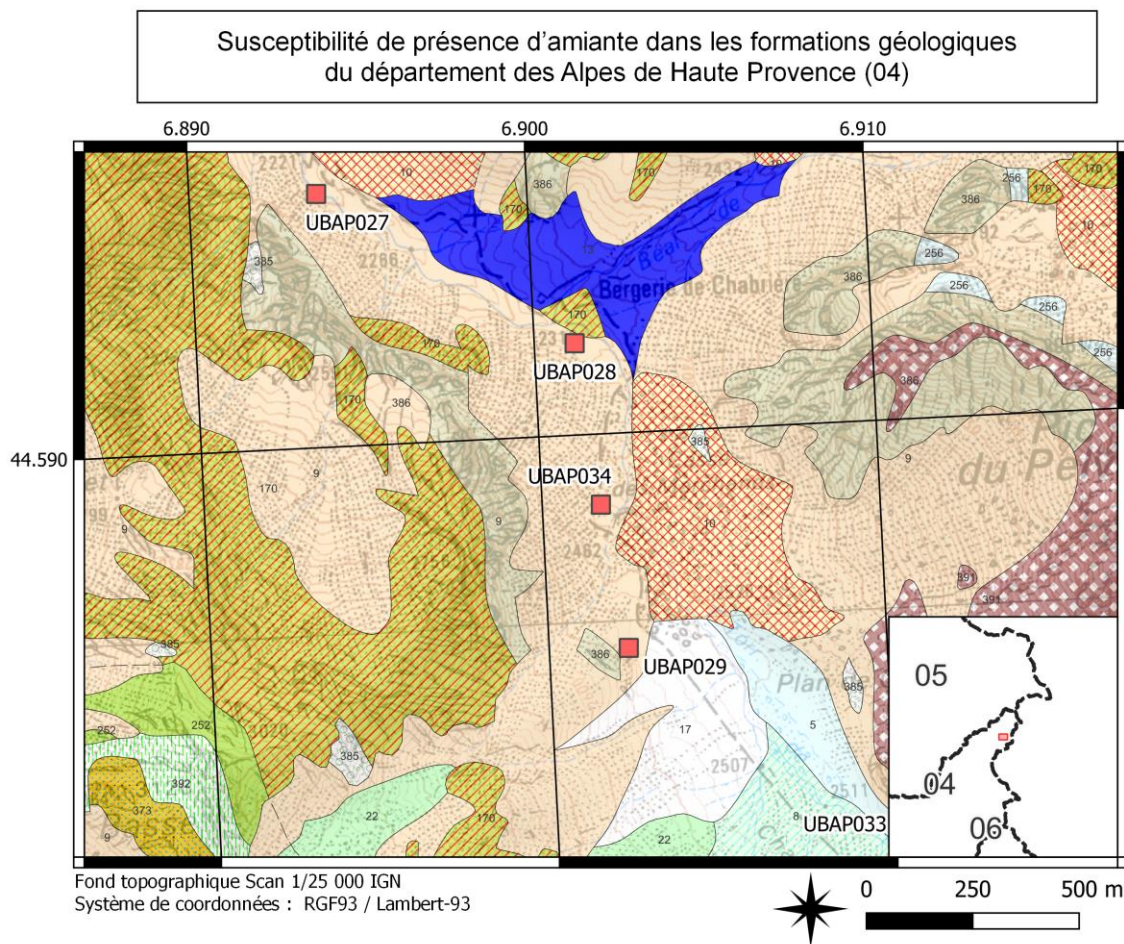
Légende

Faïlles

- 1. Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2. Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17
- Gx, Riss : moraines externes - 22
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- l, Metagabbros, metabréches de gabbros - 393
- s, Serpentinites - 395
- β, Metabasites et metabréches basaltiques - 396



Légende

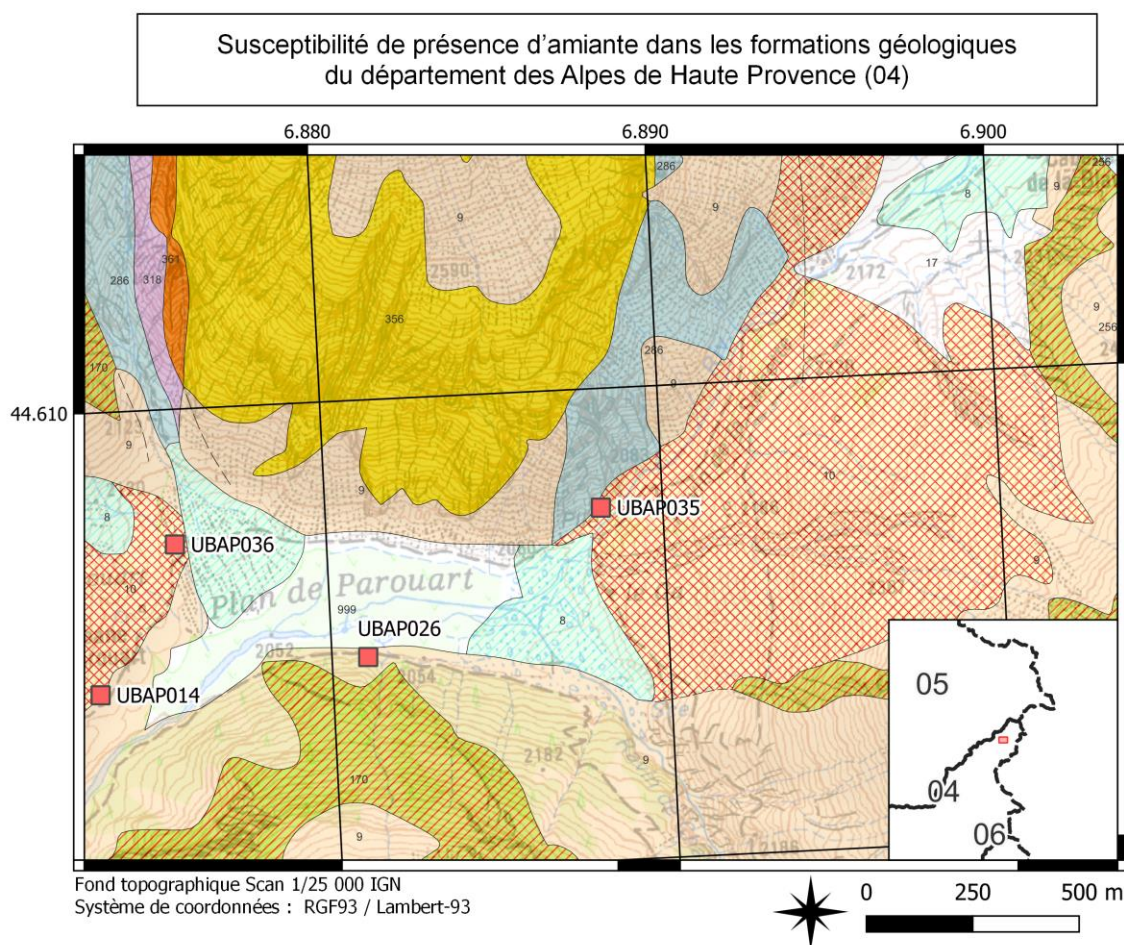
Failles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Fz, Quaternaire : alluvions récentes (cailloutis, graviers, sables et limons) - 5
- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Jy, Wurm : cônes de déjection - 17

- Gx, Riss : moraines externes - 22
- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7-c_Sbr, Malm-Crétacé supérieur : calcaires, schistes et brèches (série de l'Alpet) - 254
- j5-7-c_M, Malm-Crétacé supérieur : marbres versicolores - 256
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasaltites - 261
- t1-2_Q(1), Buntsandstein (?) : grès quartzitiques - 380
- l, Métagabbros, metabréches de gabbros - 393
- s, Serpentinites - 395
- β, Metabasaltites et metabréches basaltiques - 396



Légende

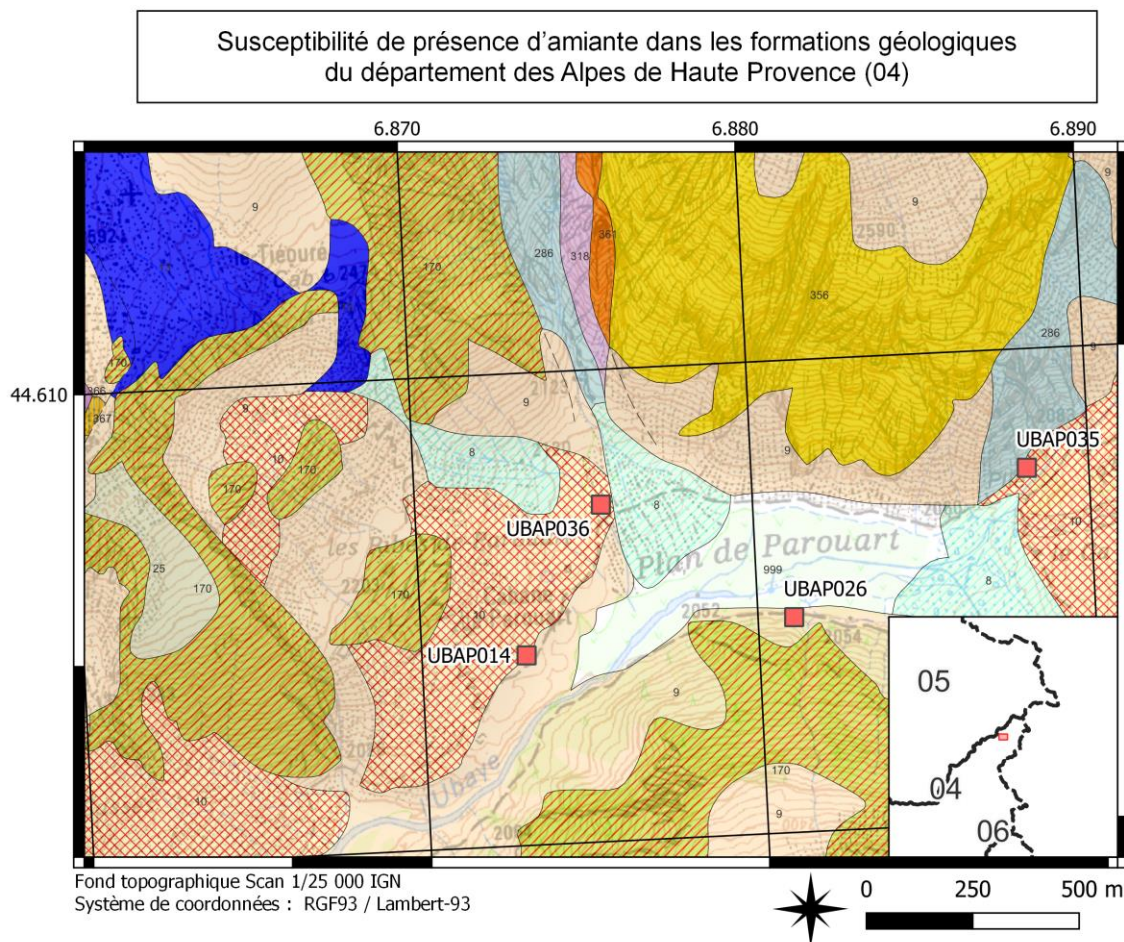
Faillies

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Jy, Wurm : cones de déjection - 17

- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j5-7_V, Jurassique supérieur : métasédiments et metabasites - 261
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- L_(2), Lias : calcaires noirs à silex, calcaires à entroques, etc - 324
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_GK, Trias : gypses et cargneules non séparés - 368



Légende

Faïlles

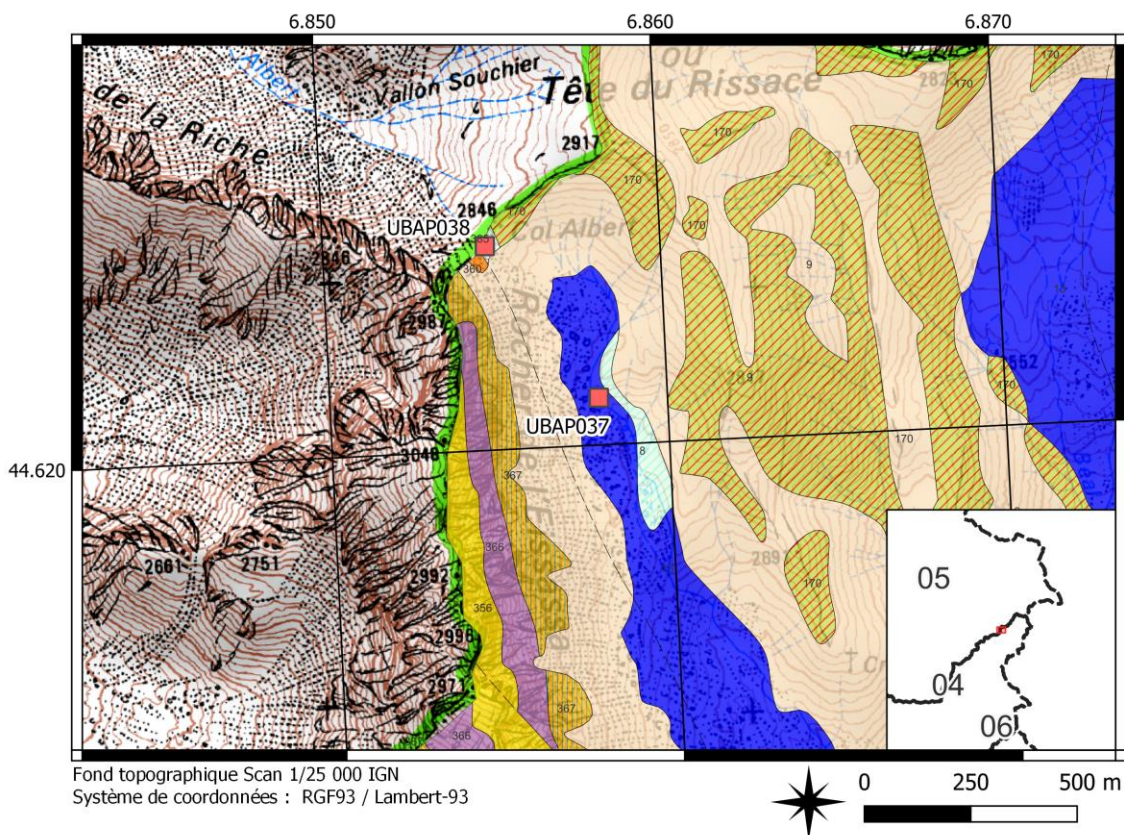
- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cone de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- ES_1, Glissements en masse, mégabréches - 10
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13
- Gw, Wurm ? : formations glaciaires et assimilables - 25

- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- j1-c-n, Dogger-Crétacé : schistes, calcschistes, jaspes, calcaires - 291
- L_(2), Lias : calcaires noirs à silex, calcaires à entroques, etc - 324
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_GK, Trias : gypses et cargneules non séparés - 368
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374

Susceptibilité de présence d'amiante dans les formations géologiques
du département des Alpes de Haute Provence (04)



Légende

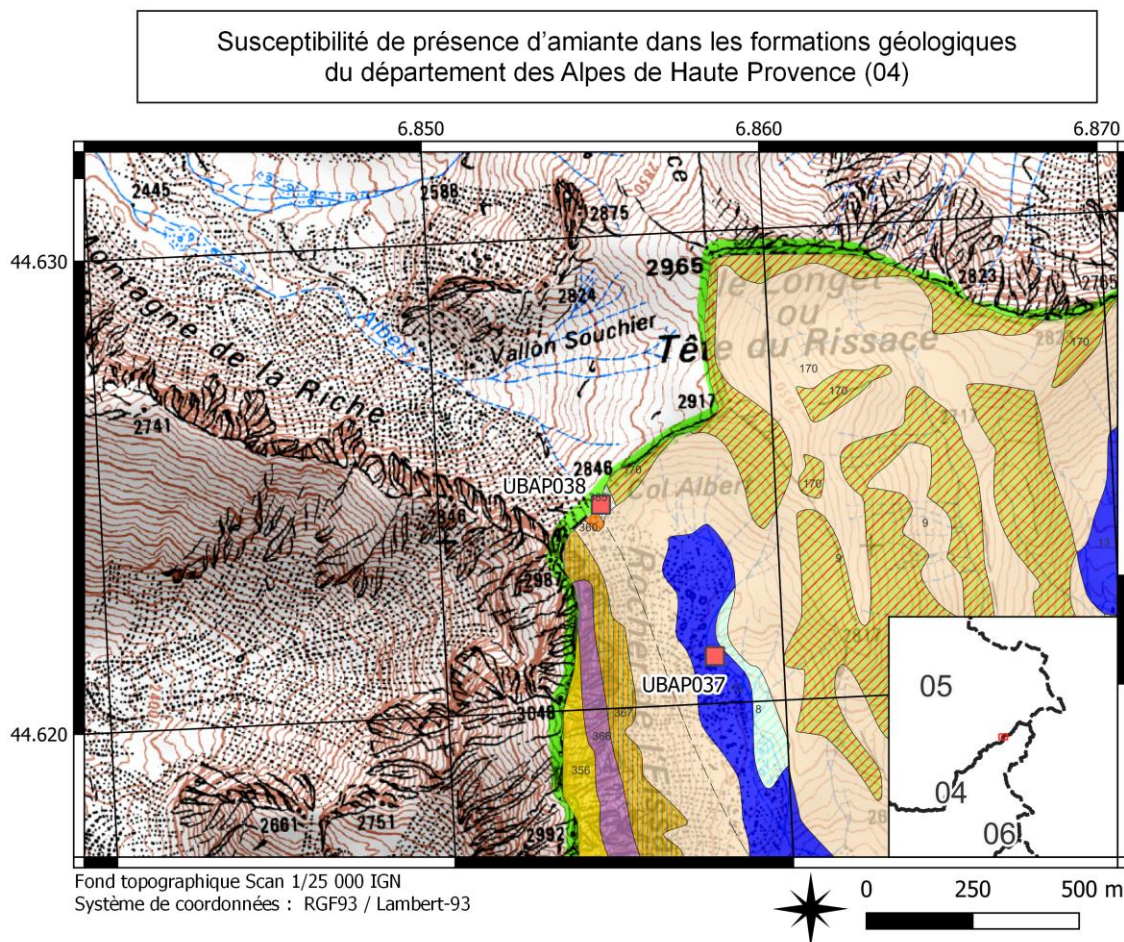
Faïlles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13

- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- α, Serpentinites - 395



Légende

Faïlles

- 1, Faille observée, visible, de nature non distinguée
- - 2, Faille supposée, masquée, hypothétique, de nature non distinguée

Géologie

- Jz, Quaternaire : cône de déjection récents - 8
- Ez, Eboulis récents (Quaternaire) - 9
- Gy, Wurm : Moraines internes - 13

- c_CS, Crétacé : calcschistes - 171
- t6-7, Keuper : dolomies et argilites versicolores - 362
- t_K, Trias : cargneules - 367
- t3-5_(1), Muschelkalk : calcaires détritiques et calcaires lumachelliques - 373
- t3-5_D, Muschelkalk : calcaires dolomitiques ocre, dolomies noires - 374
- α, Serpentinites - 395

Annexe 3.

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

Définition de l'analyse multicritère (AMC) :

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

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

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

Objectifs de l'analyse multicritère (AMC) :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Critère 1 : Lithologie de la roche

Les alternatives choisies sont présentées ci-dessous (Illustration 60).

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

*Illustration 60 : Valeurs attribuées aux alternatives « Lithologie »
(cf. explication dans le texte ci-après).*

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

Pour la Haute-Ubaye, les lithologies telles que les métagabbros et les metabasites ont été dotées d'une valeur 7. En effet, des amphiboles de la série actinolite-trémolite sont fréquemment décrites dans ces roches, dès lors qu'elles sont affectées par un métamorphisme rétrograde dans le faciès des schistes verts (métamorphisme régional ou hydrothermalisme).

Critère 2 : Minéralogie de la roche

Pour la minéralogie de la roche, quatre alternatives ont été choisies. Les valeurs attribuées à ces alternatives sont respectivement de 0 (minéralogie incompatible avec la présence d'amiante), 3 (minéralogie faiblement compatible avec la présence d'amiante), 7 (minéralogie moyennement compatible avec la présence d'amiante) et 10 (minéralogie fortement compatible avec la présence d'amiante) (Illustration 61).

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

Illustration 61 : Valeurs attribuées aux alternatives « Minéralogie ».

Critère 3 : Types de déformation

Les connaissances préalablement acquises dans le cadre de plusieurs études intéressantes notamment la chaîne des Alpes (Haute-Corse, Isère, Hautes-Alpes, Savoie) et la Nouvelle-Calédonie ont montré que les roches affectées par une déformation ductile constituaient souvent des sites favorables à la cristallisation de fibres asbestiformes (notamment localisées dans les plans de foliation, les veines syn-cinématiques et les zones de cisaillement). Les roches affectées par des déformations à la transition fragile-ductile peuvent également contenir des structures favorables à la cristallisation de fibres asbestiformes, sous la forme notamment de veines tardives (Lahondère *et al.*, 2012b, 2011a). Les roches uniquement affectées par des déformations fragiles peuvent également être recoupées par des veines amiantifères, mais de façon plus occasionnelle.

Pour les formations géologiques de la vallée de la Haute-Ubaye, quatre alternatives ont été choisies (Illustration 62). Les valeurs attribuées à chacune de ces alternatives correspondent à 0 (absence de déformation), 3 (déformation fragile), 7 (déformation fragile/ductile) et 10 (déformation ductile).

descriptions (déformation)	alternatives
Absence de déformation	0
Déformation fragile	3
Déformation fragile-ductile	7
Déformation ductile	10

Illustration 62 : Valeurs des alternatives « Déformation ».

Critère 4 : Intensité de la déformation

Quatre alternatives ont également été choisies pour ce critère (Illustration 63). Les valeurs attribuées à chacune de ces alternatives sont : 0 (intensité nulle), 3 (intensité faible), 7 (intensité moyenne) et 10 (intensité forte). Ces valeurs intègrent la corrélation positive qui existe entre l'intensité des déformations subies et l'importance des cristallisations asbestiformes.

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

Illustration 63 : Valeurs des alternatives « Intensité de la déformation ».

Calcul de la note finale et classification des résultats

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

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

Dans cette équation, a_{ij} correspond à la valeur de l'alternative i pour le critère j et w_j correspond au poids de ce même critère.

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

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

Les bornes des intervalles correspondant aux quatre catégories du niveau de susceptibilité prévisionnel ont été obtenues par le calcul de l'AMC et sont indiquées ci-dessous (Illustration 64).

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

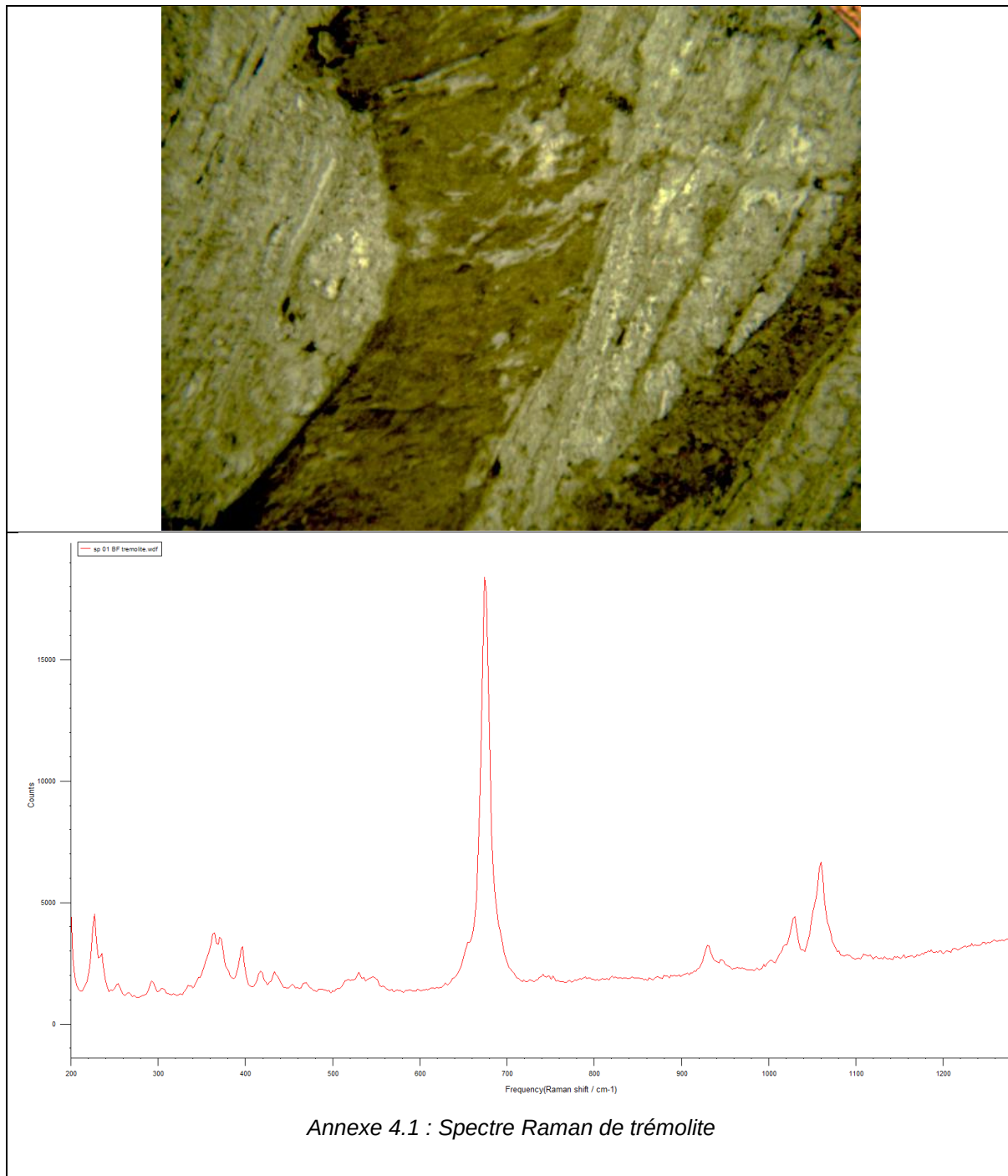
Illustration 64 : Intervalles retenus pour les niveaux de susceptibilité prévisionnels.

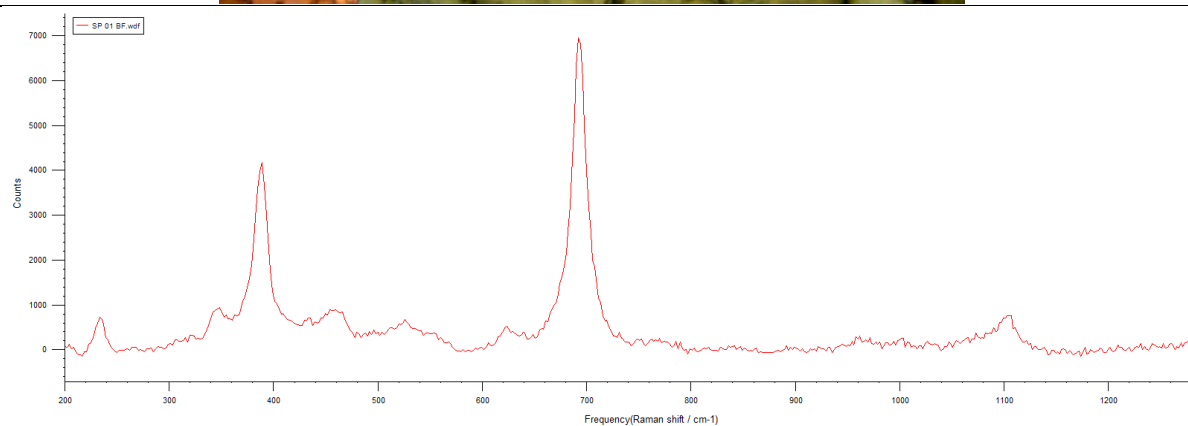
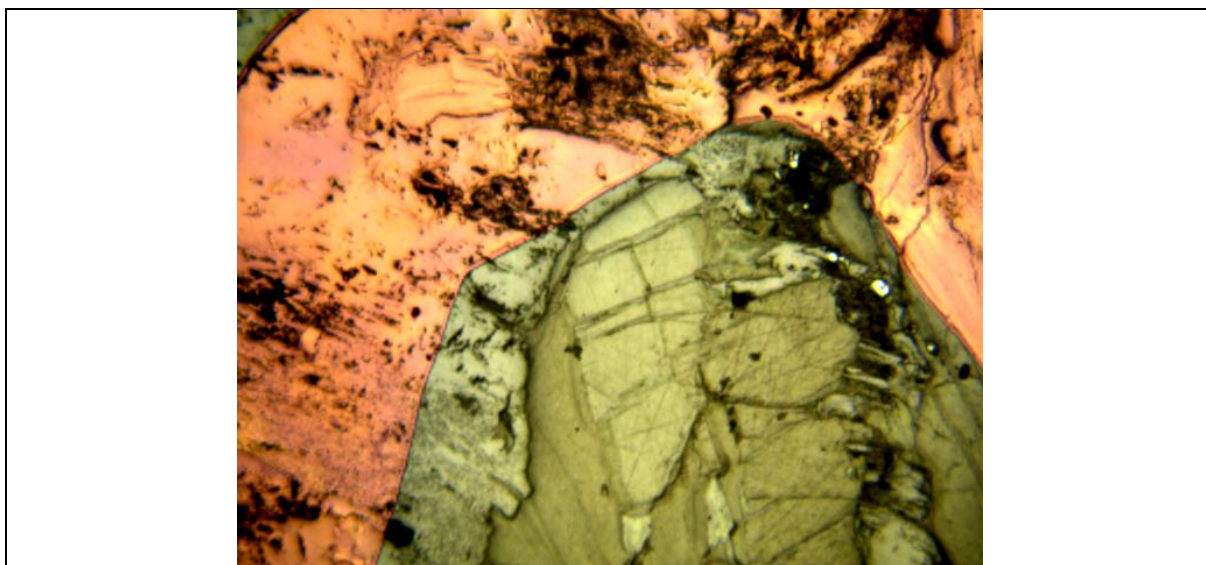
Annexe 4

Analyses par spectroscopie Raman

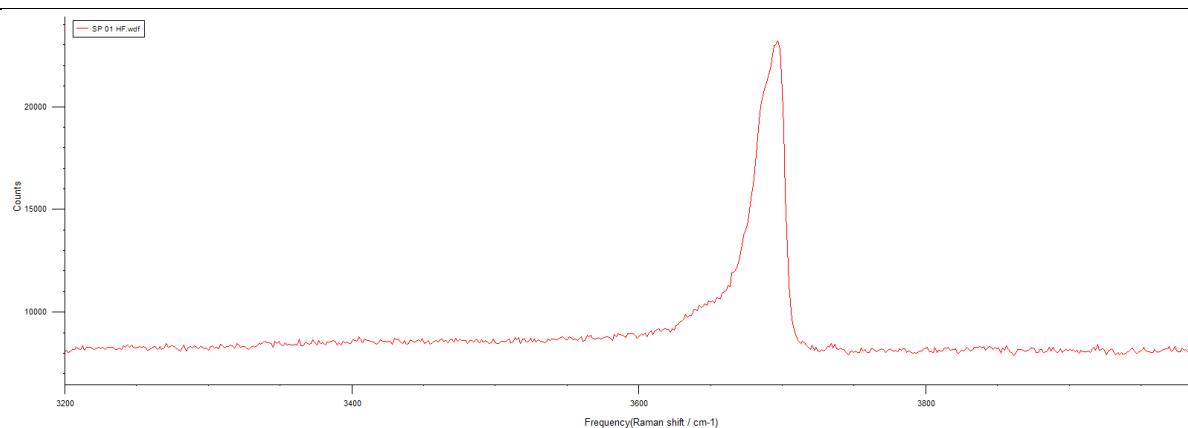
Pour toutes les analyses, le point analysé, est au centre de l'image.

UBAP011



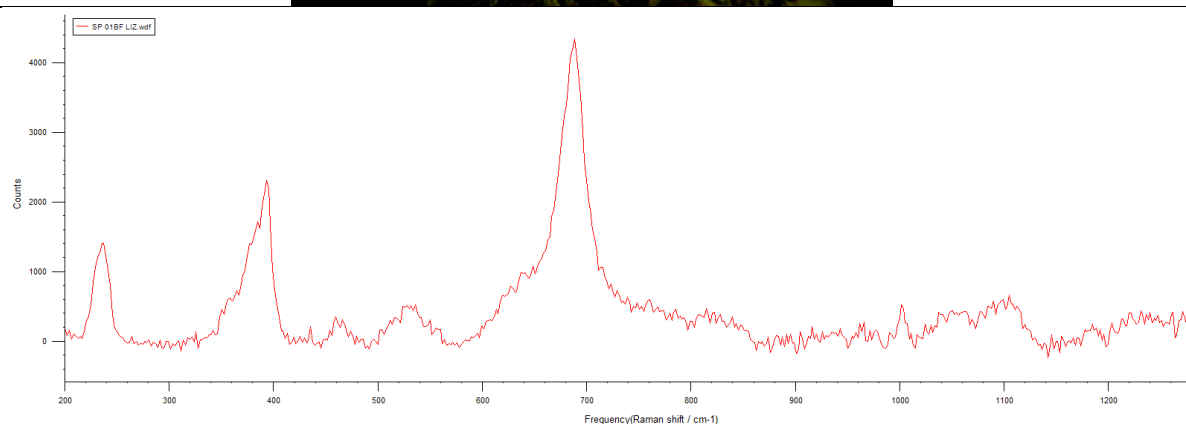
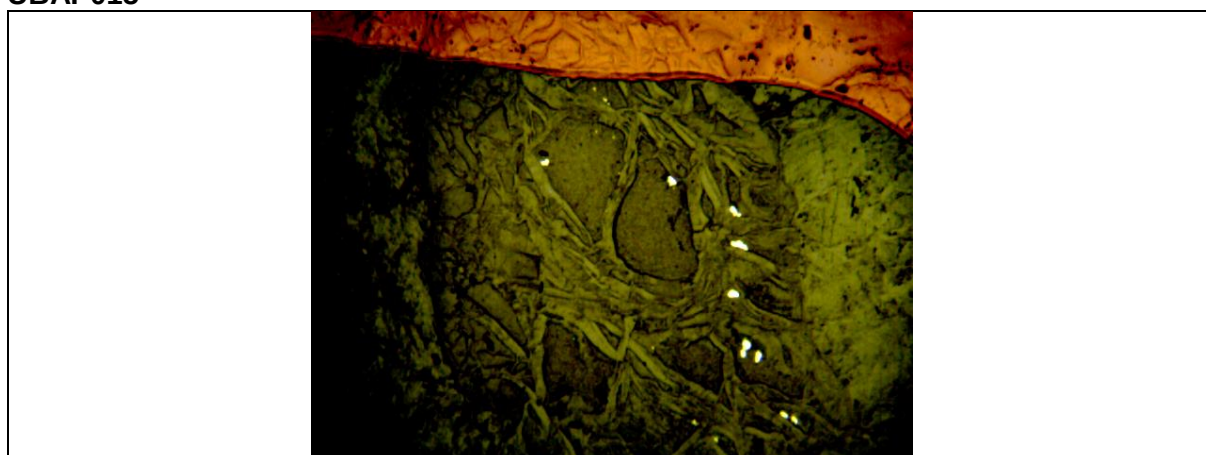


Annexe 4.2 : Spectre Raman basse fréquence de chrysotile

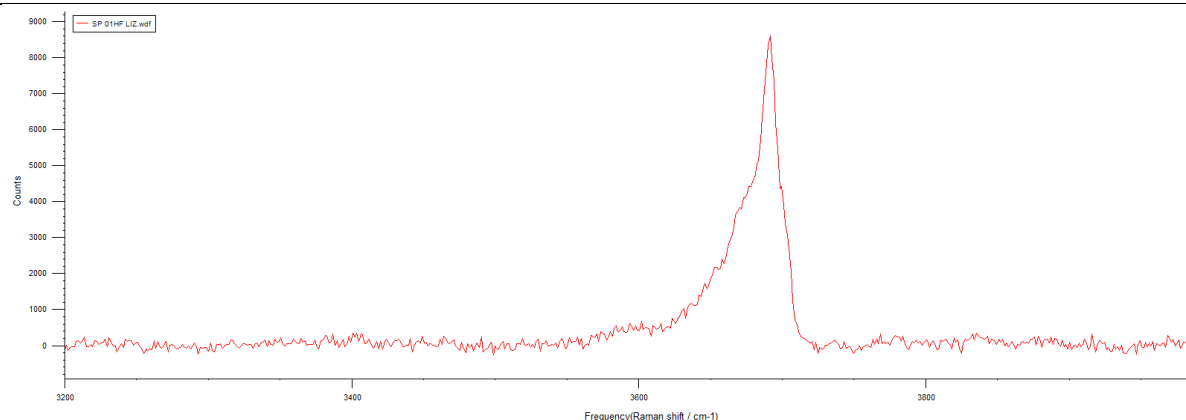


Annexe 4.3 : Spectre Raman haute fréquence de chrysotile

UBAP015

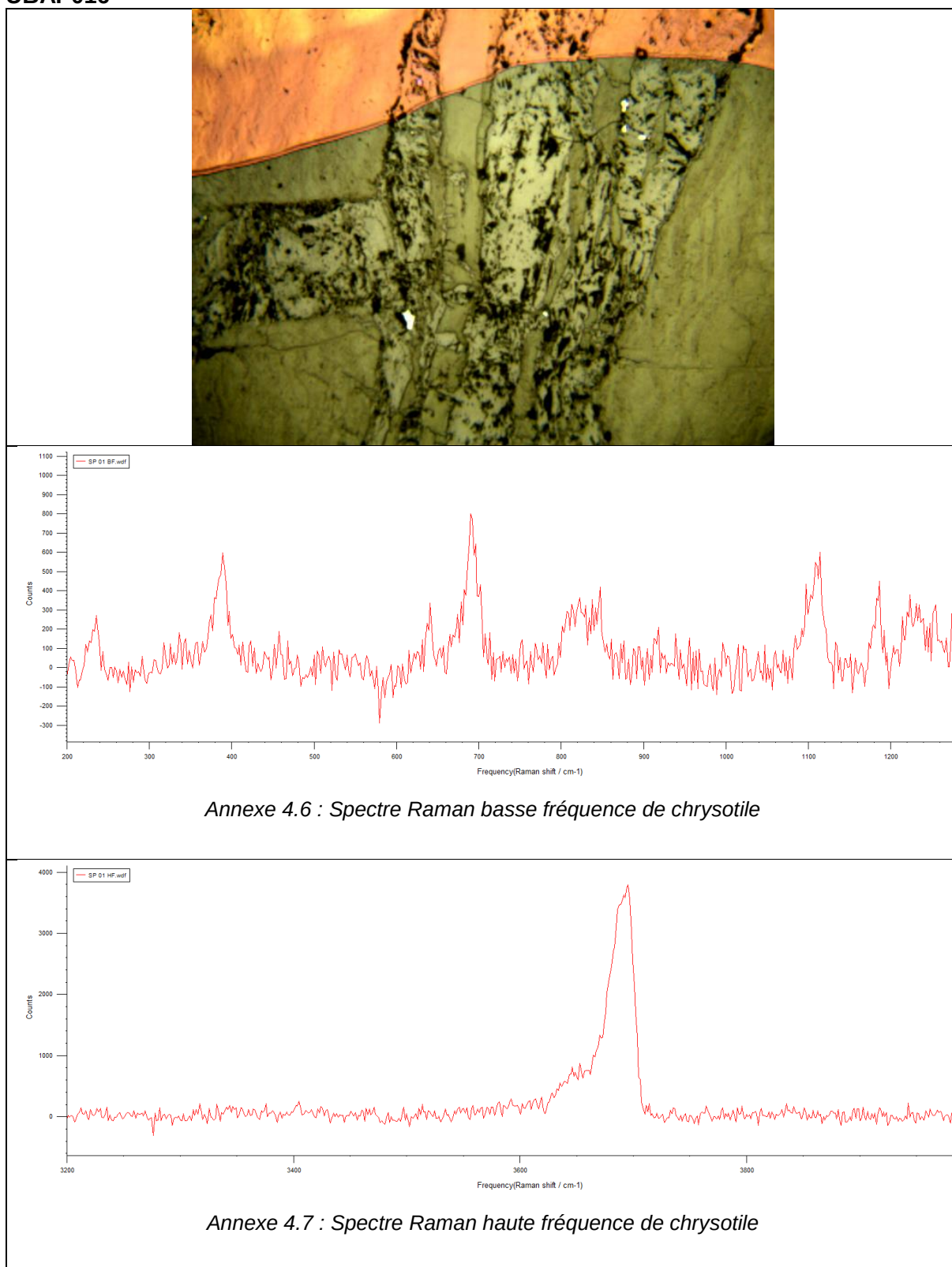


Annexe 4.4 : Spectre Raman basse fréquence de chrysotile

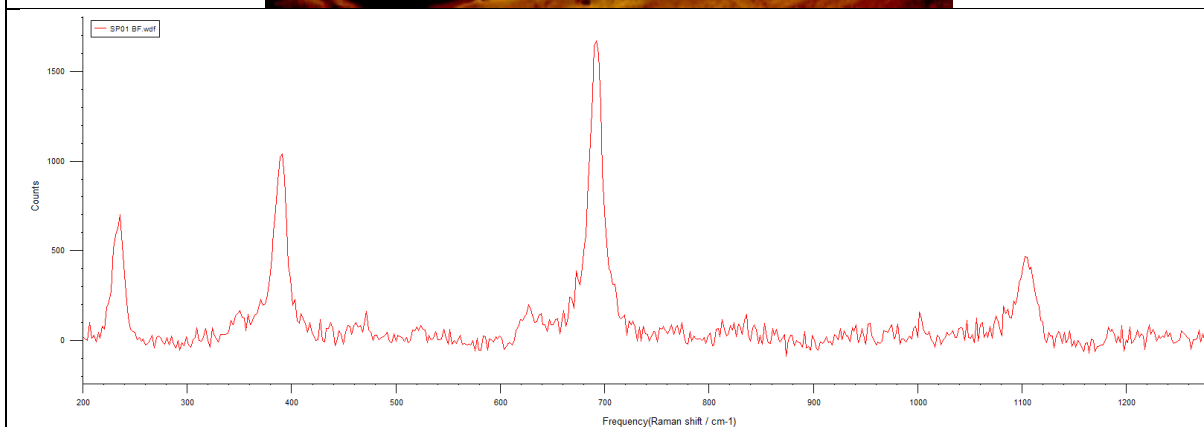
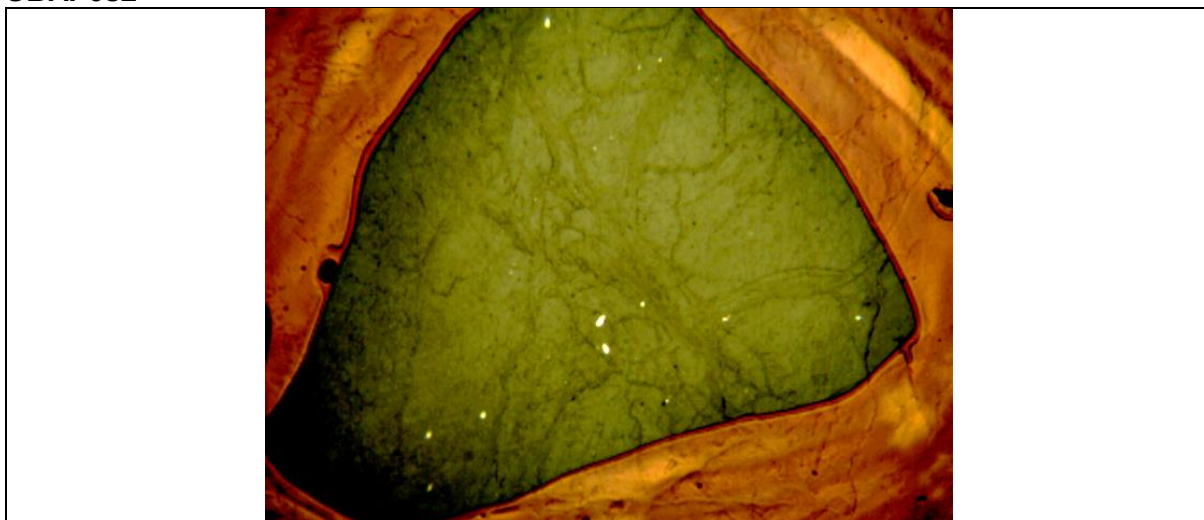


Annexe 4.5 : Spectre Raman haute fréquence de chrysotile

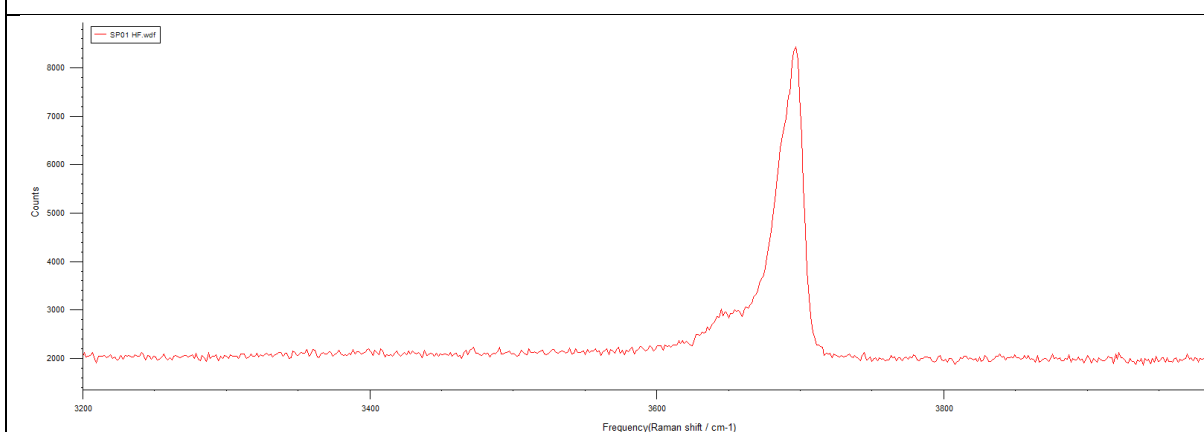
UBAP016



UBAP032

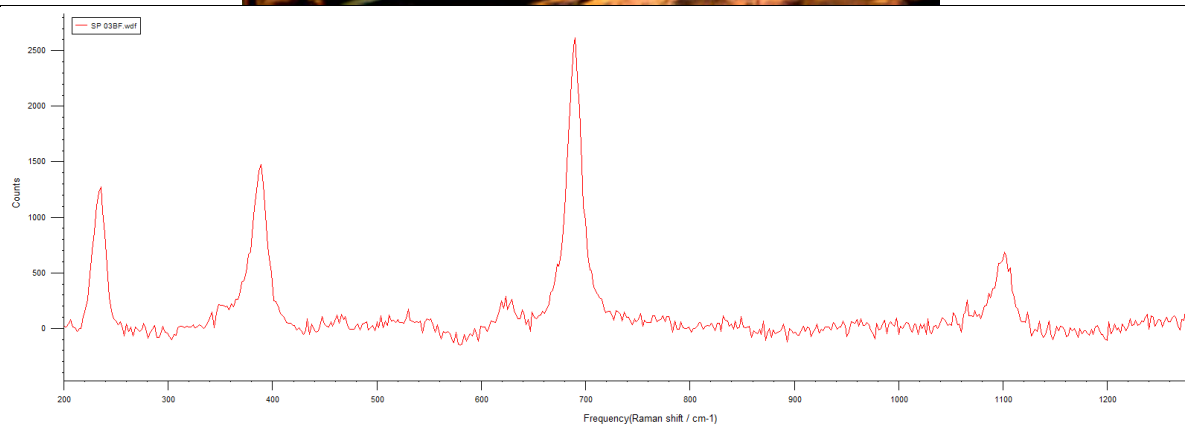
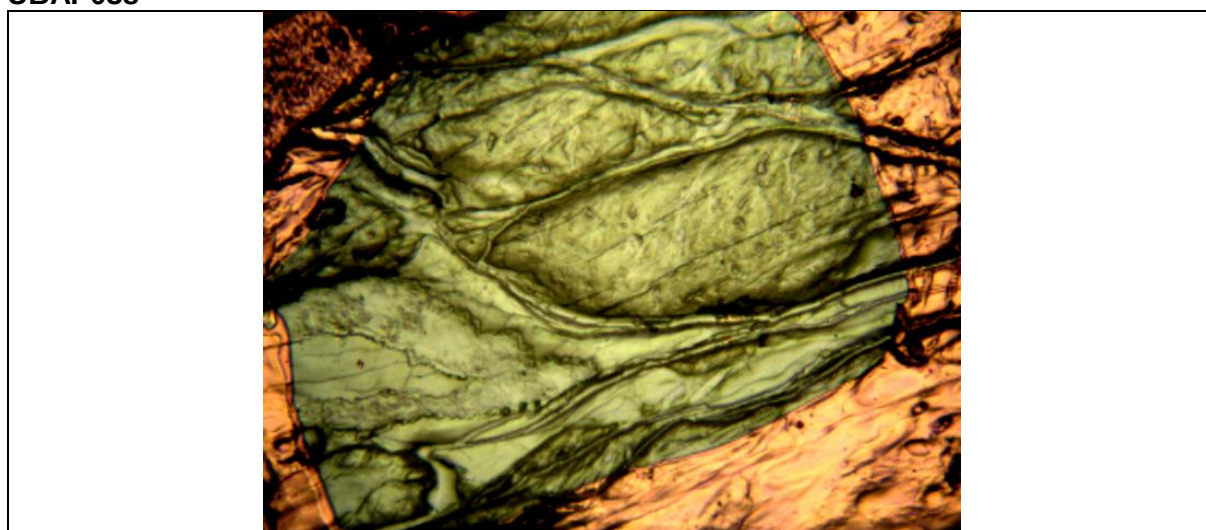


Annexe 4.8 : Spectre Raman basse fréquence de chrysotile

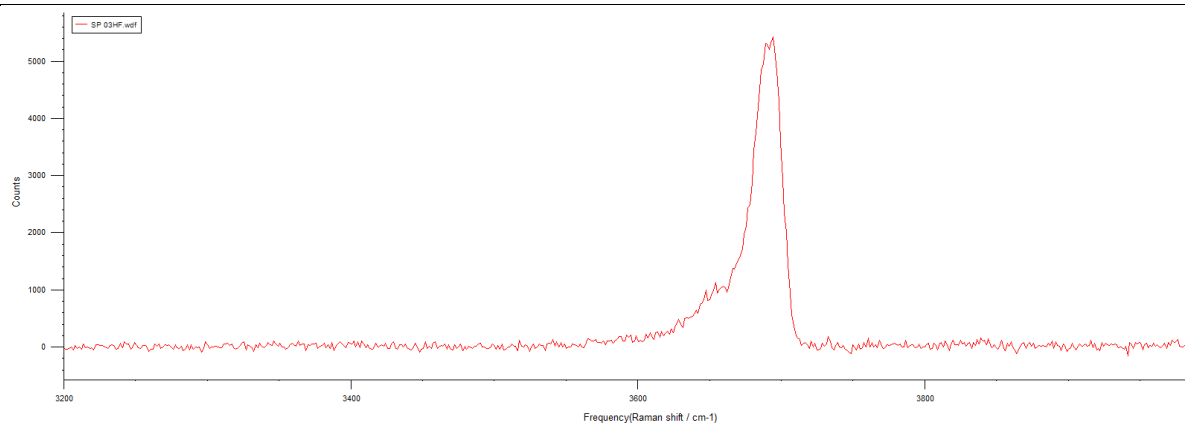


Annexe 4.9 : Spectre Raman haute fréquence de chrysotile

UBAP038



Annexe 4.10 : Spectre Raman basse fréquence de chrysotile



Annexe 4.11 : Spectre Raman haute fréquence de chrysotile

Annexe 5.

Analyses microsonde électronique

[illegible]

Num. Analyse	Gln	Gln	Mb	Mb	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln	Gln
UBAP018_18	UBAP018_19	UBAP018_20	UBAP018_21	UBAP018_22	UBAP018_23	UBAP018_9	UBAP019A_24	UBAP019A_25	UBAP019A_26	UBAP019A_28	UBAP019A_29	UBAP019A_30	UBAP019A_31	UBAP019A_35	UBAP019A_41			
Analyses (wt%)																		
SiO2	58.79	58.52	56.18	55.92	57.52	58.34	59.86	59.88	59.86	59.64	58.76	59.51	59.69	59.47	59.62	59.39		
SiO2	0.25	0.36	0.40	0.61	0.25	0.00	0.08	0.13	0.04	0.00	0.12	0.00	0.05	0.16	0.09	0.18		
Al2O3	8.76	9.09	1.04	1.46	7.46	8.52	10.43	11.51	11.71	12.67	10.94	12.04	12.09	11.51	10.22	10.90		
Cr2O3	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00		
MnO	0.13	0.06	0.45	0.33	0.07	0.07	0.08	0.08	0.12	0.09	0.07	0.03	0.04	0.04	0.27	0.07		
Fe2O3	4.75	4.45	12.45	14.54	6.05	3.13	0.00	0.00	0.44	0.08	0.45	0.00	0.66	0.00	0.00	1.46		
FeO	10.06	8.39	13.16	8.29	9.46	10.91	12.19	7.58	6.95	8.89	9.28	7.20	6.38	7.85	7.07	6.42		
MgO	8.82	10.57	8.47	9.98	9.99	9.81	7.46	11.52	11.49	10.18	10.65	11.65	12.25	11.65	12.57	11.91		
CaO	0.29	0.07	0.63	0.53	0.21	0.05	0.20	0.84	0.61	0.27	0.76	0.32	0.60	0.57	1.53	1.00		
Na2O	6.90	7.22	6.26	6.66	6.98	7.04	7.83	6.92	7.31	7.55	6.64	7.20	7.31	7.04	6.54	7.12		
K2O	0.02	0.00	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.04	0.03		
H2O+	2.11	2.09	1.97	1.95	2.09	2.16	2.16	2.19	2.21	2.21	2.17	2.23	2.21	2.18	2.20	2.18		
Total	100.88	100.85	101.05	100.33	100.11	100.04	100.37	100.64	100.73	101.61	100.26	100.19	101.27	100.48	100.29	100.64		
Formula Assignments																		
T (ideally 8 apfu)	8.06	8.00	8.11	8.02	8.01	8.09	8.22	8.04	8.02	7.97	8.00	8.00	7.94	8.01	8.05	7.99		
Al	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0.06	0	0	0.01		
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fe3+	8.06	8.00	8.11	8.02	8.01	8.09	8.22	8.04	8.02	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	8.05	8.00		
T subtotal	8.06	8.00	8.11	8.02	8.01	8.09	8.22	8.04	8.02	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	8.05	8.00		
C (ideally 5 apfu)																		
Ti	0.03	0.04	0.04	0.07	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	1.97	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02		
Al	1.42	1.46	0.18	0.25	1.23	1.39	1.69	1.82	1.85	1.76	1.76	1.91	1.84	1.83	1.63	1.72		
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02	0.00		
Fe3+	0.49	0.46	1.35	1.57	0.63	0.33	0.01	0.01	0.01	0.00	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02	0.15		
Mn2+	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01		
Fe2+	1.16	0.89	1.59	0.96	1.04	1.26	1.40	0.85	0.78	0.99	0.98	0.76	0.66	0.82	0.80	0.72		
Mg	1.81	2.15	1.82	2.13	2.08	2.03	1.53	2.31	2.29	2.03	2.20	2.34	2.43	2.34	2.53	2.39		
C subtotal	4.92	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.64	5.00	4.98	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00		
B (ideally 2 apfu)																		
Mn2+	0	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0		
Fe2+	0	0.07	0	0.01	0.06	0.01	0	0	0	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0	0		
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ca	0.04	0.01	0.10	0.08	0.03	0.01	0.03	0.12	0.09	0.04	0.11	0.05	0.09	0.08	0.22	0.14		
Na	1.84	1.91	1.75	1.85	1.89	1.89	1.97	1.80	1.90	1.95	1.81	1.88	1.87	1.84	1.71	1.86		
B subtotal	1.88	2.00	1.89	1.96	1.99	1.92	2.00	1.92	1.99	2.00	2.00	1.98	2.00	1.99	1.94	2.00		
A (from 0 to 1 a)																		
Ca																		
Na							0.12								0.02			
K	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00		
A subtotal	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01		
O (non-V)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00		
W (ideally 2 apfu)																		
OH	1.95	1.92	1.91	1.87	1.95	2.00	1.98	1.97	1.99	2.00	1.98	2.00	1.99	1.97	1.96	1.96		
O	0.05	0.08	0.13	0.13	0.05	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.04		
W subtotal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
Sum T.C.B.A	14.88	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	14.96	14.95	14.99	15.01	15.00	14.98	15.02	15.00	14.99	15.00		

Num. Analyse	Gln	UBAP019B_43	UBAP019B_4	UBAP019B_4	UBAP019B_5	UBAP019B_5	UBAP019B_5	UBAP019B_5	UBAP026A_8	UBAP026A_8	UBAP026A_8	UBAP026A_8	UBAP026B_1	UBAP026B_8	UBAP026B_8	UBAP026B_89
Analyses (wt%)		TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct	TrAct
SiO2	58.41	56.46	56.24	56.86	57.07	59.68	60.11	59.02	48.79	50.91	58.40	58.89	55.49	56.15	56.80	56.19
TiO2	0.03	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.24	0.23	0.08	0.06
Al2O3	9.23	0.24	1.39	0.86	1.13	6.54	6.39	3.90	5.51	3.16	2.93	3.65	0.91	0.76	0.33	0.67
Cr2O3	0.07	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00
MnO	0.00	0.16	0.07	0.43	0.48	0.26	0.33	0.42	0.31	0.27	0.22	0.24	0.30	0.27	0.28	0.22
Fe2O3	1.11	0.12	0.46	0.07	0.80	0.00	0.00	0.00	4.26	5.98	0.00	0.00	0.35	0.33	0.53	0.00
FeO	9.64	6.34	8.08	8.17	6.56	5.77	5.66	6.23	8.77	5.80	9.15	10.42	10.21	9.89	9.46	10.16
MgO	11.20	20.14	18.43	18.29	19.05	13.08	13.66	16.44	15.00	18.15	15.73	15.92	17.06	17.43	17.69	17.36
CaO	2.01	13.11	12.04	11.89	11.44	9.06	8.66	10.08	11.40	10.85	10.62	9.69	12.49	12.52	11.99	12.68
Na2O	6.24	0.26	0.87	0.90	1.15	3.47	4.16	3.06	1.32	0.28	1.99	1.01	0.50	0.47	0.59	0.39
K2O	0.00	0.00	0.06	0.08	0.10	0.08	0.07	0.10	0.06	0.01	0.03	0.02	0.04	0.05	0.02	0.04
H2O+	2.17	2.15	2.13	2.13	2.14	2.19	2.19	2.17	1.83	2.11	2.15	2.15	2.05	2.06	2.11	2.10
Total	100.11	98.98	99.83	99.71	99.94	100.13	101.23	101.42	99.38	97.55	101.23	102.03	99.67	100.17	100.15	99.95
Espèce	glaucophane	actinolite	actinolite	actinolite	actinolite	winchite	winchite	winchite	magnésio-ferri-hornblende	magnésio-ferri-hornblende	actinolite	magnésio-hornblende	actinolite	actinolite	winchite	actinolite
Formula Assignments																
T (ideally 8 apfu)																
Si	8.02	7.96	7.91	8.00	7.97	8.14	8.12	8.04	7.23	7.40	8.06	8.05	7.91	7.94	8.00	7.97
Al	0	0.04	0.09	0	0.03	0	0	0	0.77	0.54	0	0	0.09	0.06	0	0.03
Ti	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.06	0.05	0	0	0	0
Fe3+	8.02	8.00	8.00	8.00	8.00	8.14	8.12	8.04	8.00	8.00	8.06	8.05	8.00	8.00	8.00	8.00
T subtotal																
C (ideally 5 apfu)																
Ti	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	1.05	1.02	0.63	0.12	0.03	0.48	0.59	0.07	0.02	0.01	0.01
Al	1.50	0.14	0.14	0.14	0.15	0	0	0.63	0.17	0.24	0	0.03	0	0.07	0.10	0.07
Cr	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe3+	0.11	0.01	0.05	0.01	0.08	0.03	0.04	0.05	0.47	0.60	0.03	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05
Mn2+	0.02	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	1.00	0.47	1.06	1.16	1.22	1.17	1.11	1.22
Fe2+	1.09	0.75	0.94	0.96	0.77	0.86	0.64	0.71	3.25	3.93	3.24	3.24	3.63	3.68	3.71	3.67
Mg	2.29	4.23	3.86	3.84	3.96	2.66	2.75	3.34	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
C subtotal																
B (ideally 2 apfu)																
Mn2+	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02	0	0	0	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02
Fe2+	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.07	0.24	0	0.03	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	0.30	1.96	1.81	1.79	1.71	1.33	1.25	1.47	1.77	1.89	1.57	1.42	1.91	1.90	1.81	1.94
Na	1.66	0.02	0.17	0.21	0.27	0.68	0.75	0.53	0.12	0.04	0.43	0.27	0.08	0.09	0.16	0.04
B subtotal																
A (from 0 to 1 apfu)																
Ca	1.98	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.74	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.05	0.07	0.04	0.04	0.05	0.24	0.34	0.28	0.25	0.04	0.10	0.06	0.06	0.04	0.02	0.03
K	0.00	0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
A subtotal																
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
W (ideally 2 apfu)																
OH	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.76	2.00	2.00	2.00	1.95	1.95	1.98	1.99
O	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.24	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.02	0.01
W subtotal																
Sum T.C.B.A	15.00	15.05	15.08	15.06	15.06	14.80	14.92	15.06	15.26	15.04	14.97	14.79	15.07	15.05	15.00	15.01

Núm.	Análise	Gin	Fead	Tract	Gin	Fead	Fead	Fead	Fead	Tract	hnl	hnl	hnl	hnl	Gin	Gin	Gin	Tract	Tract
Anal. Analyse	(wt%)	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_9	UBAP0268_7	UBAP0268_57	UBAP0268_58	UBAP0268_59	UBAP0268_60	UBAP0268_62	UBAP0268_63	UBAP0268_64	UBAP0268_68	
SiO2	57.75	49.92	56.59	58.09	51.12	51.84	46.88	55.94	56.67	54.47	46.03	44.86	48.96	47.27	59.09	59.37	56.32	56.18	
TiO2	0.14	0.23	0.01	0.07	0.12	0.12	0.36	0.00	0.15	0.02	2.18	2.32	0.12	0.08	0.09	0.13	0.01	0.02	
Al2O3	9.28	1.12	0.90	9.24	1.46	1.56	5.67	0.45	3.46	2.39	8.54	8.98	7.05	8.74	10.62	11.06	0.40	1.04	
Cr2O3	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	
MnO	0.19	0.86	1.00	0.13	0.62	0.55	0.03	0.25	0.13	0.19	0.22	0.12	0.12	0.22	0.15	0.09	0.14	0.07	
Fe2O3	1.64	1.84	1.33	1.67	1.62	2.84	5.42	0.42	0.00	3.39	8.81	9.16	8.39	4.03	1.46	1.05	0.40	0.18	
FeO	10.74	27.27	10.09	10.62	25.52	19.48	17.40	10.33	13.18	14.21	3.11	2.99	3.44	7.54	7.85	8.63	8.07	11.23	
MgO	9.64	5.07	16.72	9.79	6.74	9.97	8.89	17.37	13.34	13.99	16.13	16.04	17.65	16.91	11.37	11.08	8.63	11.23	
CaO	1.79	11.25	11.60	11.62	11.51	11.37	11.37	12.56	9.18	10.97	10.61	10.44	10.39	10.29	1.21	0.73	13.42	16.88	
Na2O	6.44	0.27	0.91	6.48	0.42	0.37	1.00	0.46	2.07	2.29	2.98	3.13	3.02	2.95	6.90	0.11	0.17	13.00	
K2O	0.00	0.07	0.06	0.04	0.07	0.04	0.04	0.01	0.04	0.06	0.30	0.30	0.06	0.06	0.01	0.01	0.00	0.01	
H2O+	2.13	1.88	2.11	2.15	1.92	1.97	1.91	2.11	2.08	2.07	1.59	1.55	2.08	2.07	2.16	2.17	2.14	2.10	
Total	100.79	99.88	100.36	100.17	100.99	100.66	99.61	99.79	100.30	100.79	100.48	99.90	100.67	100.14	100.86	100.76	101.54	101.22	
Espèce	glauco-phane	ferro-actinolite	actinolite	ferro-actinolite	ferro-actinolite	ferro-ferric hornblende	actinolite	winchite	actinolite	magnésio-hastingsite	magnésio-hastingsite	ferric hornblende	magnésio-hastingsite	glauco-phane	glauco-phane	actinolite	actinolite		
Formula Assignments																			
T (ideally 8 apfu)																			
Si	7.97	7.78	7.99	8.03	7.77	7.72	7.11	7.95	8.02	7.81	6.62	6.51	6.92	6.79	7.96	8.02	8.03	7.90	
Al	0.03	0.21	0.01	0	0.23	0.27	0.90	0.05	0	0.19	1.38	1.49	1.08	1.21	0.02	8.02	8.03	0.10	
Ti	0	0.02	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe3+																			
T subtotal	8.00	8.00	8.00	8.03	8.00	8.00	8.00	8.00	8.02	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.02	8.03	8.00	
C (ideally 5 apfu)																			
Cr	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.24	0.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
Al	1.48	0.14	0.14	1.51	0.03	0.03	0.12	0.02	0.58	0.21	0.06	0.04	0.10	0.27	1.67	1.76	0.07	0.08	
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Fe3+	0.28	0.23	0.11	0.17	0.19	0.32	0.62	0.05	0.15	0.15	0.95	1.00	0.89	0.44	0.15	0.04	0.04	0.04	
Mn2+	0.03	0.04	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.29	0.24	0.24	0.28	0.67	0.86	0.95	0.93	0.01	
Fe2+	1.24	3.55	1.19	1.25	1.23	2.21	2.21	3.69	2.82	1.64	3.46	3.47	3.72	3.62	2.29	2.23	3.90	3.54	
Mg	1.98	1.18	3.52	2.02	1.53	2.21	2.01	3.89	2.82	2.99	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
C subtotal	5.00	5.00	5.00	4.97	5.00	5.00	5.00	5.00	4.96	5.00	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	
B (ideally 2 apfu)																			
Mn2+	0.01	0.08	0	0.08	0.00	0.03	0.06	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.00	
Fe2+	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0.06	0.06	0.08	0.12	0.13	0.13	0.23	0.01	0.02	0	
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ca	0.27	1.88	1.75	0.26	1.85	1.90	1.87	1.92	1.39	1.68	1.63	1.62	1.57	1.58	0.16	0.11	1.98	1.96	
Na	1.72	0.04	0.25	1.74	0.06	0.07	0.07	0.07	0.57	0.23	0.28	0.24	0.28	0.16	1.81	1.64	0.02	0.04	
Na subtotal	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	1.96	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	
A (from 0 to 1 at)																			
Ca	0.04	0.00	0.00	0.06	0.04	0.04	0.22	0.06	0.05	0.05	0.57	0.64	0.35	0.66	0.00	0.01	0.01	0.01	
Na	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.06	0.01	0.01	0.05	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	
K	0.05	0.01	0.01	0.07	0.04	0.04	0.23	0.06	0.01	0.06	0.62	0.70	0.36	0.68	0.00	0.01	0.01	0.01	
A subtotal	0.00	0.05	0.01	0.00	0.07	0.04	0.23	0.06	0.01	0.06	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	
O (from H2O)																			
O (from H2O)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	
W (ideally 2 apfu)	1.97	1.95	2.00	1.99	1.97	1.97	1.92	2.00	1.97	2.00	1.53	1.49	1.98	1.98	1.98	1.97	2.00	2.00	
OH	0.03	0.05	0.00	0.02	0.03	0.03	0.08	0.00	0.03	0.00	0.47	0.51	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	
W subtotal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Sum T.C.B.A	15.00	15.05	15.01	15.00	15.07	15.04	15.23	15.06	14.98	15.06	15.62	15.70	15.37	15.68	15.00	15.00	14.95	15.01	

Num. Analyse Analysis (wt%)	Amp/V		Amp/V		TrAct		TrAct	
	UBAP030_69	UBAP030_70	UBAP030_72	UBAP030_73	UBAP030_74	UBAP030_74	UBAP030_74	UBAP030_74
SiO2	48.98	49.49	54.09	53.26	48.85			
TiO2	0.06	0.10	0.10	0.00	0.01			
Al2O3	7.32	6.66	6.26	4.11	7.39			
Cr2O3	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00			
MnO	0.12	0.18	0.18	0.15	0.19			
Fe2O3	3.81	6.23	3.86	4.38	6.37			
FeO	7.77	5.59	6.89	5.79	6.06			
MgO	17.28	17.96	16.26	18.98	16.71			
CaO	10.44	9.81	7.49	10.87	11.02			
Na2O	2.62	2.56	3.00	1.16	1.92			
K2O	0.08	0.06	0.06	0.02	0.00			
H2O+	2.08	2.09	2.12	2.13	2.09			
Total	100.55	100.72	100.33	100.85	100.61			
Espèce	magnésio- hastingsite	magnésio- ferri- hornblende	winchite	magnésio- ferri- hornblende	magnésio- ferri- hornblende			
Formula Assignments								
T (ideally 8 apfu)								
Si	6.98	7.01	7.55	7.43	6.95			
Al	1.02	1.00	0.45	0.57	1.06			
Ti								
Fe3+								
T subtotal	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00			
C (ideally 5 apfu)								
Ti	0.01	0.01	0.01		0.00			
Al	0.21	0.12	0.58	0.11	0.18			
Cr			0.00					
Fe3+	0.41	0.66	0.41	0.46	0.68			
Mn2+								
Fe2+	0.70	0.42	0.62	0.48	0.59			
Mg	3.67	3.79	3.38	3.95	3.54			
C subtotal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00			
B (ideally 2 apfu)								
Mn2+	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02			
Fe2+	0.22	0.24	0.18	0.20	0.13			
Mg	0	0	0	0	0			
Ca	1.59	1.49	1.12	1.63	1.68			
Na	0.17	0.25	0.68	0.16	0.17			
B subtotal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
A (from 0 to 1 apfu)								
Ca								
Na	0.55	0.45	0.13	0.15	0.36			
K	0.02	0.01	0.01	0.00				
A subtotal	0.57	0.46	0.15	0.16	0.36			
O (non-W)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00			
W (ideally 2 apfu)								
OH	1.99	1.98	1.98	2.00	2.00			
O	0.01	0.02	0.02		0.00			
W subtotal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			
Sum T,C,B,A	15.57	15.46	15.15	15.16	15.36			



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

Direction des Géoressources

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm