



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Protocole de caractérisation de l'amiante dans les gisements alluvionnaires

Rapport final

BRGM/RP-74450-FR

Version 1 du 23 avril 2025

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

Lahondère D

Ce rapport a été vérifié le 18/04/2025 et approuvé le 22/04/2025 selon la procédure interne en vigueur au sein du BRGM, qui garantit le respect de ses engagements contractuels, de l'intégrité et de l'impartialité du contenu scientifique et technique du présent rapport, de l'éthique et de la déontologie du BRGM, ainsi que des dispositions réglementaires et législatives auquel il est soumis pour l'exercice de son activité.

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

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

Le demandeur assure lui-même la diffusion qu'il souhaite des exemplaires de ce tirage initial, dont il est seul propriétaire.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur, ainsi que par les termes de la convention.

Les justificatifs du contrôle qualité de ce rapport (auteur, vérificateur, approbateur) peuvent être communiqués à titre confidentiel au destinataire du rapport, à sa demande et dans le strict respect de la réglementation applicable au traitement des données à caractères personnels.

Le BRGM ne saurait être tenu responsable de la divulgation du contenu total ou partiel de ce rapport à un tiers non-autorisé 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 : Alluvions, Carrière, Echantillon, Amiante, France

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

Lahondère D 2025. Protocole de caractérisation de l'amiante dans les gisements alluvionnaires. Rapport final V1. BRGM/RP-74450-FR, 38 p.

© BRGM, 2025, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-08/04/2024

Synthèse

Dans le cadre de la mise en œuvre d'actions relatives à la prévention des risques d'exposition à l'amiante environnemental identifié dans certaines carrières alluvionnaires, le BRGM a construit et testé un protocole d'identification de l'amiante dans les formations alluvionnaires (Rapport BRGM-RP-74245-FR).

Les développements et les tests menés par le BRGM ont concerné la phase de caractérisation des formations alluvionnaires et de prélèvement des échantillons (travail de terrain) mais aussi les analyses susceptibles d'être mises en œuvre à partir de ces échantillons (travail de laboratoire). La partie du protocole détaillée dans ce document est uniquement relative aux travaux de terrain. Les analyses à mener sur les échantillons seront précisées par les autorités ministérielles compétentes.

La partie « Terrain » s'articule en plusieurs étapes successives : 1. Analyse préalable du contexte géologique, 2. Etude géologique du gisement, 3. Etablissement de la stratégie d'échantillonnage, 4. Constitution et tamisage de l'échantillon de référence, 5. Etablissement du spectre pétrographique ($D \geq 20$ mm) de l'échantillon de référence, 6. Prélèvement, conditionnement et expédition des échantillons-cibles.

Préalablement au déploiement du protocole, il est essentiel de s'assurer de la compétence des géologues en charge de ces expertises. Au-delà de leur compétence académique en géologie, ils devront s'approprier correctement les termes de ce protocole avant de l'appliquer sur le terrain. Par ailleurs, le rapport rappelle le champ des responsabilités des géologues au regard des rapports d'analyse émis par les laboratoires accrédités.

Sommaire

1. Introduction	7
1.1. Les gisements alluvionnaires	7
1.2. La caractérisation des gisements alluvionnaires.....	8
1.3. Protocole de caractérisation	9
2. Mise en œuvre du protocole de terrain	11
2.1. Analyse préalable du contexte géologique	11
2.2. Analyse du gisement	13
2.2.1. <i>Etude géologique du gisement</i>	13
2.2.2. <i>Configuration du gisement et process industriel</i>	13
2.3. stratégie d'échantillonnage.....	16
2.4. points de prélèvement et procédure d'échantillonnage.....	17
2.4.1. <i>Echantillonnage sur front / base de front</i>	18
2.4.2. <i>Echantillonnage sur bande transporteuse, en aval de la trémie d'alimentation</i>	19
2.4.3. <i>Echantillonnage en aval des cribles</i>	20
2.4.4. <i>Echantillonnage sur stock</i>	21
2.5. Masse et nombre d'échantillons	22
2.6. Etablissement du (des) spectre(s) petrographique(s)	25
2.6.1. <i>Types de roches à considérer</i>	25
2.6.2. <i>Détermination des éléments ($D \geq 20$ mm) constitutifs de l'échantillon de référence</i> 28	
2.6.3. <i>Sélection des échantillons-cibles</i>	29
2.6.4. <i>Conservation d'échantillons-témoins</i>	31
2.7. Présentation des résultats	31
2.8. Conditionnement et expédition des échantillons	33
2.9. Rapport de fin d'expertise	34
3. Points d'attention	35

Liste des figures

Figure 1 : Etapes de caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire	10
Figure 2 : Principe général de l'approche adoptée.....	10
Figure 3 : Exemples de fronts de gisements alluvionnaires montrant des niveaux plus ou moins grossiers	12
Figure 4 : Schéma illustrant l'extraction de granulats alluvionnaires (Source : UNPG)	14
Figure 5 : Prélèvements constitution de pré stocks (Ligne 1), ; Tapis d'alimentation de stocks primaires (Ligne 2) ; Installations de criblage (Ligne 3) ; Stocks commerciaux (Ligne 4)	15
Figure 6 : Exemples de bandes transporteuses.....	20
Figure 7 : Composition schématique d'un stock conique de granulats ségrégés (d'après NF EN 932-1 ; à gauche). Stock conique résultant du déchargement de granulats par un convoyeur fixe (à droite).....	21
Figure 8 : Synthèse des opérations à conduire en fonction de la procédure d'échantillonnage.	23

Figure 9 : Rapport entre la plus grande taille de particule et la masse minimale du prélèvement	24
Figure 10 : Groupes et types de roches à considérer dans le cadre d'une recherche d'amiante (d'après Lahondère, 2021) (le tableau n'inclut pas le groupe 5 correspondant aux éléments indéterminables)	28
Figure 11 : Exemple de présentation des résultats.....	32
Figure 12 : Exemple de répartition des éléments en fonction de leur groupe d'appartenance et de leur diamètre	32
Figure 13 : Informations portées sur la fiche descriptive d'un échantillon-cible ¹ : ZMNP = Zone de Même Nature Pétrographique ; 2 & 3 : ² : Se référer aux structures décrites dans les ouvrages de référence ; ⁴ : Avérée, Probable, Possible, Improbable, Impossible ; ⁵ : Importance (épaisseur, densité) et composition minéralogique ; ⁶ : Fait l'objet des mêmes descriptions en cas de potentiel amiantifère suspecté (dans une fiche distincte).....	33
Figure 14 : Exemple de fiche renseignée	34

1. Introduction

Dans le cadre de la mise en œuvre d'actions relatives à la prévention des risques d'exposition à l'amiante environnemental identifié dans certaines carrières alluvionnaires, le BRGM a construit et testé un protocole d'identification de l'amiante dans les formations alluvionnaires. Les résultats de ces tests sont consignés dans le Rapport BRGM-RP-74245-FR (avril 2025).

Les développements et les tests menés par le BRGM ont concerné la phase de prélèvement des échantillons-cibles (travail de terrain) mais aussi celle de l'analyse des échantillons prélevés (travail de laboratoire).

Ce document ne concerne que la partie du protocole relative aux travaux de terrain et se limite, pour ce qui est du travail de laboratoire, à rappeler le cadre réglementaire actuel définissant les analyses requises pour l'étude des matériaux amiantifères, en particulier les matériaux contenant naturellement de l'amiante. Les analyses à mener sur les échantillons seront précisées par les autorités ministérielles compétentes.

Bien qu'accueillis favorablement par les parties prenantes, les principes relatifs aux opérations de terrain se devaient d'être explicités et transmis aux géologues qui auront la charge de déployer le protocole dans le cadre des diagnostics attendus par rapport à la présence ou non de matériaux amiantifères dans les gisements alluvionnaires soumis à investigations. Le présent document a pour objectif de répondre à cet impératif.

1.1. LES GISEMENTS ALLUVIONNAIRES

Un gisement alluvionnaire correspond à un dépôt de sédiments fluviaux ou fluvio-glaciaires issus de l'érosion de massifs rocheux plus ou moins complexes d'un point de vue géologique, plus ou moins étendus et plus ou moins éloignés. La nature pétrographique des éléments rocheux présents dans un gisement alluvionnaire donné dépend évidemment de la nature géologique des terrains présents dans son bassin-versant. D'une manière assez générale, la diversité pétrographique des éléments rocheux présents dans un gisement alluvionnaire est d'autant plus importante que son bassin-versant est étendu.

Les gisements alluvionnaires exploités sont le plus souvent localisés à proximité des principales agglomérations, lesquelles sont majoritairement implantées dans des zones de plaines relativement éloignées des principaux reliefs soumis à l'érosion. En conséquence, les alluvions exploitées sont souvent constituées de roches variées provenant de sources multiples.

Les formations alluvionnaires sont particulièrement difficiles à analyser, du fait de leur très grande hétérogénéité, tant granulométrique que pétrographique, et parfois de leur complexité interne (terrasses emboîtées, paléo-chenaux divagants, *etc.*). L'hétérogénéité est liée au caractère plus ou moins complexe des zones géologiques dont sont issus les alluvions, à l'éloignement de ces zones par rapport au lieu du dépôt, à la topographie du lieu de dépôt, à la multiplicité des apports longitudinaux et latéraux, *etc.*

1.2. LA CARACTERISATION DES GISEMENTS ALLUVIONNAIRES

La caractérisation du potentiel amiantifère d'une formation alluvionnaire ne peut pas être abordée suivant la même méthodologie que celle utilisée pour les carrières exploitant des roches massives. Ceci est notamment lié au fait qu'un gisement alluvionnaire renferme généralement des roches de différentes origines et très variées d'un point de vue pétrographique et minéralogique, contrairement aux gisements de roches massives. La caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire nécessite donc d'être en mesure de détecter la présence de types pétrographiques spécifiques, lesquels peuvent être très peu représentés dans le gisement (moins de 1% des éléments rocheux constitutifs).

Pour un gisement alluvionnaire donné, toutes les fractions granulométriques doivent être échantillonnées à des fins analytiques, de telle manière à limiter d'éventuels biais d'échantillonnage liés d'une part à l'éloignement des zones-sources d'intérêt (zones amiantifères) et d'autre part à la nature plus ou moins résistante des différents faciès pétrographiques présents. S'agissant de la recherche d'éléments rocheux contenant ou susceptibles de contenir des fibres d'amiante, il est proposé d'adopter la terminologie suivante :

- **Classe 1** (< 20 mm) : Argiles, limons, sables, graviers
- 20 mm ≤ **Classe 2** < 50 mm : Petits galets
- 50 mm ≤ **Classe 3** < 150 mm : Galets intermédiaires
- 150 mm ≤ **Classe 4** < 300 mm : Gros galets
- **Classe 5** (≥ 300 mm) : Très gros galets

L'évaluation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire conduit donc notamment à examiner et à indexer une quantité significative de galets ($D \geq 20$ mm) qu'il renferme. L'échantillon analysé doit être le plus représentatif possible du gisement, ou de l'une de ses composantes, et rendre compte de la diversité pétrographique des galets présents. Plus les galets seront variés du point de vue de leur nature pétrographique (alluvions polygéniques), plus le nombre de galets à examiner sera important. Pour ces gisements complexes, caractérisés par la coexistence de nombreux types de roche, la caractérisation pourra nécessiter un temps de présence sur site plus important.

Le nombre de galets à caractériser est susceptible de varier d'un gisement à l'autre, en fonction de la variabilité pétrographique de ces éléments rocheux. Il convient de caractériser un nombre de galets au moins égal à 1000 pour la fraction la plus grossière ($D \geq 20$ mm), sachant que ce nombre pourra être adapté pour tenir compte de la complexité du spectre pétrographique d'un gisement et être supérieur si des types pétrographiques d'intérêt, mais très peu représenté, sont recherchés. Compte tenu de la granulométrie moyenne des gisements, la constitution d'un échantillon de 1000 kg permet généralement de s'assurer de la présence dans cet échantillon d'au moins 1000 galets. Dans les gisements les plus grossiers, la masse totale des éléments à manipuler et à caractériser pourra néanmoins dépasser largement 1000 kg.

S'agissant des fractions granulométriques les plus fines ($D < 20$ mm), elles ne font pas l'objet d'analyses sur le terrain et sont uniquement échantillonnées pour être transmises au laboratoire en charge des analyses (*cf.* § 2.5.).

1.3. PROTOCOLE DE CARACTERISATION

La caractérisation globale du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire comprend deux phases distinctes, une partie « Terrain » et une partie « Laboratoire ». Le protocole décrit dans ce document ne concerne que la partie « Terrain », au terme de laquelle des échantillons-cibles sont prélevés à des fins analytiques et transmis à des laboratoires accrédités, à même de réaliser les analyses telles que définies par la réglementation en vigueur pour la détection et l'identification de l'amiante naturellement présent dans les matériaux bruts (Partie III de l'arrêté du 1^{er} octobre 2019).

La partie « Terrain » s'articule en plusieurs étapes successives (Figure 1), décrites plus en détail dans le paragraphe 2 du présent document :

- Analyse préalable du contexte géologique
- Etude géologique du gisement
- Etablissement de la stratégie d'échantillonnage
- Constitution et tamisage de l'échantillon de référence
- Etablissement du spectre pétrographique ($D \geq 20$ mm)
- Prélèvement, conditionnement et expédition des échantillons-cibles

Le principe général guidant les prélèvements, la constitution de l'échantillon de référence puis la sélection des échantillons-cibles est schématisé ci-après (Figure 2).

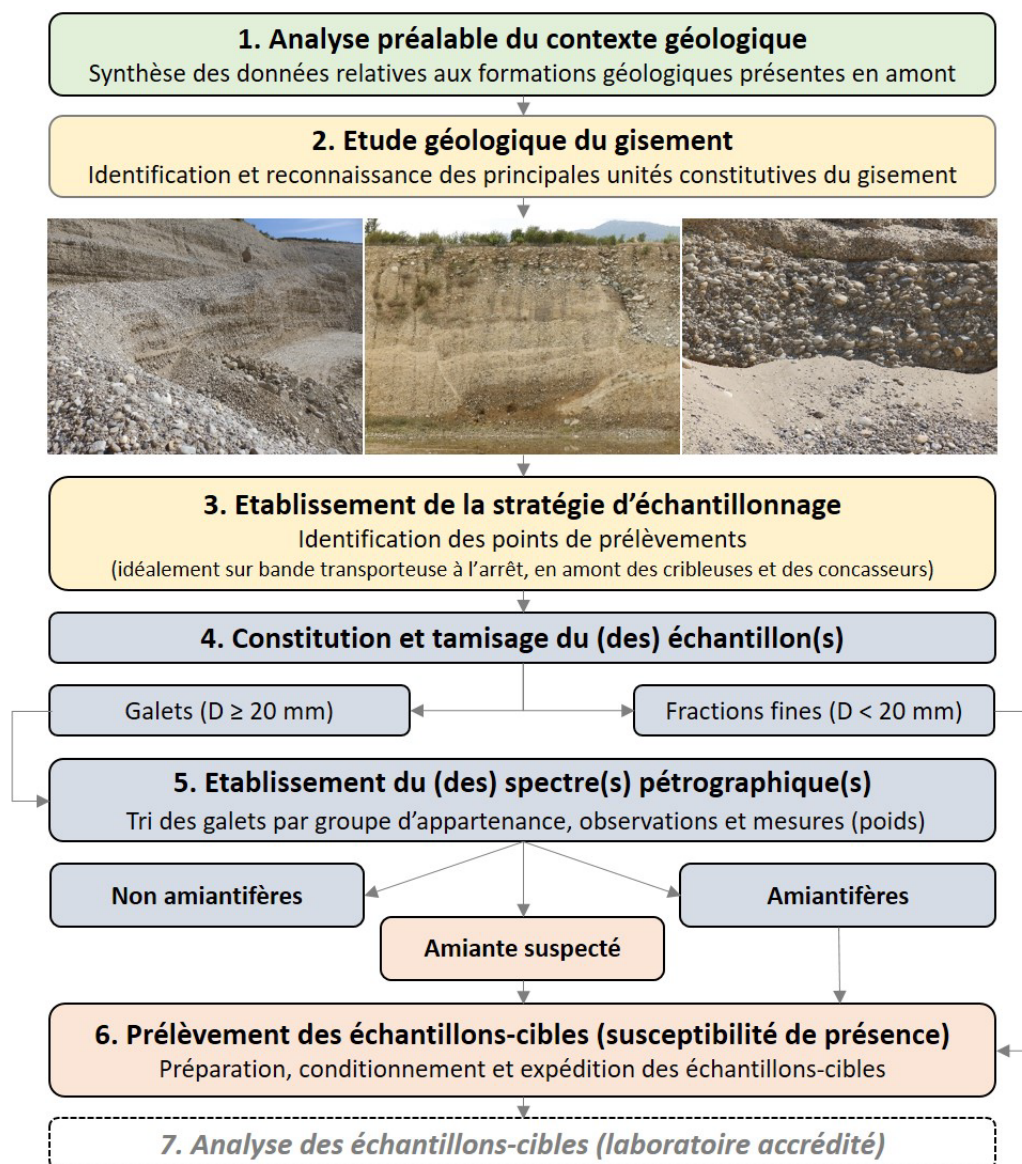


Figure 1 : Etapes de caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire

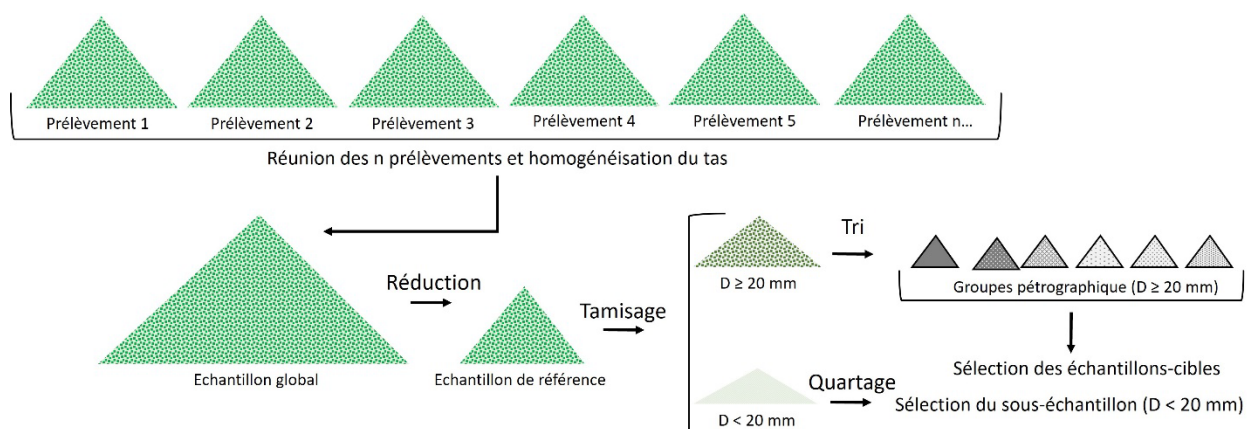


Figure 2 : Principe général de l'approche adoptée

2. Mise en œuvre du protocole de terrain

2.1. ANALYSE PREALABLE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE

Établir un diagnostic sur la possibilité qu'un gisement alluvionnaire renferme ou non des éléments rocheux amiantifères nécessite, au préalable, une analyse des formations géologiques présentes dans son bassin-versant. Une telle analyse ne doit pas se limiter aux roches massives mais doit également inclure toutes les formations du régolithe, indurées ou non, susceptibles d'avoir pu contribuer à la constitution du dépôt. Une synthèse des données bibliographiques disponibles peut suffire, à ce stade, à répondre aux besoins de l'expertise.

Pour un gisement alluvionnaire donné, l'étude géologique du bassin-versant a pour objectif de déterminer si des zones-sources correspondant à des formations géologiques amiantifères ou potentiellement amiantifères sont présentes et, le cas échéant, d'en préciser l'importance en termes de surface. Ces zones-sources peuvent correspondre à des affleurements rocheux non déplacés (sources primaires) et/ou à des volumes rocheux plus ou moins déplacés tels que les dépôts de pente, les éboulis, les cônes de déjection ainsi que les dépôts fluviaux, fluvio-glaciaires et glaciaires anciens (sources secondaires).

Pour un gisement donné, l'analyse préalable du contexte géologique apporte des informations préliminaires sur les différents types de roches susceptibles d'être présents dans le gisement soumis aux investigations, ainsi que sur leur abondance relative. Cette approche préalable est donc particulièrement utile, le géologue en charge de l'étude disposant alors d'une pré-liste des types pétrographiques les plus à même de contenir des occurrences amiantifères et susceptibles d'être présents dans les dépôts. Cette approche nécessite de croiser les données relatives d'une part à l'extension du bassin-versant du gisement et, d'autre part, aux formations géologiques cartographiées dans l'emprise de ce bassin-versant.

A ce stade de l'expertise, le principal point de vigilance concerne les formations géologiques du bassin-versant pour lesquelles les géologues ne disposent pas d'informations suffisamment précises sur la nature des roches qui les constituent. Ces formations insuffisamment qualifiées correspondent notamment aux alluvions, anciennes ou actuelles, aux dépôts de pente ainsi qu'aux dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires. Ces formations étant susceptibles de renfermer des éléments rocheux d'intérêt et couvrant des surfaces parfois significatives, elles ne doivent pas être négligées lors de l'étude préalable. Des études complémentaires peuvent donc être initiées pour éclaircir tel ou tel aspect du dossier qui apparaîtrait insuffisamment documenté. Les documents susceptibles d'être consultés à ce stade de l'expertise sont les suivants :

- Cartes géologiques à 1/50 000 du « bassin-versant » du gisement
- Notices explicatives des cartes géologiques
- Cartes de susceptibilité de présence d'amiante et rapports afférents
- Rapports, études et publications géologiques pertinents
- Toute autre source d'information jugée utile



Figure 3 : Exemples de fronts de gisements alluvionnaires montrant des niveaux plus ou moins grossiers

2.2. ANALYSE DU DU GISEMENT

2.2.1. Etude géologique du gisement

L'étude géologique du gisement constitue un préalable à toute opération d'échantillonnage.

Les gisements de roches alluvionnaires sont généralement peu épais (quelques mètres à quelques dizaines de mètres) mais leur structure interne peut être complexe à appréhender du fait de l'existence de corps sédimentaires plus ou moins épais et continus, souvent étroitement imbriqués les uns dans les autres (Figure 3). Le géologue doit en premier lieu s'attacher à différencier les principaux membres et/ou lithologies constitutifs du gisement. L'histoire géologique récente (Quaternaire) doit également être considérée pour mieux comprendre la structure, la composition et l'origine des alluvions, lesquels peuvent correspondre à des dépôts subactuels à actuels purement fluviaux ou à des dépôts plus anciens, de nature glaciaire, fluvio-glaciaire ou fluvial.

L'étude du gisement dépend également des conditions d'extraction et des possibilités offertes au géologue d'en préciser son architecture. Aussi, cette étude n'est réellement réalisable qu'à partir du moment où les fronts de taille sont accessibles de façon sécurisée. Dans le cas des gisements en eau, exploités par dragages (sites profondément immergés) ou avec des excavateurs à godets ou des pelles hydrauliques depuis les rives des fosses exploitées (sites immergés peu profonds), les observations ne peuvent être faites qu'à partir des volumes rocheux extraits, et donc déplacés.

L'étude géologique du gisement permet également de recueillir les premières informations sur les différentes familles d'éléments rocheux présentes dans le gisement. Ces premières informations peuvent donc déjà permettre de déterminer si des éléments de roches amiantifères ou susceptibles de renfermer des structures d'amiante sont présents ou non dans la formation géologique examinée. Sur le terrain, cette détermination se fait à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe de terrain (x10). A ce stade des investigations, il est recommandé de prendre des photographies permettant d'illustrer les principales caractéristiques du gisement (structures internes, granulométrie, hétérométrie, nature polygénique, ... ; Figure 3) et de ne pas prélever d'échantillons, les prélèvements étant encadrés et n'intervenant qu'après l'établissement de la stratégie d'échantillonnage.

2.2.2. Configuration du gisement et process industriel

Il est important pour un géologue en charge de la caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire de comprendre de quelle manière il est exploité et de connaître la liste des différents produits commercialisés.

Les gisements alluvionnaires présentent des configurations très variées. Une représentation très schématique d'une exploitation de gisement alluvionnaire est reproduite ci-après (Figure 4). Certains gisements exploitent des ressources immergées (gisements en eau ; 1 : Figure 4), d'autres des ressources à l'air libre (gisements secs ; 2 : Figure 4). Dans les deux configurations, des pré-stocks peuvent être constitués à proximité des zones de prélèvement (Figure 4).

Les matériaux extraits sont ensuite acheminés vers les installations de traitement. Cet acheminement peut se faire de façon continue par l'intermédiaire de bandes transporteuses, via une trémie d'alimentation (3 & 4 ; Figure 4), ou de façon discontinue avec des dumpers, des tombereaux ou des chargeuses.



Figure 4 : Schéma illustrant l'extraction de granulats alluvionnaires (Source : UNPG)

Le traitement des granulats comprend plusieurs étapes : scalpage (séparation des éléments les plus grossiers), criblage (séparation des éléments en fonction de leur calibre ; 5 : Figure 4), lavage des éléments (élimination des boues argileuses ; 7 : Figure 4).

Une fois extraits, les matériaux passent dans une première trémie afin de scalper les éléments supérieurs à une certaine granulométrie, laquelle varie d'un gisement à un autre. Les éléments écartés peuvent être commercialisés sans être repris dans les installations, par exemple pour faire des parterres paysagers, ou être repris. Les différents matériaux subissent ensuite des opérations de criblage sous eau, lesquelles permettent de séparer et d'orienter les granulats en fonction de leur taille. Ces opérations mécaniques s'effectuent par l'intermédiaire de cribles équipés de grilles perforées aux ouvertures déterminées en fonction des granulométries recherchées. Ces opérations de criblage aboutissent à la production finale des produits commerciaux : sable 0/4 lavé, graviers 4/11 roulés lavés, graviers 11/22 roulés lavés, galets 80/150 roulés lavés, etc.

Les matériaux scalpés et repris dans l'installation peuvent également subir des opérations de concassage, destinées à réduire la taille des éléments, puis de criblage. Ces opérations aboutissent à la production finale d'autres produits commerciaux : sable 0/4 concassé, 4/6 concassé, 6/10 concassé, 10/14 concassé, etc.



Figure 5 : Prélèvements constitution de pré stocks (Ligne 1), ; Tapis d'alimentation de stocks primaires (Ligne 2) ; Installations de criblage (Ligne 3) ; Stocks commerciaux (Ligne 4)

2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

L'enjeu est de déterminer la manière dont l'échantillonnage doit être réalisé dans le gisement alluvionnaire soumis aux investigations, l'objectif étant de constituer un échantillon représentatif des matériaux exploités. Cet échantillon représentatif, constitué par un nombre important de galets, est qualifié d'échantillon de référence dans ce rapport. Il fait l'objet de l'établissement d'un spectre pétrographique puis du prélèvement d'échantillons-cibles à des fins analytiques (*cf. infra*). Cette stratégie d'échantillonnage ne peut être définie qu'à l'issue de l'analyse géologique préalable du gisement, en tenant compte à la fois de ses caractéristiques intrinsèques et des procédés industriels mis en œuvre.

La norme NF EN 932-1 (Décembre 2016) qui est relative aux méthodes d'échantillonnage à mettre en œuvre pour déterminer les propriétés générales des granulats « *prescrit des méthodes permettant de prélever des échantillons de granulats, qu'ils proviennent de livraisons, d'installations de préparation et de traitement y compris des stocks* ». L'objet de l'échantillonnage est d'obtenir un échantillon global qui soit représentatif des propriétés moyennes du lot¹. Dans le cadre de ce protocole, cette norme est donc d'intérêt et pertinente s'agissant de la détermination du potentiel amiantifère d'un gisement, notamment pour ce qui concerne les fractions granulométriques les plus grossières ($D \geq 20$ mm).

La norme NF EN 932-1 indique qu'un programme d'échantillonnage doit être préparé en préalable à toute phase d'échantillonnage, en tenant compte de la grosseur de grain, de la nature et de la taille du lot, ainsi que des circonstances et de l'objectif de l'échantillonnage. Cette stratégie peut intégrer la collecte de plusieurs types d'échantillons, de différentes classes granulométriques. Le programme d'échantillonnage doit préciser :

- Le type des granulats
- L'objectif de l'échantillonnage, avec une liste de propriétés à mesurer
- **L'identification des points d'échantillonnage**
- **La masse approximative des prélèvements**
- **Le nombre de prélèvements**
- **L'appareil d'échantillonnage à utiliser**
- **Les méthodes d'échantillonnage et de réduction des échantillons**
- **Le marquage, l'emballage et l'expédition des échantillons**

S'agissant de la caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement donné, l'échantillonnage doit s'intéresser à tous les matériaux constitutifs du gisement, indépendamment de leur granulométrie. Il est donc recommandé de privilégier les stratégies permettant d'analyser les matériaux au plus près des zones d'extraction et en amont de la chaîne de production. Les solutions impliquant la caractérisation du gisement à travers l'analyse des produits

¹ Au sens de la norme : Quantité de production, quantité de livraison, quantité de livraison partielle (charge d'un wagon de chemin de fer, d'un camion, cargaison d'un bateau) ou stock fabriqué en une seule fois dans des conditions présumées uniformes. En cas de fabrication continue, la quantité produite dans un intervalle de temps déterminé est considérée comme un lot.

commercialisés restent envisageables mais peuvent nécessiter plusieurs arrêts de l'installation ainsi que la mobilisation d'un personnel autorisé à intervenir sur les tapis d'alimentation des différents stocks commerciaux (*cf.* § 2.4.3.).

Si l'analyse géologique préalable conduit à l'identification de plusieurs formations (ou membres), caractérisées par des différences significatives par rapport à la nature des matériaux qui les constituent, chacune d'entre-elle doit être traitée séparément et peut l'objet d'une stratégie et d'une procédure d'échantillonnage spécifiques.

2.4. POINTS DE PRELEVEMENT ET PROCEDURE D'ECHANTILLONNAGE

La norme NF EN 932-1 décrit plusieurs types d'échantillonnage² :

- **Echantillonnage sur bandes transporteuses à l'arrêt**
- Echantillonnage aux points de déchargement des bandes transporteuses et des goulottes
- Echantillonnage de granulats transportés par voie pneumatique
- *Echantillonnage de granulats emballés*
- Echantillonnage de matériaux en élévateurs à godets, rotopelles ou bennes preneuses
- Echantillonnage sur silos
- **Echantillonnage sur stock**
- *Echantillonnage sur wagons de chemins de fer, camions ou bateaux*

Plusieurs options étant possibles, le positionnement du (ou des) point(s) de prélèvement est déterminé en tenant compte de la stratégie d'échantillonnage préalablement établie, de la configuration du gisement et de ses caractéristiques intrinsèques, des installations existantes et des contraintes éventuelles pour y accéder/travailler. Les prélèvements peuvent alternativement être faits sur les fronts d'exploitation, dans les pré-stocks, en aval immédiat de la première trémie (avant le stock primaire) ou après la reprise du stock primaire, en aval des cribieuses (tapis d'alimentation des produits commercialisés).

La procédure d'échantillonnage dépend de la stratégie d'échantillonnage établie et des points de prélèvement déterminés. La norme NF EN 932-1 propose des solutions pour réaliser ces prélèvements. Il peut être fait plusieurs prélèvements, avec à chaque fois une masse à respecter (*cf.* infra), la somme des prélèvements constituant l'échantillon global.

La norme NF EN 932-1 présente également des exemples d'équipement pour l'échantillonnage et la réduction des échantillons (Annexe A) : pelle à main, pelle, cadre, boîte, tube, canne, bac ou benne. Les critères pour les appareillages d'échantillonnage mécanique sont également précisés.

² Les procédures les plus adaptées sont indiquées en gras, les moins adaptées en italique et en grisé

2.4.1. Echantillonnage sur front / base de front

Le positionnement de(s) point(s) de prélèvement au niveau des fronts d'exploitation est possible et cette solution présente un intérêt certain (échantillonnage d'une hauteur complète de front). Cette solution permet notamment de réduire les problèmes de ségrégation susceptibles d'intervenir le long de la chaîne de production, mais aussi de restreindre le nombre d'échantillons à analyser (constitution d'un seul échantillon de référence). Elle peut néanmoins être difficile à mettre en œuvre et nécessiter des moyens mécaniques importants (pelle mécanique). De plus, il est probable que le volume de matériaux mobilisé dans le cadre de la réalisation d'une saignée de toute la hauteur du front correspond *in fine* à une masse très importante qu'il faudra nécessairement réduire pour obtenir l'échantillon de référence. La mise en œuvre de cette solution nécessite donc que les matériaux grattés et accumulés au pied du front soient déplacés, à l'aide d'une chargeuse, dans une zone du gisement moins exposée aux risques, de façon à permettre la constitution de l'échantillon de référence, par quartage de l'échantillon global, conformément à la procédure décrite dans la norme NF EN 932-1.

Dans les gisements à l'air libre, des matériaux issus de l'érosion du front d'exploitation sont généralement accumulés à la base. Il est théoriquement possible pour un géologue d'accéder à ces matériaux, à la condition cependant que ces derniers ne soient ni trop hauts ni trop instables. Cependant, pour des raisons évidentes de sécurité, l'accès prolongé (plusieurs heures) à la base de ces fronts n'est pas possible. Il est néanmoins possible de recourir à une chargeuse capable de prélever, en différents points de la base du front, un volume à peu près égal de ces matériaux accumulés en pied de front et de les déplacer vers une zone du gisement moins exposée aux risques, de façon à permettre, là aussi, la constitution de l'échantillon représentatif, par quartage de l'échantillon global, conformément à la procédure décrite dans la norme NF EN 932-1.

La norme NF EN 932-1 présente également un mode de réduction des échantillons par pelletages alternés. Le principe repose sur la constitution, à partir d'un échantillon global, de sous-échantillons de masse à peu près égale, par prise successive de pelletées. L'utilisation d'une table des nombres aléatoires permet ensuite d'établir la liste des sous-échantillons à retenir (Annexe D de la norme). Un mode de réduction inspiré de la norme NF EN 932-1 peut être mis en œuvre dans le cas présent. Ce mode de réduction consiste dans l'étalement de l'échantillon global préalablement homogénéisé, jusqu'à obtenir une couche d'environ 50 cm d'épaisseur, puis à la constitution d'un nombre suffisant de sous-échantillons à partir des matériaux prélevés en différents endroits de cette couche³. Ces opérations nécessiteront l'usage d'une chargeuse puis d'une mini-pelle.

Quelle que soit la solution retenue (rainurage vertical du front, prélèvement des matériaux accumulés en base de front), le traitement de l'échantillon de référence constitué nécessite une opération de tamisage pour séparer la fraction grossière ($D \geq 20$ mm) de la fraction la plus fine ($D < 20$ mm). Cette opération est réalisée à l'aide d'une grille en acier ou en polyuréthane

³ Il n'est pas utile de traiter l'ensemble de l'échantillon global lorsque ce dernier est trop volumineux

renforcée par des câbles en acier, à maille de 20 mm, de dimensions de 1m * 1m ou plus, et d'un bac de réception pour la fraction fine ($D < 20$ mm).

Pour réaliser de tels prélèvements, les équipements suivants sont nécessaires :

- Chargeuse, pelle hydraulique, mini-pelle
- Grille en acier ou en polyuréthane (renforcée), à maille de 20 mm (1m * 1m ou plus)
- Bac de réception adaptée au tamis
- Dispositif de quartage
- Equipements de sécurité (casque, gants, chaussures, lunettes, gilet à bandes réfléchissantes, ...)
- ...

On notera cependant que ces deux solutions (rainurage vertical du front, prélèvement des matériaux accumulés en base de front) ne sont pas envisageables pour les gisements immergés.

2.4.2. Echantillonnage sur bande transporteuse, en aval de la trémie d'alimentation

Pour les sites dans lesquels l'acheminement des matériaux extraits vers le stock primaire est assuré par des bandes transporteuses (Figure 6), il est possible de positionner les points de prélèvement à leur niveau, en aval de la première trémie (trémie d'alimentation) et en respectant les indications de la norme NF EN 932-1. Ces prélèvements doivent être faits sur une bande transporteuse à l'arrêt, en privilégiant l'utilisation d'un cadre d'échantillonnage. Tous les prélèvements doivent être faits au même point d'échantillonnage. Les matériaux constitutifs de chaque prélèvement doivent provenir d'une section transversale complète de la bande transporteuse. Le cadre d'échantillonnage permet de séparer les matériaux constitutifs du prélèvement. Il convient que la longueur du prélèvement corresponde à environ trois fois la largeur du flux de matériaux s'écoulant sur la bande transporteuse et que la masse minimale du prélèvement soit respectée.

La première trémie servant à scalper les éléments les plus grossiers (ex. : $D \geq 200$ mm), ces derniers sont généralement repris pour être concassés. En ce cas, leur intégration dans l'échantillon constitué par les différents prélèvements effectués sur la bande transporteuse est attendue. Cependant, il n'est pas impossible mais sans doute très compliqué d'établir le lien entre les matériaux observés sur un tronçon d'une bande transporteuse et les galets scalpés pendant le laps de temps correspondant au dépôt des matériaux sur ce même tronçon. Ce point particulier peut ne pas être important et négligé si la fraction scalpée s'avère finalement très faible et non significative par rapport à l'ensemble des matériaux acceptés dans la chaîne de production. Dans le cas contraire, lorsque les éléments scalpés sont repris pour être concassés, un échantillon de cette fraction doit être prélevé, en imposant une taille maximale pour le plus gros élément pris en compte. Le point concernant le devenir des éléments scalpés doit faire l'objet d'échanges en amont avec l'exploitant, durant l'établissement de la stratégie d'échantillonnage.

Finalement, ce mode d'échantillonnage apparaît cependant le plus simple à mettre en œuvre et ne nécessite pas de recourir à des moyens mécanisés. La masse minimale à respecter dépend

de la taille du plus gros élément susceptible de passer la première trémie (« dimensions du bloc entrant »). En considérant pour cet élément un diamètre de 200 mm et une masse volumique en vrac de 1,4 g / cm³, les différents prélèvements à réaliser sur la bande transporteuse doivent tous être de l'ordre de 120 kg. Tous les matériaux présents à l'intérieur du cadre d'échantillonnage sont prélevés et tamisés ($D \geq 20$ mm ; $D < 20$ mm). Cette opération de tamisage nécessite de disposer d'une grille en acier ou en polyuréthane renforcée par des câbles en acier, à maille de 20 mm, de dimensions de 1m * 1m ou plus, et d'un bac de réception pour la fraction fine ($D < 20$ mm). Pour réaliser de tels prélèvements, les équipements suivants sont nécessaires :

- Boîte d'échantillonnage, adaptée à la largeur de la bande (cf. norme NF EN 932-1)
- Pelle à main
- Grille en acier ou en polyuréthane (renforcée), à maille de 20 mm (1m * 1m ou plus)
- Bac de réception adaptée au tamis
- Dispositif de quartage
- Equipements de sécurité (casque, gants, chaussures, lunettes, gilet à bandes réfléchissantes, ...)
- ...



Figure 6 : Exemples de bandes transporteuses

2.4.3. Echantillonnage en aval des cribles

Les matériaux non écartés au niveau de la trémie d'alimentation subissent généralement un criblage sous eau. Cette étape permet de trier et d'orienter les granulats dans l'installation, en fonction de leur taille. Cette séparation est réalisée par l'intermédiaire de cribles équipés de grilles perforées aux ouvertures déterminées, en fonction des granulométries souhaitées. Cette opération de criblage aboutit à des produits commerciaux de différentes granulométries, qualifiés de « roulés lavés ».

Lorsque les matériaux écartés au niveau de la trémie d'alimentation sont repris et concassés, les opérations de criblage qui suivent le concassage aboutissent à des produits commerciaux de différentes granulométries, qualifiés de « concassés ».

Il est donc possible d'effectuer les prélèvements à partir des tapis alimentant les différents stocks commerciaux (« lavés-roulés », « concassés »). Toutefois, la mise en œuvre d'une telle solution implique potentiellement plusieurs arrêts successifs des installations, ainsi que la mobilisation d'un personnel habilité à travailler sur ces structures, et peut se révéler difficile à mettre en œuvre, voire pénalisante. De plus, chacun des produits commerciaux devant être prélevé de façon séparée et simultanée, il faut ensuite réunir l'ensemble des prélèvements, homogénéiser l'ensemble pour obtenir l'échantillon global, réduire ce dernier par quartage ou par pelletages alternés, pour obtenir l'échantillon de référence puis tamiser ce dernier pour séparer la fraction grossière ($D \geq 20$ mm) de la fraction la plus fine ($D < 20$ mm). Ces opérations nécessitent également de recourir à des moyens mécanisés importants (chargeuse, pelleteuse) et sont très chronophages. Finalement, cette solution apparaît plus adaptée à la caractérisation du potentiel amiantifère d'un produit commercial donné qu'à celle du gisement dans sa globalité.

2.4.4. Echantillonnage sur stock

L'exploitation d'un gisement alluvionnaire conduit à la création de pré-stocks, déposés dans les zones exploitées, d'un stock primaire et de stocks correspondant aux différents produits commercialisés. Il est donc possible d'envisager des prélèvements à partir de ces différents stocks.

La norme NF EN 932-1 indique toutefois que l'échantillonnage sur stock est une méthode qu'il convient si possible d'éviter, en raison des problèmes de ségrégation interne qui rendent difficile le respect du principe de prélèvement au hasard dans toutes les parties du lot. L'échantillonnage sur stock est notamment difficile car il doit tenir compte de la manière dont ce dernier est construit, de sa forme, des remaniements successifs qu'il a subis et des probabilités de ségrégation interne (Figure 7).

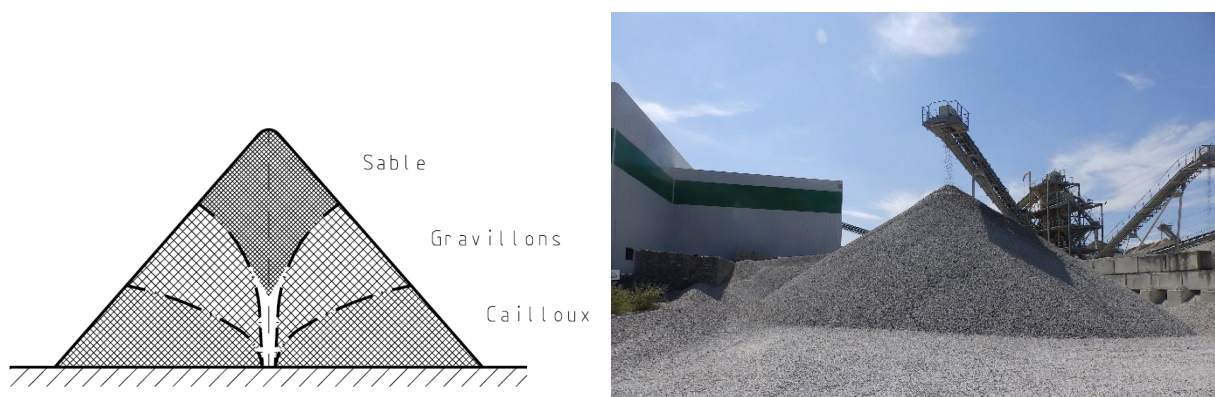


Figure 7 : Composition schématique d'un stock conique de granulats ségrégés (d'après NF EN 932-1 ; à gauche). Stock conique résultant du déchargement de granulats par un convoyeur fixe (à droite)

Il est généralement possible d'accéder à la base des stocks mais l'accès aux parties supérieures ou centrales de ces stocks est généralement plus difficile, parfois impossible, à la fois pour des raisons d'accessibilité et de sécurité. Le prélèvement d'éléments rocheux, uniquement à la base des stocks, peut conduire à privilégier les éléments les plus grossiers au détriment des éléments les plus fins, ces derniers restant dans les parties supérieures des stocks (Figure 7). Ceci peut

donc conduire à surestimer les fractions granulométriques les plus grossières, correspondant d'une part à des roches résistantes d'origine lointaine et d'autre part à des roches tendres mais dont l'origine peut être proche du gisement.

Dans les gisements alluvionnaires exploitant des ressources immergées, des pré-stocks sont constitués aux abords immédiats de la fosse exploitée. Il est donc possible de prélever un échantillon global à partir de ces pré-stocks. La constitution d'un échantillon global à partir d'un pré-stock nécessitera l'utilisation d'une pelle hydraulique permettant le prélèvement de matériaux le long d'une saignée allant du toit à la base du pré-stock ou d'une chargeuse capable de découvrir une surface à partir de laquelle plusieurs godets sont prélevés pour former un tas destiné à l'échantillonnage. Cette opération n'est réellement possible qu'à partir du moment où le volume du pré-stock n'est pas trop important et que sa constitution interne n'est pas trop complexe à appréhender. Elle conduit à la constitution d'un échantillon global volumineux qu'il est ensuite nécessaire d'homogénéiser puis de réduire pour obtenir l'échantillon de référence.

Les stocks primaires correspondent à des volumes de matériaux très importants et ne se prêtent pas à ce type d'opération. Les stocks commerciaux peuvent être échantillonnés mais chaque stock doit faire l'objet d'un prélèvement et tous les prélèvements doivent être ensuite réunis pour constituer l'échantillon global, sans garantie aucune sur la représentativité de ce dernier par rapport au gisement. Cette procédure d'échantillonnage doit donc être évitée si d'autres alternatives sont possibles.

Finalement, bien que techniquement réalisables, les prélèvements sur stocks sont plus complexes à réaliser et nécessitent de mobiliser des moyens mécanisés qui peuvent être importants.

Les opérations à conduire en fonction de la procédure d'échantillonnage choisie sont synthétisées ci-après (Figure 8).

2.5. MASSE ET NOMBRE D'ECHANTILLONS

La norme NF EN 932-1 précise que la masse d'un échantillon global⁴ doit être calculée en tenant compte de la nature et du nombre des essais prévus, des dimensions des granulats et de leur masse volumique. S'il est besoin de faire un essai sur les prélèvements séparément et non sur l'échantillon global, la masse de chaque prélèvement doit être calculée en tenant compte des mêmes paramètres. Cette même norme recommande que la masse minimale d'un échantillon global soit calculée en utilisant la formule suivante :

$$M = 6q_b\sqrt{D}$$

[M : Masse de l'échantillon (en kilogrammes), D : Dimension de grain maximale, en millimètres, q_b : Masse volumique en vrac, en mégagrammes par mètre cube].

⁴ Au sens de la norme NF EN 932-1 : réunion des prélèvements

Points de prélèvement, procédure d'échantillonnage et moyens mécaniques mobilisés					
Opérations à mettre en œuvre :	Front d'exploitation (saignée verticale)	Front d'exploitation (base de front)	Bande transporteuse (aval de la trémie d'alimentation)	Bandes d'alimentation stocks commerciaux	Pré-stocks
Localiser et baliser la zone de réception / prélèvement	X	X			
Dégager la base du front	X (chargeuse)				
Effectuer la saignée du front	X (pelle hydraulique)				
Prélever et évacuer les matériaux accumulés au pied du front	X (chargeuse)	X (chargeuse)			
Installer le(s) cadre(s) d'échantillonnage sur la (les) bande(s) transporteur(s)			X	X ¹	X (chargeuse, pelle hydraulique)
Ouvrir le pré-stock					
Prélever séparément et simultanément tous les produits commercialisés				X (pelle à main)	X (chargeuse, pelle hydraulique)
Constituer et homogénéiser l'échantillon total	X (chargeuse)	X (chargeuse)		X (chargeuse)	X (chargeuse)
Réduire l'échantillon total (quarante ou prise de pelletées successives)	X (chargeuse, mini-pelle)	X (chargeuse, mini-pelle)		X (chargeuse, mini-pelle)	X (chargeuse, mini-pelle)
Étaler les matériaux constituant l'échantillon total ²	X (chargeuse)	X (chargeuse)		X (chargeuse)	X (chargeuse)
Effectuer un 1 ^{er} prélèvement	X (mini-pelle)	X (mini-pelle)	X (pelle à main)	X (mini-pelle)	X (mini-pelle)
Tamiser le 1 ^{er} prélèvement	X	X	X	X	X
Conserver les fractions fines (D < 20 mm)	X	X	X	X	X
Indexer les galets D ≥ 20 mm (1 ^{er} prélèvement)	X	X	X	X	X
Nombre de galets indexés (D ≥ 20 mm) ≥ 1000 ⁴	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation
Nombre de galets indexés (D ≥ 20 mm) ≤ 1000	Poursuite de l'indexation	Poursuite de l'indexation	Poursuite de l'indexation	Poursuite de l'indexation	Poursuite de l'indexation
Effectuer un 2 nd prélèvement	X (mini-pelle)	X (mini-pelle)	X (pelle à main)	X (mini-pelle)	X (mini-pelle)
Tamiser le 2 nd prélèvement	X	X	X	X	X
Conserver les fractions fines (D < 20 mm)	X	X	X	X	X
Indexer les galets D ≥ 20 mm (2 nd prélèvement)	X	X	X	X	X
Nombre total ³ de galets indexés (D ≥ 20 mm) ≥ 1000 ⁴	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation	Fin de l'indexation
Nombre total ³ de galets indexés (D ≥ 20 mm) ≤ 1000	Poursuite de l'indexation ⁵	Poursuite de l'indexation ⁵	Poursuite de l'indexation ⁵	Poursuite de l'indexation ⁵	Poursuite de l'indexation ⁵
Constituer ⁶ et quarter du sous-échantillon (D < 20 mm)	X	X	X	X	X
Sélection des échantillons-cibles ⁷	X	X	X	X	X
Conditionnement des échantillons-cibles (D ≥ 20 mm) et du sous-échantillon (D < 20 mm)	X	X	X	X	X

Figure 8 : Synthèse des opérations à conduire en fonction de la procédure d'échantillonnage

Compte tenu de la granulométrie moyenne des gisements, la constitution d'un échantillon de 1000 kg permettra généralement de s'assurer de la présence, dans cet échantillon, d'au moins 1000 éléments rocheux. Si les prélèvements sont réalisés sur une bande transporteuse, leur nombre sera adapté de telle manière à garantir l'indexation, au final, d'un nombre d'éléments ($D \geq 20$ mm) supérieur ou égal à 1000.

La norme NF EN 932-3 fournit des indications sur la masse **minimale** du matériau (granulats) à fournir pour l'examen, laquelle est fonction de la taille de la plus grande particule, sous forme d'un tableau (Figure 9).

Plus grande taille de particule (en mm)	Masse minimale de l'échantillon (en kg)
$31,5 < D \leq 63$	50
$16 < D \leq 31,5$	25
$8 < D \leq 16$	8
$4 < D \leq 8$	2
≤ 4	0,5

Figure 9 : Rapport entre la plus grande taille de particule et la masse minimale du prélèvement

Si l'échantillon de référence est constitué à partir de matériaux prélevés au niveau des fronts (saignée verticale, matériaux accumulés en base de front), l'échantillon global préalablement réuni pourra contenir une fraction d'éléments très grossiers. Le calcul de la masse minimale à prélever nécessite donc de fixer de façon arbitraire la taille de la plus grande particule. Pour un diamètre fixé à 400 mm et une masse volumique en vrac de $1,4 \text{ g / cm}^3$, la masse minimale de l'échantillon à prélever est d'environ 170 kg. S'agissant de la détermination du potentiel amiantifère d'un gisement, une telle masse sera insuffisante, les masses requises à mobiliser étant estimées entre 1 et 1,5 tonnes, en fonction des proportions relatives entre les fractions fines ($D < 20$ mm) et les fractions grossières ($D \geq 20$ mm). La quantité de galets ($D \geq 20$ mm) contenue dans le premier sous-échantillon constitué à partir de l'échantillon global (1^{er} prélèvement) servira à déterminer le nombre de sous-échantillons (prélèvements) qu'il conviendra de traiter pour être en mesure d'indexer un nombre minimal de galets ($D \geq 20$ mm) égal à 1000.

S'agissant d'un prélèvement sur bande transporteuse en aval de la trémie d'alimentation, la masse à respecter sera fonction de la dimension du plus gros bloc passant dans cette trémie. Par exemple, en prenant pour ce dernier un diamètre de 150 mm et une masse volumique en vrac de $1,4 \text{ g / cm}^3$, la masse minimale de l'échantillon à prélever est d'environ 100 kg. Là aussi, s'agissant de la détermination du potentiel amiantifère d'un gisement, une telle masse sera insuffisante, les masses requises à mobiliser étant estimées entre 1 et 1,5 tonnes. La quantité de galets ($D \geq 20$ mm) contenue dans le premier prélèvement servira à calculer le nombre de prélèvements nécessaires pour être en mesure d'indexer un nombre minimal de galets ($D \geq 20$ mm) égal à 1000. En fonction de son importance et de son devenir dans la chaîne de production (galets définitivement écartés ou repris pour produire des concassés), la fraction la plus grossière, scalpée au niveau de la trémie d'alimentation, fera l'objet ou non d'un prélèvement respectant les mêmes règles.

Si le prélèvement est réalisé à partir d'un échantillon global, préalablement constitué à partir du regroupement des prélèvements individuels faits sur les bandes alimentant les différents stocks commerciaux, la masse minimale de l'échantillon devra répondre aux mêmes recommandations. Le diamètre du plus gros élément commercialisé servira alors à définir la masse minimale de chaque prélèvement (150 mm : ~ 100 kg ; 200 mm : ~120 kg). De la même manière, la quantité d'éléments ($D \geq 20$ mm) contenue dans le premier prélèvement servira à calculer le nombre de prélèvements nécessaires pour être en mesure d'indexer un nombre minimal d'éléments ($D \geq 20$ mm) égal à 1000.

Quelle que soit la solution retenue pour constituer l'échantillon global, les fractions grossière ($D \geq 20$ mm) et fine ($D < 20$ mm) doivent être séparées par tamisage. S'agissant de la fraction fine, la masse minimale du sous-échantillon doit être de l'ordre de 30 kg.

Les classes granulométriques les plus fines ($D < 20$ mm) ne sont pas directement analysées sur le terrain et font donc l'objet de la constitution d'un sous-échantillon spécifique. Ce sous-échantillon doit être soigneusement emballé, étiqueté et conservé par le géologue en charge de l'expertise, dans l'attente des résultats obtenus à partir des échantillons-cibles ($D \geq 20$ mm). En effet, si des occurrences d'amiante sont identifiées dans ces échantillons-cibles, il est possible que l'analyse du sous-échantillon correspondant aux classes granulométriques les plus fines ($D < 20$ mm) ne soit plus nécessaire finalement. Si les résultats obtenus à partir des échantillons-cibles ($D \geq 20$ mm) sont négatifs (amiante non détecté), le sous-échantillon correspondant aux classes granulométriques les plus fines ($D < 20$ mm) est alors transmis au laboratoire pour être analysé. Les contraintes imposées par les laboratoires accrédités par rapport aux poids minimal et maximal des échantillons soumis à des analyses de recherche d'amiante imposeront très probablement de réduire cet échantillon par quartage, jusqu'à obtenir une masse acceptable.

2.6. ETABLISSEMENT DU (DES) SPECTRE(S) PETROGRAPHIQUE(S)

Une fois l'échantillon de référence constitué et la fraction la plus fine séparée par tamisage, l'établissement du spectre pétrographique peut débuter pour la partie restante de l'échantillon ($D \geq 20$ mm). Cette opération est réalisée sur site, dans le but de réduire les opérations de manutention et de transport. La méthode utilisée s'inspire de la norme NF EN 932-3 pour décrire un échantillon de roche.

2.6.1. Types de roches à considérer

S'agissant des types pétrographiques à considérer dans le cadre de l'évaluation du potentiel amiantifère d'un gisement, un tableau a été construit⁵ (Figure 10). Ce tableau est proche de celui présenté dans l'annexe A de la norme NF P 94-001, dont il ne diffère que par sa présentation⁶.

⁵ Dans sa version originale, ce tableau a servi à la construction du tableau présenté dans l'annexe A de la norme NF P 94-001

⁶ Les groupes 4 & 5 ne sont pas présents dans le tableau de l'annexe A qui intègre en revanche un groupe correspondant aux roches détritiques non consolidées (alluvions, moraines, colluvions, éboulis, ...) et un groupe pour les sols (gores, altérites, limons, ...)

Ce tableau présente le niveau de susceptibilité de présence d'amiante dans les principales roches susceptibles d'être rencontrées dans une formation alluvionnaire (liste non exhaustive). Ces roches ont été classées dans différents groupes, en fonction de leur nature pétrographique, de leurs caractéristiques géochimiques et/ou minéralogiques et de leur caractère métamorphique ou non.

Les six premiers groupes correspondent à des roches de nature ou d'origine sédimentaire. Ont été différenciées les roches carbonées (1A), les roches (méta)-carbonatées (1B & 1C), les roches évaporitiques (1D) et les roches détritiques, métamorphiques ou non (1E & 1F).

- 1A : Tourbes, lignites, houilles, anthracites, ...
- 1B : Calcaires, faluns, dolomies, marnes, flyschs calcaires, ...
- 1C : Marbres à minéraux, cipolins, cornéennes, skarns, gneiss à silicates calciques, ...
- 1D : Gypses, cargneules, travertins, ...
- 1E : Arkoses, grès, siltites, pélites, cherts, silexites, flyschs, quartzites, séricitoschistes, micaschistes, ...
- 1F : Grès et arkoses lithiques, conglomérats, brèches, ...

Les sept groupes suivants correspondent à des roches de nature ou d'origine plutonique. Ont été différenciées les roches acides (2A à 2C), les roches intermédiaires à basiques (2D & 2E) et les roches ultrabasiques (2F & 2G).

- 2A : Tonalites, granodiorites, granites, ... (si indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique)
- 2B : Métatonalites et orthogneiss tonalitiques, métagranodiorites et orthogneiss granodioritiques, métagranites et orthogneiss granitiques, ...
- 2C : Granites et métagranites alcalins, plagiogranites et métaplagiogranites, ...
- 2D : Gabbros, dolérites, diorites, monzogabbros, monzodiorites, monzonites, syénites, ... (si indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique)
- 2E : Métagabbros, métadolérites, métadiorites, métamonzogabbros, métamonzodiorites, métamonzonites, métasyénites, amphibolites, éclogites rétro-morphosées, ...
- 2F : Harzburgites, lherzolites, dunites, pyroxénites, ... (si indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique)
- 2G : Métapéridotites serpentinisées, serpentinites, métapyroxénites, talcschistes, schistes à actinolite/trémolite, ophicalcites, ...

Les huit groupes suivants correspondent à des roches de nature ou d'origine volcanique. Ont été différenciées les roches acides (3A à 3C), les roches intermédiaires à basiques (3D à 3F) et les roches ultrabasiques (3G & 3H).

- 3A : Rhyolites, rhyodacites, trachytes, trachydacites, dacites, trachyandésites, andésites, ... (si indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique)
- 3B : Métarhyolites, métarhyodacites, métatrachytes, métadacites, métaandésites, ...
- 3C : Rhyolites et métarhyolites alcalines, orthogneiss rhyolitiques alcalins, ...

- 3D : Trachyandésites basaltiques, trachybasaltes, basaltes andésitiques, basaltes, ... (si indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique)
- 3E : Métatrachyandésites basaltiques, métatrachybasaltes, metabasaltes andésitiques, metabasaltes, prasinites, spilites, schistes et chloritoschistes à actinolite, ...
- 3F : Trachytes et métatrachytes alcalins, ...
- 3G : Picrites indemnes de toute recristallisation tardi- ou post-magmatique, ...
- 3H : Métapicrites serpentinisées, ...

Le groupe (4) correspond à des roches mono- ou polyminérales de type veines et filons (à quartz, calcite, épidote, actinolite, chlorite, etc.) et de type auréoles réactionnelles.

Le dernier groupe (5) correspond aux éléments rocheux pour lesquels il n'est pas possible d'établir un diagnostic pétrographique sur le terrain.

L'indexation des galets ($N \geq 1000$), à partir de l'échantillon de référence, consiste à les classer dans ces différents groupes. Par rapport à leurs caractéristiques déterminées sur le terrain, trois types de galets sont considérés : galets non amiantifères, galets amiantifères, galets suspectés de contenir de l'amiante (Figure 1).

Du fait de leur nature même (type de roche), de nombreux galets sont classés non amiantifères car non susceptibles d'héberger des occurrences d'amiante (galets appartenant aux groupes 1A, 1B, 1D, 1E). Il en est de même pour les galets des groupes 2A, 2D, 2F, 3A, 3D et 3G, dès lors qu'il est établi par le géologue que ces galets ne présentent aucune évidence significative de recristallisation tardi- ou post-magmatique (*cf. infra*).

Les galets contenant des occurrences d'amiante macroscopiques, formellement identifiées par le géologue, sont classés amiantifères. Ces galets appartiendront pour la plupart aux groupes 2E, 2G et 3E.

Les galets restants correspondront aux galets pour lesquels la présence d'amiante n'est que suspectée à l'issue des observations réalisées sur le terrain, du fait de l'absence d'occurrence macroscopique mais de l'identification de critères favorables à la présence d'amiante (recristallisations tardi- ou post-magmatiques, veines tardi-métamorphiques).

GROUPE			PRINCIPAUX TYPES PETROGRAPHIQUES	Susceptibilité de présence d'amiante
Roches de nature ou d'origine sédimentaire	Carbonées	1A	Tourbes - Lignites - Houilles - Anthracites	Nulle
	Carbonatées	1B	Calcaires - Calcaires argileux - Calcaires crayeux - Calcaires gréseux - Faluns Dolomies - Calcaires dolomitiques - Marnes - Marno-calcaires Calcaires marmoréens - Dolomies marmoréennes - Marbres purs	Nulle
		1C	Marbres à minéraux - Cipolins - Cornéennes - Skarns - Gneiss à silicates calciques	Faible
	Evaporitiques	1D	Gypses - Cargneules - Travertins	Nulle
	Détritiques	1E	Arkoses - Grès - Grès calcaires - Siltites - Pérites - Cherts - Silexites Flysch ardoisier - Flysch calcaire - Flysch gréseux Quartzites - Quartzites calcaireux - Séricitoschistes - Micaschistes - Calcschistes	Nulle
		1F	Grès et arkoses lithiques - Conglomérats - Brèches - Poudingues Quartzites impurs - Schistes et paragneiss indifférenciés Paragneiss migmatitiques - Quartzites conglomératiques - Métaarkoses - Métaconglomérats	Faible
	Roches de nature ou d'origine plutonique	Type I	2A	Tonalites - Granodiorites - Monzogranites - Syénogranites (1)
2B			Métatonalites - Métagranodiorites - Méta monzogranites - Méta syénogranites Orthogneiss tonalitiques, granodioritiques, monzogranitiques, syénogranitiques	Faible
2C			Granites alcalins - Syénites alcalines - Plagiogranites Métagranites alcalins - Métasyénites alcalines - Méta plagiogranites Orthogneiss granitiques et syénitiques alcalins, orthogneiss plagiogranitiques	Faible
Type II		2D	Gabbros - Diorites - Monzogabbros - Monzodiorites - Monzonites - Syénites (1) Dolérites (dont ophites) - Lamprophyres (dont vauugnériles) - Teschénites (1)	Nulle
		2E	Métagabbros - Métadiorites - Métamonzogabbros - Métamonzodiorites - Métamonzonites - Métasyénites (2) Dolérites (dont ophites) hydrothermalisées - Amphibolites - Amphibololites - Eclogites rétro-morphosées (2)	Intermédiaire
Type III		2F	Péridotites (Iherzolites, harzburgites, dunites, wehrlites) - Pyroxénites (webstérites, clinopyroxénites, orthopyroxénites) (1)	Nulle
		2G	Métapéridotites serpentinisées - Serpentinites - Métapyroxénites - Métacortlandites (2) Talc schistes et schistes à actinolite/trémolite - Ophicalcites - Auréoles réactionnelles à anthophyllite	Forte
Roches de nature ou d'origine volcanique		Type I	3A	Rhyolites - Rhyodacites - Trachytes - Trachydacites - Dacites - Trachyandésites - Andésites (1)
	3B		Métarhyolites - Métarhyodacites - Métatrachytes - Métadacites - Métaandésites Orthogneiss rhyolitiques, dacitiques, andésitiques	Faible
	3C		Rhyolites alcalines Métarhyolites alcalines Orthogneiss rhyolitiques alcalins	Faible
	Type II	3D	Trachyandésites basaltiques - Trachybasaltes - Basaltes andésitiques - Basaltes (1)	Nulle
		3E	Métatrachyandésites basaltiques - Métatrachybasaltes, Métabasaltes andésitiques - Métabasaltes Prasinites, spilites, chloritoschistes à actinolite	Intermédiaire
		3F	Trachytes alcalins, métatrachytes alcalins	Faible
	Type III	3G	Picrites (1)	Nulle
		3H	Métapicrites serpentinisées	Forte
Veines minérales		4	Veines polyminéales à quartz, calcite, épidote, etc. - Auréoles réactionnelles	Intermédiaire

Figure 10 : Groupes et types de roches à considérer dans le cadre d'une recherche d'amiante (d'après Lahondère, 2021) (le tableau n'inclut pas le groupe 5 correspondant aux éléments indéterminables)

2.6.2. Détermination des éléments ($D \geq 20$ mm) constitutifs de l'échantillon de référence

Chaque élément rocheux ($D \geq 20$ mm) constitutif de l'échantillon de référence est soumis à un examen visuel, à l'œil nu ou avec une loupe de terrain, dans le but de déterminer sa nature pétrographique. Chaque élément indexé est ensuite classé dans l'un ou l'autre des groupes décrits ci-avant (Figure 10). La description peut également comprendre des informations sur la texture, la composition minéralogique et la présence éventuelle de structures fibreuses ou susceptibles d'héberger des fibres. Il peut également être utile de noter la présence, le cas échéant, de minéraux dont la présence, même en faibles quantités, peut entraîner des conséquences importantes (silice amorphe, micas, sulfates, sulfures, amiante, matières organiques, ...). Enfin, chaque élément rocheux constitutif de l'échantillon de référence est soigneusement pesé.

Lorsque l'établissement du spectre pétrographique conduit à l'identification de roches contenant, ou susceptibles de contenir, des structures amiantifères, des sous-échantillons pétrographiquement homogènes sont constitués sur le terrain, autant que de besoin. Chaque sous-échantillon regroupe tous les éléments rocheux (galets) attribués sur le terrain à un même groupe, voire à un même type pétrographique si nécessaire. Ces sous-échantillons sont donc constitués *in fine* d'un ou plusieurs éléments rocheux pétrographiquement similaires.

Le fait d'établir - sur le terrain - le spectre pétrographique des éléments rocheux les plus grossiers ($D \geq 20$ mm) permet de manipuler, d'observer et de classer, en quelques heures seulement, un nombre important d'éléments rocheux (~ 750 / jour), et ainsi d'obtenir rapidement les premières informations. Cette solution peut également être ajustée au fil de l'eau pour tenir compte des premières données acquises et rester en capacité d'identifier des types de roches potentiellement amiantifères qui ne seraient que très faiblement représentés dans le gisement, en augmentant si nécessaire le nombre d'éléments indexés. Cette augmentation ne doit pas se faire par l'ajout d'éléments spécifiques sélectionnés uniquement en fonction de leurs caractéristiques et leur potentiel à contenir de l'amiante (échantillonnage ciblé) car alors, cette sélection influencerait directement sur les proportions relatives des différents groupes. L'augmentation ne peut se faire qu'à travers la prise en compte d'un échantillon de référence plus important et l'indexation d'un nombre de galets plus élevé.

Pour autant, l'établissement d'un spectre pétrographique ne constitue pas toujours une opération simple. De fait, elle doit être mise en œuvre - ou a minima supervisée – par un opérateur disposant des compétences nécessaires à l'identification des roches et à la reconnaissance des minéraux, en particulier les serpentines et les amphiboles. L'équipement nécessaire pour établir les spectres pétrographiques comprend :

- Table, chaise
- Loupe de terrain
- Acide chlorhydrique dilué
- Balance (type balance de cuisine)
- Appareil photo
- Appareil de mesure de la susceptibilité magnétique
- Bâche, bacs de rangement
- ...

2.6.3. Sélection des échantillons-cibles

L'établissement du spectre pétrographique conduit à caractériser un nombre très important d'éléments rocheux (galets). Les sous-échantillons constitués au fur et à mesure de l'établissement du spectre contiendront donc un nombre plus ou moins important de ces éléments. Comme il n'est pas envisageable de prélever à des fins analytiques tous les éléments rocheux dans lesquels la présence de structures amiantifères n'est que suspectée, il est nécessaire de choisir parmi ces derniers ceux qui sont les plus représentatifs des groupes

d'intérêt identifiés. Ces éléments rocheux représentatifs sont désignés ci-après « échantillons-cibles ».

Parmi tous ces galets, il n'est pas utile de prélever des échantillons correspondant à des galets rattachés aux groupes 1A, 1B, 1D et 1E, ces derniers ne possédant pas de potentiel amiantifère. Il en est de même pour les groupes 2A, 2D, 2F, 3A, 3D et 3G, à la condition toutefois qu'aucune évidence significative de recristallisation tardi- ou post-magmatique n'ait été observée dans les éléments rocheux rattachés à ces différents groupes. D'un point de vue pratique, il sera parfois difficile pour le géologue de s'assurer, dès la phase de terrain, de l'absence de telles recristallisations. Dans le doute et en pratique, il s'avérera donc utile d'effectuer quelques prélèvements à des fins de contrôle.

Le nombre d'échantillons-cibles à prélever doit être adapté et tenir compte notamment des susceptibilités de présence d'amiante préalablement affectées à ces éléments. Le nombre d'échantillons-cibles sera plus important pour un groupe affecté d'une susceptibilité de présence d'amiante « intermédiaire » que pour un groupe affecté d'une susceptibilité « faible ».

Dans le cadre de l'établissement du spectre pétrographique, des éléments rocheux contenant des structures fibreuses clairement identifiables et facilement prélevables peuvent également être identifiés, dès la phase de terrain donc. S'il s'avère que ces structures correspondent ou peuvent correspondre à des fibres de serpentine et/ou d'amphibole, les galets qui contiennent ces structures sont prélevés et acquièrent automatiquement le statut d'échantillons-cibles. Lorsque des structures fibreuses de même nature sont identifiées dans un même type pétrographique, une sélection peut être faite pour prélever des galets-hôtes représentatifs.

Des galets représentatifs de chaque famille de roches susceptibles d'être amiantifères (amiante suspecté ; Figure 1) sont ensuite sélectionnés à des fins analytiques. Ils sont conditionnés selon la réglementation en vigueur par le géologue en charge de l'étude, et transmis par le commanditaire de l'étude et sous sa responsabilité au laboratoire accrédité en charge des analyses. Des galets représentatifs des familles de roches reconnues comme étant de nature amiantifère sont également sélectionnés (amiantifères, Figure 1) à des fins analytiques, conditionnés et transmis dans les mêmes conditions au laboratoire accrédité.

Les échantillons-cibles correspondent donc à des éléments rocheux représentatifs des types pétrographiques d'intérêt, sélectionnés à des fins analytiques.

Tous les échantillons-cibles sont photographiés avant d'être conditionnés et expédiés.

Le matériel nécessaire au conditionnement des échantillons-cibles comprend :

- Sacs en plastique de différentes tailles, à fermetures zippées
- Lot d'étiquettes
- Marqueurs permanents
- Rouleaux de rubans adhésifs
- ...

2.6.4. Conservation d'échantillons-témoins

Des échantillons-cibles sont prélevés dans les sous-échantillons correspondant aux types pétrographiques d'intérêt, susceptibles d'héberger des structures amiantifères. Chaque échantillon-cible sélectionné aura des dimensions suffisantes pour permettre la prise d'un fragment témoin, lequel sera conservé par le commanditaire de l'étude, dans le cas notamment où des analyses complémentaires seraient ultérieurement demandées⁷.

De la même manière, un sous-échantillon représentatif des fractions granulométriques les plus fines ($D < 20$ mm) sera conservé par le commanditaire de l'étude.

2.7. PRESENTATION DES RESULTATS

Ce paragraphe présente un exemple de restitution des données acquises sur le terrain à partir de tous les éléments indexés relatifs à l'échantillon de référence.

Pour chaque échantillon de référence analysé, les informations issues de l'indexation des éléments sont synthétisées dans un tableau. Ces informations comprennent, pour chaque groupe de roches, le nombre d'éléments correspondants, les poids du plus petit et du plus gros élément (en kg), le poids moyen (en kg), le poids total (en kg) et le rapport entre le poids de la fraction et le poids total du prélèvement (en %) (Figure 11).

Une autre présentation qui peut être faite des résultats, complémentaire, consiste à expliciter les relations entre la taille des éléments et leur nature pétrographique. Dans l'exemple présenté (Figure 12), cinq classes granulométriques ont été prises en considération dans cette analyse (≤ 50 mm, 50-100 mm, 100-150 mm, 150-200 mm, > 200 mm). Cette présentation conduit à assimiler tous les éléments à des sphères. Dans la réalité, les galets ne correspondent que rarement à des éléments sphériques. Cependant, à partir des informations relatives au poids d'un galet et à la valeur calculée ou approchée de sa masse volumique (déduite de sa nature pétrographique), il est néanmoins possible de calculer un diamètre théorique et de classer l'échantillon dans l'une des classes granulométriques retenues.

⁷ L'arrêté du 1^{er} octobre 2019 précise que des observations et des analyses complémentaires peuvent être effectuées en MOLP, en microscopie électronique à balayage (MEB) ou à la microsonde électronique à partir de lames minces (sections polies)

Prélèvement n° 1						
Groupe	Nb_Elts	Min (kg)	Max (kg)	Moy (kg)	Total (kg)	Poids %
1A	-	-	-	-	-	-
1B	432	0,212	8,155	1,739	751,343	65,37
1C	-	-	-	-	-	-
1D	-	-	-	-	-	-
1E	44	0,348	7,954	2,335	102,732	8,94
1F	-	-	-	-	-	-
2A	98	0,106	8,431	2,060	201,863	17,56
2B	-	-	-	-	-	-
2C	-	-	-	-	-	-
2D	1	1,201	1,201	1,201	1,201	0,10
2E	27	0,231	5,182	1,384	37,376	3,25
2F	-	-	-	-	-	-
2G	7	0,337	2,198	1,079	7,552	0,66
3A	2	0,482	5,615	3,049	6,097	0,53
3B	-	-	-	-	-	-
3C	-	-	-	-	-	-
3D	-	-	-	-	-	-
3E	21	0,242	4,485	1,872	39,314	3,42
3F	-	-	-	-	-	-
3G	-	-	-	-	-	-
3H	-	-	-	-	-	-
4	3	0,335	0,946	0,629	1,887	0,16
5	-	-	-	-	-	-
Totaux :	635	0,106	8,431	1,810	1149,365	100,00

Figure 11 : Exemple de présentation des résultats

Prélèvement n° 1										
Groupe	0-50 (mm)		> 50-100 (mm)		> 100-150 (mm)		> 150-200 (mm)		> 200 (mm)	
	Nb_Elts	Poids %	Nb_Elts	Poids %	Nb_Elts	Poids %	Nb_Elts	Poids %	Nb_Elts	Poids %
1A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1B	0	-	241	72,96	167	62,37	24	65,64	0	-
1C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1E	0	-	18	6,20	21	8,26	5	14,17	0	-
1F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A	3	100,00	35	10,90	55	20,84	5	15,36	0	-
2B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2D	0	-	1	0,46	0	-	0	-	0	-
2E	0	-	19	5,23	7	2,80	1	2,32	0	-
2F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2G	0	-	5	1,29	2	0,63	0	-	0	-
3A	0	-	1	0,19	0	-	1	2,51	0	-
3B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3E	0	-	10	2,04	11	4,43	0	-	0	-
3F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0	-	3	0,73	0	-	0	-	0	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaux :	3	-	333	-	263	-	36	-	0	-

Figure 12 : Exemple de répartition des éléments en fonction de leur groupe d'appartenance et de leur diamètre

2.8. CONDITIONNEMENT ET EXPEDITION DES ECHANTILLONS

Le conditionnement des échantillons-cibles et des sous-échantillons correspondant à la fraction fine ($D < 20$ mm) est réalisé sur site, sous double emballage étanche à l'air (fermetures zippées) et suffisamment résistant pour être transporté ou stocké.

L'identification de l'échantillon (Référence de terrain) est portée de manière indélébile sur l'emballage, dès le prélèvement réalisé. Une fiche d'accompagnement renseignée par le géologue, reprenant l'identification et d'autres informations utiles, est jointe à chaque échantillon transmis au laboratoire choisi pour réaliser les analyses réglementaires (Figure 13).

I. Informations	
Référence de l'échantillon	
Date du prélèvement	
Lieu du prélèvement (Commune - Code postal)	
Coordonnées du prélèvement	
Nom et numéro de la carte géologique 1/50 000	
Formation géologique échantillonnée	
Pré-identification pétrographique	
II. Caractérisation de l'échantillon et description macroscopique	
Référence de l'échantillon	
Masse de l'échantillon (en grammes)	
Susceptibilité magnétique	
Identité du géologue en charge des observations	
Date des observations	
Type pétrographique observé (ZMNP ¹ 1) (part volumique estimée)	
Structure(s) planaire(s) ²	
Structure(s) linéaire(s) ³	
Présence de serpentine(s) ⁴	
Présence d'amphibole(s) ⁴	
Veines (tardi)-métamorphiques	
Importance et composition minéralogique des veines ⁵	
L'échantillon est-il susceptible de contenir des fibres réglementées ?	
Ces fibres sont-elles avérées ou suspectées ?	
Les fibres avérées sont-elles facilement séparables et prélevables ?	
Type pétrographique associé ⁶ (ZMNP 2) (part volumique estimée)	
Type pétrographique associé ⁶ (ZMNP 3) (part volumique estimée)	

Figure 13 : Informations portées sur la fiche descriptive d'un échantillon-cible

¹ : ZMNP = Zone de Même Nature Pétrographique ; ² & ³ : Se référer aux structures décrites dans les ouvrages de référence ; ⁴ : Avérée, Probable, Possible, Improbable, Impossible ; ⁵ : Importance (épaisseur, densité) et composition minéralogique ; ⁶ : Fait l'objet des mêmes descriptions en cas de potentiel amiantifère suspecté (dans une fiche distincte)

La manipulation et le transport des échantillons doivent être réalisés en conformité avec la réglementation.

2.9. RAPPORT DE FIN D'EXPERTISE

Au terme de son expertise, le géologue en charge de l'étude du gisement transmet directement son rapport au commanditaire de l'étude. Ce rapport décrit l'ensemble des actions réalisées dans le cadre de l'expertise de terrain (analyse préalable du contexte géologique, étude géologique du site, établissement de la stratégie d'échantillonnage, procédure d'échantillonnage, résultats synthétisés du (des) spectre(s) pétrographique(s), liste des échantillons transmis et fiches descriptives afférentes).

Un exemple de fiche renseignée est présenté ci-après (Figure 14).

I. Informations	
Référence de l'échantillon	2025-DUR-12
Identité et fonction	XXX
Entreprise/Etablissement	BRGM
Date du prélèvement	15-févr.-25
Lieu du prélèvement (Commune - Code postal)	Monétier-Allemont - 05110
Coordonnées du prélèvement	E 5,944605 ; N 44,379226
Nom et numéro de la carte géologique 1/50 000	Laragne-Monteglin (893)
Formation géologique échantillonnée	Fz2 : Alluvions fluviales des lits majeurs
Pré-identification pétrographique	Métabasalte à veines à épidote
II. Caractérisation de l'échantillon et description macroscopique	
Laboratoire en charge de la caractérisation	BRGM
Date de réception de l'échantillon par le laboratoire	20-févr-25
Identité et fonction	XXX
Référence de l'échantillon	2025-DUR-12
Masse de l'échantillon (en grammes)	1507,13
Volume de l'échantillon (en cm ³)	523,5
Porosité de l'échantillon (en %)	0,19
Masse volumique apparente (en g/cm ³)	2,879
Masse volumique réelle ((en g/cm ³)	2,884
Susceptibilité magnétique	0,251 ; 0,330 ; 0,355 [0,312]
Identité et fonction du géologue en charge des observations	XXX
Date des observations	09-avr-25
Type pétrographique observé (ZMNP ¹ 1) (part volumique estimée)	Métabasalte (100%)
Structure(s) planaire(s) ²	Non observées
Structure(s) linéaire(s) ³	Non observées
Présence de serpentine(s) ⁴	Improbable
Présence d'amphibole(s) ⁴	Probable
Veines (tardi)-métamorphiques	Oui
Importance et composition minéralogique des veines ⁵	Epidote, ?actinolite (1 à 5 mm)
L'échantillon est-il susceptible de contenir des fibres réglementées ?	Oui
Ces fibres sont-elles avérées ou suspectées ?	Suspectées
Les fibres avérées sont-elles facilement séparables et prélevables ?	Sans objet
Type pétrographique associé ⁶ (ZMNP 2) (part volumique estimée)	Sans objet
Type pétrographique associé ⁶ (ZMNP 3) (part volumique estimée)	Sans objet+B14:C36B21B15:C36

Figure 14 : Exemple de fiche renseignée

3. Points d'attention

Préalablement au déploiement du protocole, il est appelé tout particulièrement l'attention des parties prenantes sur la nécessité de s'assurer de la compétence des géologues en charge de ces expertises. Au-delà de leur compétence académique en géologie, ils devront s'approprier correctement les termes de ce protocole avant de l'appliquer sur le terrain.

La norme NF P94-001, relative au repérage de l'amiante avant travaux dans les sols et roches en place, ne s'applique pas à l'exploitation courante des carrières. Pour autant, cette norme précise les compétences et les qualités requises pour les géologues en charge de la réalisation de ces repérages. Ainsi, il apparaît évident que les géologues intervenant dans le cadre de la caractérisation du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire puissent également justifier des mêmes compétences et qualités.

Pour rappel, la norme NF P94-001 précise que « *Le repérage des objets géologiques contenant de l'amiante environnemental requiert une bonne connaissance des roches et des sols et des processus géologiques permettant la formation d'amiante environnemental, ainsi que de l'expérience de terrain et de la rigueur. Il convient donc que la personne qui recherche les objets géologiques susceptibles de contenir de l'amiante environnemental, puis localise et identifie ceux qui en contiennent effectivement, satisfasse à un certain nombre d'exigences. Cette personne, dénommée dans le présent document « Géologue opérateur de repérage », justifie de compétences techniques spécifiques (géologie, minéralogie, pétrographie et processus hydrothermaux...) et d'une assurance pour ce type d'activités.* ».

Pour les géologues opérateurs de repérage, le code du travail fixe :

- La formation à la prévention des risques liés à l'amiante
- Les modalités que doivent respecter les modes opératoires mis en œuvre pour leur mission

Le protocole a fait l'objet en 2024 de tests préliminaires, menés sur des alluvions actuelles de plusieurs (8) sites naturels, hors de tout contexte extractif (Rapport BRGM-RP-74245-FR). Sa mise en œuvre sur ces 8 sites a confirmé son intérêt et sa capacité à être rapidement utilisé par des géologues sensibilisés à ses principes sans pour autant avoir contribué à son élaboration.

La caractérisation globale du potentiel amiantifère d'un gisement alluvionnaire comprend deux phases distinctes, une partie « Terrain » et une partie « Laboratoire ». Le protocole décrit dans ce document ne concerne que la partie « Terrain », au terme de laquelle des échantillons sont prélevés à des fins analytiques et transmis à des laboratoires accrédités à même de réaliser les analyses définies par la réglementation en vigueur. Pour une carrière alluvionnaire donnée, le diagnostic établi dépend, d'une part, des données issues de l'expertise sur le terrain et de la sélection des échantillons-cibles et, d'autre part, des résultats qui seront acquis par les laboratoires accrédités à partir de ces mêmes échantillons.

Bien que la norme NF P94-001 ait introduit la possibilité, pour le géologue opérateur de repérage, de solliciter de nouvelles investigations, en particulier lorsqu'il convient de s'assurer de la nature amiantifère d'échantillons ne contenant que de rares fibres, les conclusions réglementaires établies par un laboratoire accrédité ne sont pas susceptibles d'être remises en cause. En l'état actuel de la réglementation et en tout état de cause, les résultats sur la nature amiantifère ou non amiantifère des échantillons-cibles transmis par le géologue opérateur sont donc de la seule responsabilité du laboratoire accrédité.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale ou UTAM

Adresse

Tél. :

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm