

Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Inventaire des cavités souterraines de l'Eure et de Seine-Maritime

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Direction Régionale de Normandie

7 Rue Andreï Sakharov, 76130 Mont-Saint-Aignan



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Tuteur entreprise :
Grégoire DECTOT
Ingénieur risques naturels

Tuteur académique :
Vincent ROTGE

Antonin DUBOIS

UIT

2021-2022



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Antonin DUBOIS

2021-2022

Inventaire des cavités souterraines de l'Eure et de Seine-Maritime

Résumé :

Les départements de l'Eure et de Seine-Maritime sont particulièrement vulnérables aux risques que représentent les cavités souterraines. Ce territoire qui regroupe des zones densément peuplées et diverses activités économiques, doit donc être en mesure de prévenir ces risques liés aux cavités (désordre de surface, dépression, effondrement, ...). C'est dans ce cadre que le BRGM intervient. Il est chargé de recenser les cavités souterraines avec l'appui des acteurs du territoire (Directions Départementales des Territoires et de la Mer, Bureaux d'études, collectivités territoriales, ...).

L'objet de ce stage est la mise à jour de la base de données des cavités souterraines, concernant l'ex Haute-Normandie. Il s'agit de récupérer des données auprès des DDTM 27 et 76, les analyser, les intégrer à un SIG puis les bancariser dans la base en vue d'une diffusion sur le site Géorisques.

Au cours de ce stage, des missions de terrains ont été réalisées dans le cadre d'expertises pour évaluer les risques d'un glissement de terrain au niveau d'un versant et l'état d'une falaise sous-cavée.

Mots Clés :

Cavité, marnière, karst, aménagement, risque, base de données, Normandie

BRGM

Adresse siège : 3 avenue Claude-Guillemin - BP 36009 45060 Orléans

Tuteur entreprise :

Grégoire DECTOT
Ingénieur risques naturels

Tuteur académique :

Vincent ROTGE

Table des matières

1.	Introduction.....	5
1.1.	Présentation du stage.....	5
1.2.	Présentation du BRGM.....	5
1.2.1.	Le BRGM : présentation historique	5
1.2.2.	Le BRGM aujourd’hui.....	6
2.	Les cavités souterraines	8
2.1.	Le contexte géologique normand.....	8
2.2.	Les risques liés aux cavités en Haute-Normandie	9
2.3.	Typologies de cavités souterraines	10
2.3.1.	Les marnières	10
2.3.2.	Cavités karstiques et bétoires	11
2.3.3.	Les ouvrages militaires	12
2.3.4.	Les ouvrages civils et caves	12
3.	Les missions réalisées.....	12
3.1.	Présentation de la Base de données Cavités.....	12
3.2.	La mise à jour de la base de données concernant le département de la Seine-Maritime....	14
3.2.1.	Les cavités en Seine-Maritime : tour d’horizon.....	14
3.2.2.	Les étapes de la mise à jour : détails et méthodes	14
3.2.3.	Limites et inconvénients de la mise à jour et tentatives d’améliorations du traitement	17
3.2.4.	Travail avec la DDTM76.....	19
3.3.	La mise à jour de la Base de données concernant le département de l’Eure	21
3.3.1.	Les cavités dans l’Eure : tour d’horizon.....	21
3.3.2.	La problématique de la base dans l’Eure	22
3.3.3.	Correction de la base : détails et méthodes.....	22
3.4.	Missions de terrains	23
3.4.1.	Prospection d’une falaise sous-cavée	23
4.	Conclusion	27
4.1.	Bilan des missions réalisées	27
4.2.	Retour sur le stage.....	28
5.	Remerciements	29
6.	Bibliographie.....	29
7.	Annexes	31
	Annexe 1 : Echelle des temps géologiques simplifiée.....	31
	Annexe 2 : Phénomènes karstiques	32

Annexe 3 : Tableau de saisie des données cavités.....	33
Annexe 4 : Correspondance des champs entre les bases DDTM76 et BRGM.....	34
Annexe 5 : Comptes-rendus des réunions avec la DDTM	34
Annexe 6 : Détail du code de transition DDTM76/BRGM	38

Tables des illustrations

Figure 1 : Visite de Jacques Chirac en Arabie Saoudite en 1996. © BRGM.....	5
Figure 2 : Forage géothermique à Creil dans l'Oise. © BRGM	6
Figure 3 : Répartition de l'activité internationale du BRGM par pays (2021). © BRGM.....	7
Figure 4 : Carte géologique de Normandie ©BRGM.....	8
Figure 5 : Les différents niveaux crayeux	8
Figure 6 : Densité de population en Haute-Normandie. © Observatoire des territoires	10
Figure 7 : Densité de cavités en Haute-Normandie. Auteur : Antonin Dubois	10
Figure 8 : Les typologies de carrière souterraines. Céline ADAM & al, 2008.....	10
Figure 9 : Méthodes d'exploitations des cavités. Céline ADAM & al, 2008.	11
Figure 10 : Page d'accueil Géorisques	12
Figure 11 : Interface principale de la base de données Cavités	13
Figure 12 : Interface de saisie de la base de données Cavités	13
Figure 13 : Localisation des indices de cavités bancarisés en Seine-Maritime. Auteur : Antonin Dubois	14
Figure 14 : Exemple de deux fiches de deux bureaux d'études différents	17
Figure 15 : Schéma synthétiques des réflexions sur l'automatisation des traitements	18
Figure 16 : Méthode de détection des doublons utilisée au BRGM	19
Figure 17 : Outil de transition entre les tables DDTM76 et BRGM	20
Figure 18 : Localisation des indices de cavités bancarisés dans l'Eure. Auteur : Antonin Dubois	21
Figure 19 : Formule de comparaison des données	22
Figure 20 : Formule de recherche d'identifiants	23
Figure 21 : Ancien couvent (a) et sa partie réhabilitée en habitation (b). Auteur : Antonin Dubois	23
Figure 22 : Cavité de 65m de long, répartie sur deux niveaux. Auteur : Antonin Dubois.....	24
Figure 23 : Cavité avec deux diaclases visibles. Auteur : Antonin Dubois.....	24
Figure 24 : Façade de la falaise sous-cavée. Auteur : Antonin Dubois.....	24
Figure 25 : Parcellaire de la zone d'expertise. Auteur : David Ribes	25
Figure 26 : vue du versant (a), perré instable avec bombement et trou (b), traces d'infiltration d'eau (c), perré submergé par la végétation (d). Auteur : Antonin Dubois	25
Figure 27 : Schéma en coupe du versant. Auteur : David Ribes.....	26
Figure 28 : Bloc fracturé surplombant la cour. Auteur : Antonin Dubois.....	26
Figure 29 : Communes traitées en Seine-Maritime durant la tranche 12.....	27

1. Introduction

1.1. Présentation du stage

Ce stage s'inscrit dans la formation d'ingénieur en Génie de l'Aménagement et de l'Environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours. Il clôture la 4^e année de la formation d'ingénieur et sa validation est nécessaire pour le passage en 5^e année. Le stage qui va être présenté, a une durée de 3 mois. Il se déroule du 11 avril au 12 juillet 2022 et est réalisé au sein de la Direction Régionale normande du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, sous l'encadrement de Grégoire Dectot et David Ribes, ingénieurs risques naturels. Le stage portera principalement sur l'inventaire des cavités souterraines des départements de l'Eure et de Seine-Maritime. Les principaux objectifs sont les suivants : consolidation de la base de données cavités concernant les deux départements cités (par de la recherche bibliographique, du traitement SIG et de la gestion de bases de données), réaliser un rapport BRGM sur l'avancement de l'inventaire des cavités et proposer des améliorations de la méthodologie pour la saisie des cavités dans la base.

1.2. Présentation du BRGM

1.2.1. Le BRGM : présentation historique

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, ou plus simplement BRGM, a été créé en 1959 à la suite de la fusion de trois organismes : Le Bureau de recherches géologiques, géophysiques et minières, le Bureau de recherche minier en Algérie et le Bureau minier de Guyane. Ce regroupement des bureaux géologiques français intervient au moment où l'ordre économique et géopolitique mondiale est en pleine transformation (décolonisation, coopération et rivalité internationale, ...). Dans les années suivantes, le BRGM va poursuivre son développement en intégrant d'autres entités comme la direction fédérale des mines et de la géologie d'Afrique occidentale et équatoriale française. En parallèle, il va s'organiser sur le territoire national en implantant progressivement des services géologiques régionaux. Mais ce sont les projets miniers qui vont réellement faire fleurir le bureau. En 1964, le BRGM va signer un contrat de prospection géologique et minière avec l'Arabie Saoudite, d'une durée de plus de 40 ans, ce qui reste à ce jour l'accord le plus conséquent de l'histoire du BRGM (figure 1). Une décennie plus tard, lorsque la crise pétrolière survient, le BRGM voit son activité augmenter. En effet, il fut sollicité par la France et d'autres pays, pour mettre à profit son expertise et son savoir-faire afin de prospecter pour de nouvelles exploitations, dans le but de trouver de nouveaux approvisionnements en hydrocarbure. Le BRGM va ainsi gagner en renommée à l'international. Mais ça n'est pas pour autant que les projets nationaux vont être délaissés. Il va mener d'important travaux de recherche pour mieux connaître le sous-sol, notamment l'hydrogéologie du territoire national, pour mieux prévenir les épisodes de sécheresse. Cependant, dans les années 80, l'âge d'or du bureau va arriver à son terme. De nombreux projets miniers vont être abandonnés notamment à la suite d'une crise mondiale sur les minerais et métaux. L'établissement va alors changer



Figure 1 : Visite de Jacques Chirac en Arabie Saoudite en 1996. © BRGM



Figure 2 : Forage géothermique à Creil dans l'Oise. © BRGM

des risques, production d'énergie propre, ...). Il met à disposition du grand public la banque du sous-sol, continue d'encourager la recherche et l'innovation. Et depuis 2006, le BRGM est garant de la sécurité sur d'anciens sites miniers (BRGM, 2022c).

1.2.2. Le BRGM aujourd'hui

1.2.2.1. En France

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières est un établissement public à caractère industriel et commercial – EPIC – au même titre que l'ADEME ou la SNCF, c'est-à-dire qui produit et commercialise des biens ou encore des services, sous la tutelle d'une entité publique comme l'Etat ou des collectivités. Mais en se basant essentiellement sur le droit privé du travail (L-Expert-Comptable, 2022). Il est sous la tutelle du ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, du ministre de la Transition écologique et du ministre des Finances et de la Relance. Ces objectifs principaux sont l'étude des sols et du sous-sol ainsi que des risques qui en découlent, le développement de nouvelles méthodes de recherches et d'analyses, la diffusion d'informations, l'appui aux politiques publiques et enfin la prévention des risques et des pollutions face au changement climatique. Ces différents objectifs s'inscrivent dans diverses thématiques allant de la gestion des eaux souterraines jusqu'à l'aménagement du territoire en passant par la question de l'énergie. Le BRGM est donc un établissement pluridisciplinaire qui compte 1052 salariés dont 700 ingénieurs et chercheurs spécialisés dans les domaines de l'hydrologie, la géologie, l'informatique, l'énergétique, ... (BRGM, 2022a).

1.2.2.2. Dans le monde

Bien qu'étant un établissement public français, le BRGM s'illustre dans le monde notamment par le biais de programmes de coopérations internationales et est aujourd'hui considéré comme un leader des géosciences à l'échelle mondiale. Les missions et objectifs restent pour la plupart identiques qu'en France mais adaptés en fonction des différentes problématiques et besoins auxquels font faces les pays, dans lesquels le BRGM intervient. Le BRGM peut donc intervenir pour des missions de recherches et d'informations, sur des questions de ressources minérales comme les métaux rares, sur les problématiques d'accès à l'eau, sur la gestion et la prévention des risques naturels et enfin sur les questions environnementales de production d'énergie géothermique et le stockage du CO₂ (BRGM, 2022b). Sur l'année 2021-2022, le BRGM été engagé dans 25 pays (BRGM, 2022a ; figure 3).

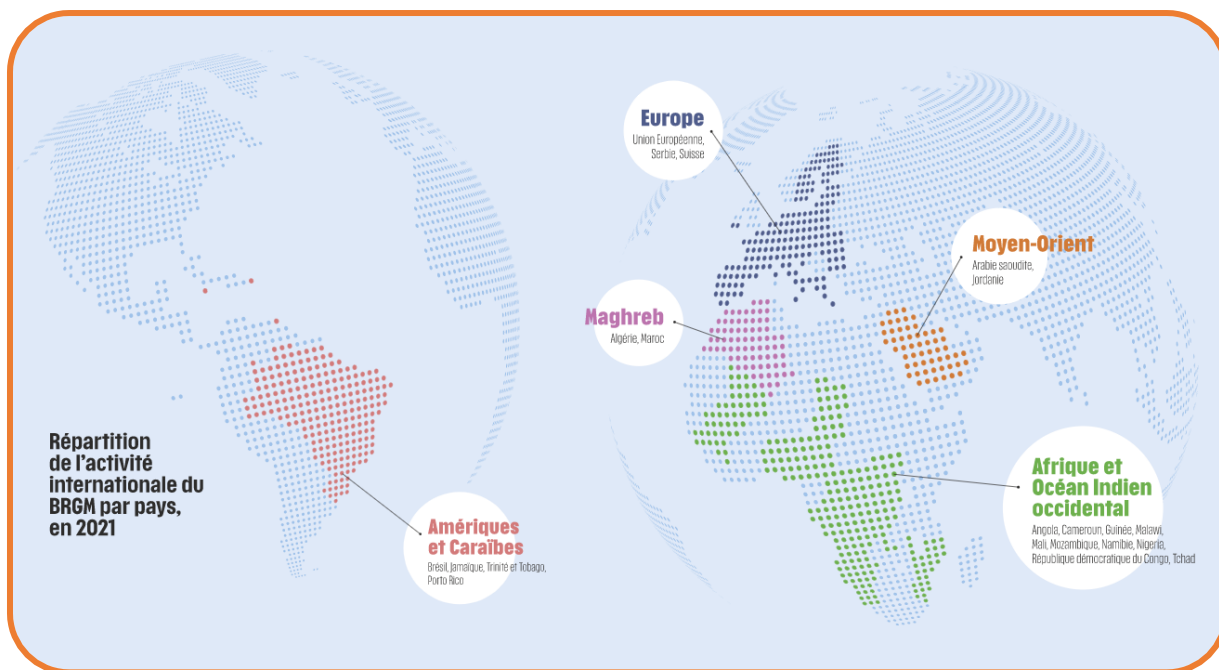


Figure 3 : Répartition de l'activité internationale du BRGM par pays (2021). © BRGM

Les différents projets ou travaux du BRGM dans le monde sont généralement commandités par de grandes institutions internationales comme la Banque mondiale pour fournir une aide à des pays en développement, par les Etats eux-mêmes ou alors par des instances géologiques internationales pour participer, par exemple, à des programmes de recherches.

Un exemple de projet international : Depuis juillet 2021, le BRGM apporte son soutien à la Namibie pour lutter contre la sécheresse qui touche le pays. L'objectif principal est de mettre en place un outil de gestion des ressources en eau et de prévention des épisodes de sécheresse (BRGM, 2021)

1.2.2.3. En Normandie

Le BRGM dispose de 28 implantations et Directions Régionales sur le territoire métropolitain et en Outre-mer. Cette répartition permet d'accompagner plus efficacement les partenaires publics et privés locaux, ainsi que d'avoir une meilleure connaissance des différents enjeux présents sur chaque territoire. Nous allons nous pencher plus particulièrement sur la Direction Régionale de Normandie - lieu où est effectué le stage - implanté à Mont-Saint-Aignan dans la métropole de Rouen. Cette antenne est composée d'une dizaine d'employés (ingénieurs et techniciens) sous la direction de Didier Pennequin. La région Normandie est un territoire à dominance rural mais avec la présence d'importants pôles industriels dans les villes de Rouen, du Havre et de Caen et plus globalement le long de la Seine. A cela s'ajoute le caractère maritime de la région, avec plus de 640km de côtes qui accueille la majorité de l'activité touristique du territoire. Ceci implique donc un ensemble d'enjeux régionaux que le BRGM va devoir traiter. Tout d'abord, il y a la question de l'eau et de la pollution liée aux industries et à l'agriculture. Il y a donc une grande part du travail de la direction régionale de Normandie qui est dédiée à l'évaluation et à la gestion de la ressource en eau. Une autre mission, est la surveillance de l'érosion, des falaises notamment, dans le but de prévenir d'éventuelles chutes de blocs et glissements de terrain. On retrouve aussi les risques liés aux cavités souterraines et effondrements qui seront développés plus en détails par la suite. De façon plus générale, l'équipe normande du BRGM apporte son soutien et son expertise aux départements (DDTM), à la régions (DREAL) aux collectivités territoriales et agences de l'eau, notamment sur des questions

d'aménagement du territoire. Des travaux sont aussi réalisés avec des partenaires privés ou particuliers (BRGM, 2022d).

2. Les cavités souterraines

2.1. Le contexte géologique normand

La Normandie est une région au sein de laquelle deux grands ensembles géologiques se rencontrent (figure 4). Le Massif armoricain à l'Ouest et le Bassin parisien à l'Est. La répartition de ces deux ensembles correspond à peu de chose près à l'ancien découpage administratif entre les anciennes régions de Haute et de Basse Normandie.

La partie normande où s'étend le Massif armoricain – le département de la Manche et les parties Ouest des départements de l'Orne et du Calvados – est caractérisé par la présence de roches dures anciennes, détritiques, métamorphiques ou encore plutonique issues des orogénèses cadomiennes - début cambrien- et hercyniennes - Dévonien et Carbonifère. Elles sont aujourd'hui les vestiges d'une ancienne chaîne de montagne qui s'est formée il y a 600 millions d'années (Michel Ballevre & al, 2013).

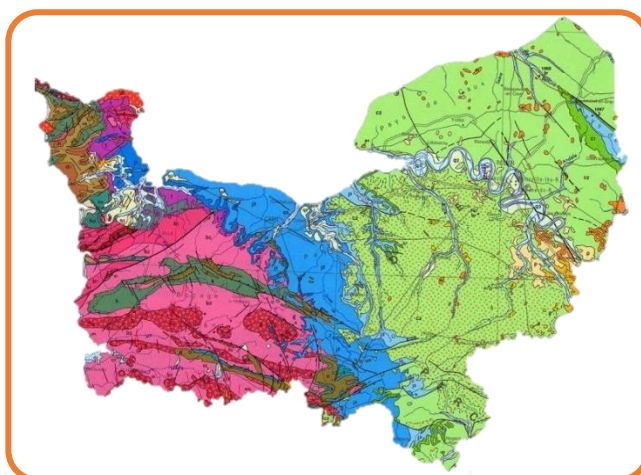


Figure 4 : Carte géologique de Normandie ©BRGM

La partie Est de la Normandie, repose sur le Bassin parisien qui représente une large zone sédimentaire, constituée de roches détritiques et carbonatées, qui s'est formée durant les âges Mésozoïque et Cénozoïque. Les départements de l'Eure et de la Seine-Maritime reposent sur un important substratum crayeux datant du Crétacé supérieur. La craie est par conséquent le principal constituant des plateaux de l'ex Haute-Normandie. Cette roche est reconnaissable à sa couleur blanche et son caractère poreux et friable. Plusieurs couches ou séries crayeuses se superposent, chacune ayant des caractéristiques propres et différents types d'exploitations par l'homme (figure 5).

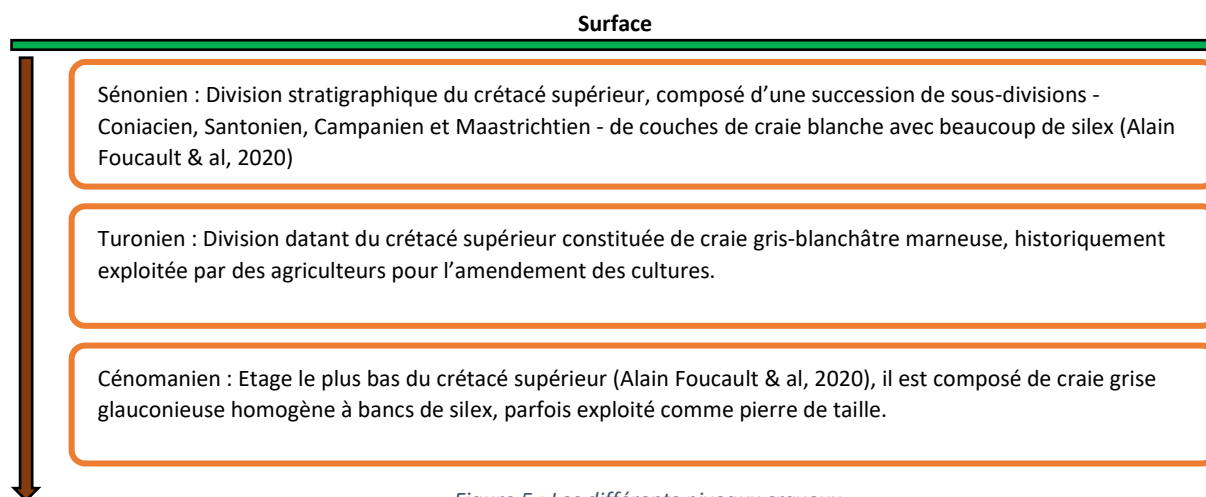


Figure 5 : Les différents niveaux crayeux

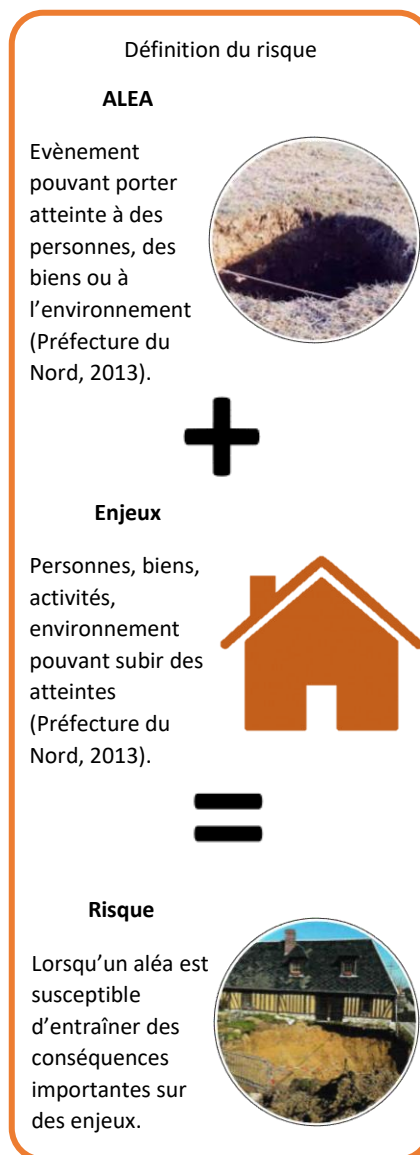
En couverture de ces formations, on retrouve de la craie altérée souvent accompagnée d'argiles à silex. Des limons de plateaux sont aussi présent dans les couches supérieures, sur les plateaux et versants de faible inclinaison, et sont principalement constitués de fines particules de quartz. Ces limons sont parfois utilisés comme matière première pour la réalisation de briques.

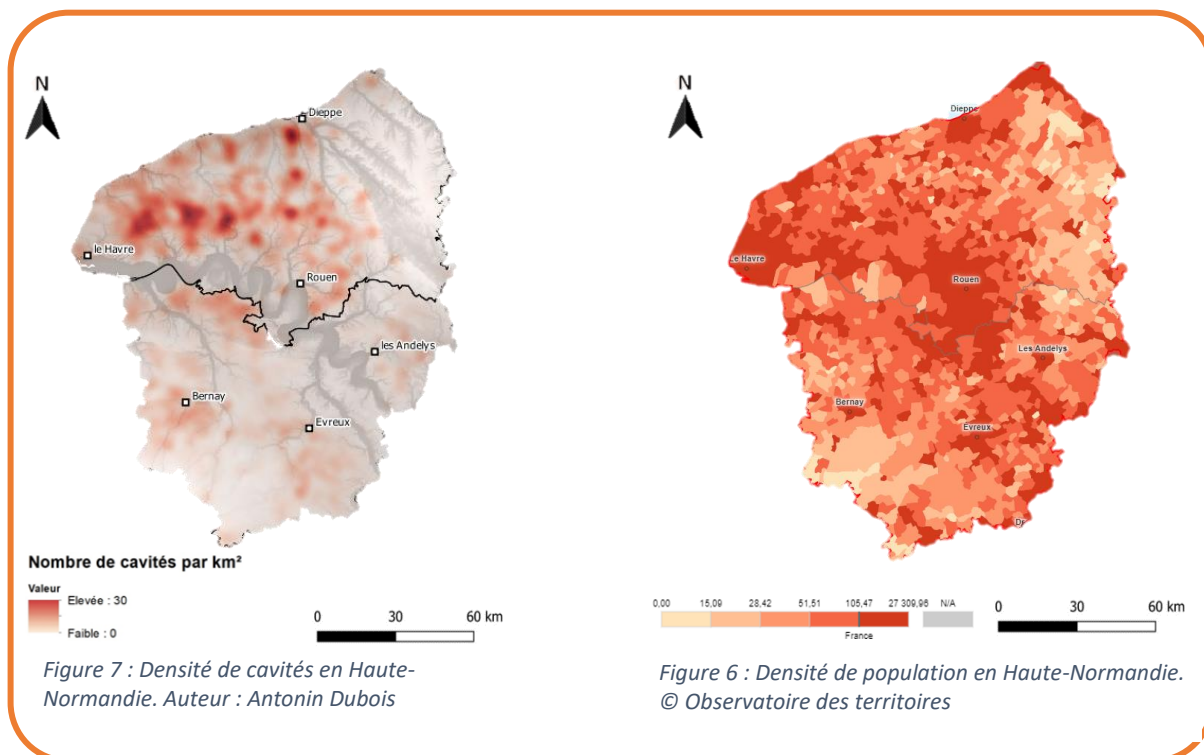
2.2. Les risques liés aux cavités en Haute-Normandie

Le risque lié aux cavités est non-négligeable dans les départements de l'Eure et de Seine-Maritime du fait du contexte géologique. Les formations crayeuses réparties sur tout le territoire Haut-Normand sont propices à l'apparition de cavités naturelles. La craie est dissoute par le passage de l'eau, formant des réseaux karstiques. Ce phénomène de dissolution en plus de contraintes mécaniques peut entraîner des aléas tel que des affaissements ou effondrements. De plus, des poches d'argiles, contenues dans la craie, peuvent être percées après la dissolution des roches qui les entourent, conduisant à la formation de vide souterrain et de désordre en surface.

Cependant, ce risque est par endroit accentué par les activités humaines. Le sous-sol crayeux a été très fortement exploitée par le passé, notamment pour l'agriculture. Si bien qu'un grand nombre de cavités anthropiques ont été creusées. Elles posent aujourd'hui problème, car avec l'altération et la dissolution des roches, des chutes de toit, des ruptures de piliers de soutènement, des débourrages de puits d'accès ou encore des remontés de cloche de fontis surviennent, causant des désordres à la surface, pouvant aller de la simple dépression à l'effondrement. La présence de ses cavités s'accompagne d'aléas qui représentent donc une contrainte pour l'aménagement du territoire, d'autant plus qu'une grande partie d'entre-elles n'est pas localisée. A partir des données recueillies par le BRGM (figure 7), il y aurait 4,4 cavités anthropiques/km² dans les départements de l'Eure et de Seine-Maritime. Cependant une étude estime qu'il y aurait en réalité près de 12 cavités anthropiques/km² (Manier & Gaumet, 2004), soit 100 000 à 120 000 cavités sur les deux départements.

Ce territoire de l'ex Haute-Normandie regroupe plusieurs enjeux vulnérables aux aléas découlant des cavités souterraines. Les activités économiques industrielles, agricoles et touristiques peuvent être atteintes. Mais avec 1 855 419 habitants en 2019 et une densité moyenne de 150 hab/km² – nettement supérieur à la moyenne nationale qui est de 107,2 hab/km² – la population et les espaces de vie représentent l'enjeu majeur de ce territoire. Bien que les grandes agglomérations comme Rouen ou Le Havre ne soient pas exposées à une grande vulnérabilité, une grande partie du cœur de la Seine-Maritime l'est, parfois dans des zones fortement peuplées (figure 6).





2.3. Typologies de cavités souterraines

2.3.1. Les marnières

Très présentes en Haute-Normandie, dans les départements de l'Eure et de la Seine-Maritime, les marnières désignent des carrières souterraines utilisées autrefois pour extraire de la craie qui servait ensuite à l'amendement des terres agricoles.

Plusieurs typologies de marnières se distinguent, d'une part en fonction du type d'accès qui dépend majoritairement du contexte géomorphologique (figure 8).

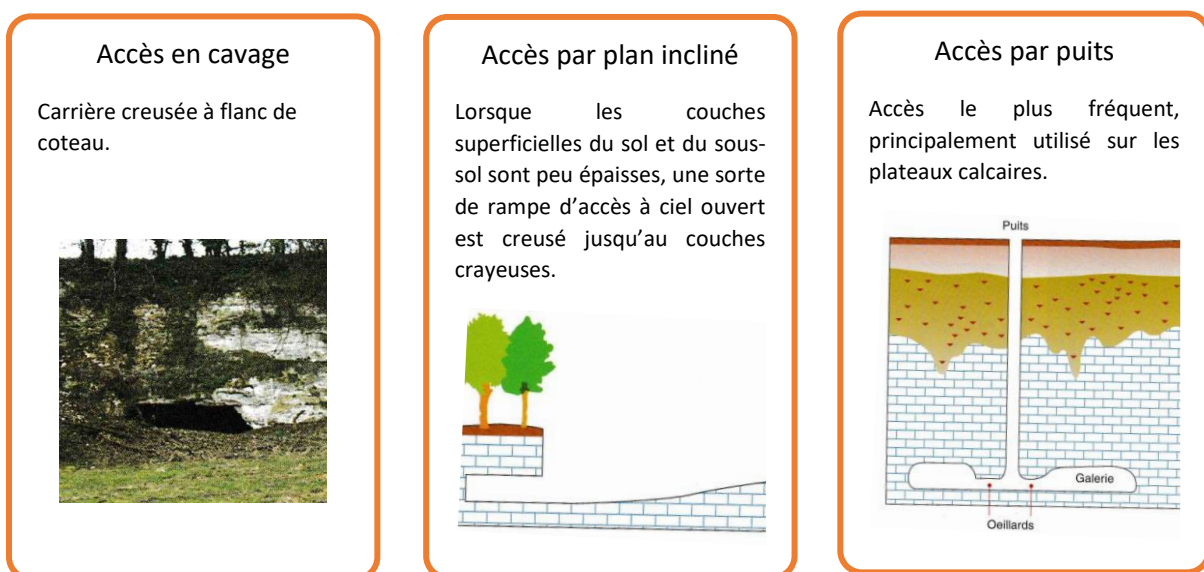


Figure 8 : Les typologies de carrière souterraines. Céline ADAM & al, 2008.

Les cavités qui résultent des marnières peuvent aussi arborer différentes formes caractéristiques de certaines méthodes d'exploitations (figure 9).

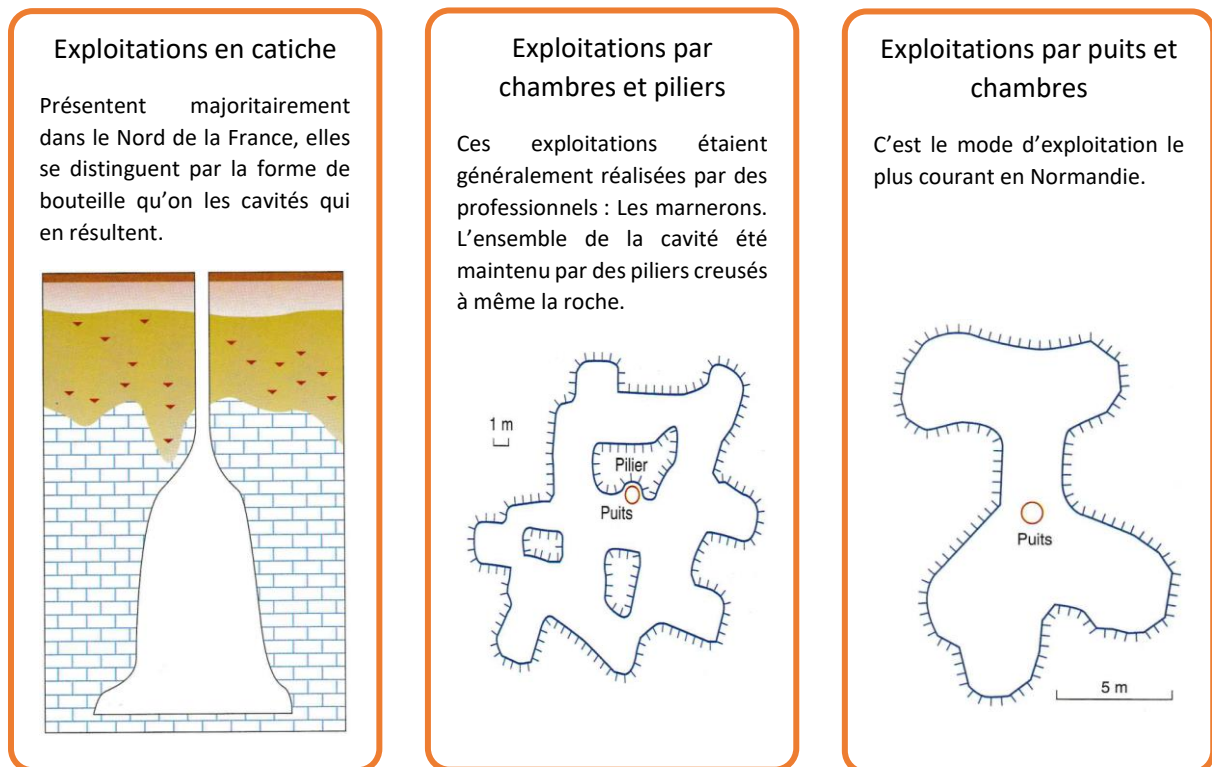
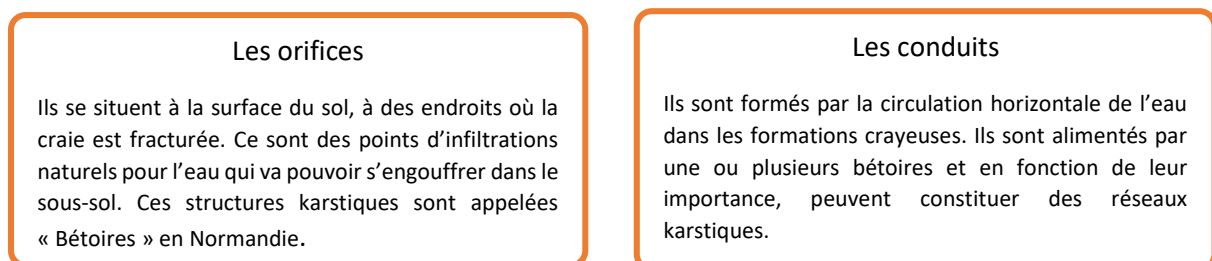


Figure 9 : Méthodes d'exploitations des cavités. Céline ADAM & al, 2008.

2.3.2. Cavités karstiques et bétoires

Le sous-sol haut-normand présente d'importantes formations de roches crayeuses, propices à la formation de karsts et de bétoires. En effet, la craie est une roche qui a tendance à se dissoudre très facilement. L'eau s'engouffre dans les formations crayeuses, dissout les roches calcaires sur son passage, laissant place à des zones de vides. C'est ce que l'on appelle le phénomène de Karstification. En fonction de la fréquence des écoulements et de leur importance la roche va être altérée différemment, ce qui va conduire à des formations de vide souterrains de nature et d'ampleur variable.

En général les karsts sont caractérisés par deux types de structures :



Les cavités naturelles peuvent être à l'origine de désordres en surface. Ils sont liés à l'altération naturelle de la roche, qui peut être due soit à la ruine partielle ou totale de la cavité en profondeur, entraînant la remontée d'une cloche de fontis jusqu'en surface ; soit à un phénomène de suffosion (lessivage des particules fines) des formations superficielles (argiles et limons) vers les vides en profondeur. Ces phénomènes peuvent provoquer des affaissements ou des effondrements brutaux de terrains, pouvant entraîner des dégâts sur les infrastructures (Annexe 2).

2.3.3. Les ouvrages militaires

Les ouvrages militaires constituent des cavités souterraines à part entière en Normandie. Vestiges de la seconde Guerre Mondiale pour la plupart, ils sont surtout présents sur le littoral, que l'armée allemande avait fortifiée. Dans la ville du Havre, on en dénombre près d'une centaine. Or ces ouvrages sont anciens et peuvent représenter un risque dans des zones à enjeux (grandes aires urbaines, zones d'activités, ...) et des zones à aléas forts (falaises et littoraux en proie aux phénomènes d'érosion, ...).

2.3.4. Les ouvrages civils et caves

Les ouvrages civils sont des vides souterrains d'origine anthropique qui n'ont pas d'usage militaire ou ne sont pas exploités à l'heure actuelle. Il peut s'agir d'anciens tunnels, d'abris souterrains (utilisé pendant la guerre), de tunnels routiers ou ferroviaires en activités ou non, ...

3. Les missions réalisées

3.1. Présentation de la Base de données Cavités

La Base de données cavités ou plus simplement la BDCavités est un outil permettant de recenser les cavités souterraines à l'échelle nationale. Trois composantes constituent cette base : La base de données brutes utilisée en interne, une interface de saisie disponible pour les employé(e)s du BRGM ainsi que le site internet Géorisques qui permet la diffusion d'informations liés aux risques géologiques. Géorisques ne concerne pas uniquement les cavités mais aussi les mouvements de terrains, effondrements, séisme et autre (figure 10). Cette base a été créée à la demande du Ministère de la Transition Ecologique et participe à la politique des préventions des risques naturels instaurée en 1981.

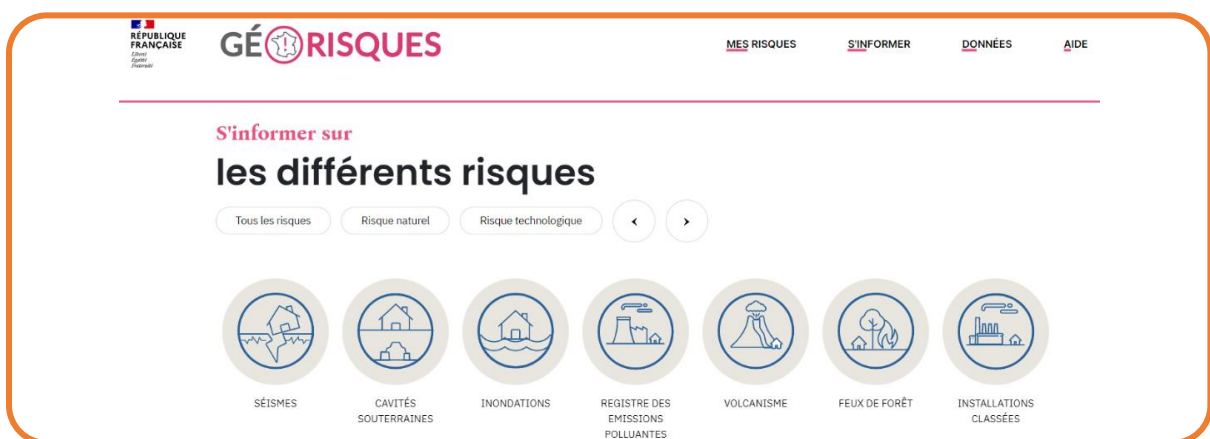


Figure 10 : Page d'accueil Géorisques

Aujourd'hui, la BDCavités recense 56415 indices de cavités pour les départements de l'Eure et de Seine-Maritime. Il y a plusieurs années, le BRGM a lancé un programme de mise à jour de la base à partir des données récoltées auprès des DDTM de l'Eure et de Seine-Maritime. Ce travail est réalisé par tranche et mobilise à chaque nouvelle tranche un ou plusieurs stagiaires et au moins un ingénieur

risque naturel. Une tranche est effectuée par an et le stage réalisé participe à la 12^e qui est en cours de finalisation.

Attardons-nous sur la BDCavités en elle-même et son fonctionnement. Il faut savoir qu'elle n'est accessible qu'aux employés du BRGM via un compte personnel BRGM. Elle se présente d'abord sous la forme d'une interface (figure 11) dans laquelle on peut effectuer une recherche en fonction du département, de la commune et du statut de diffusion de la ou des cavités recherchées – c'est-à-dire si l'indice de cavité a été validé et diffusé sur Géorisques ou non. Ensuite une liste de cavités correspondant à la recherche s'affiche. Pour chaque cavité, son identifiant national, son nom, son type, ..., sont visibles sur l'interface de recherche. Trois actions sont ensuite possibles : la suppression d'un indice de cavité, la modification d'un indice et l'ajout d'une nouvelle cavité.

Id	Nom	Type	Dept.	Commune	XL93	YL93	Confidentialité	Validation	Diffusi
☐ HNOAA0018136	Marnière au lieu dit 'le Vaurude' (parcelle B64)	carrière	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	554750	6958192	public	Validé	Validé
☐ HNOAW0046025	76072-037	naturelle	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	554982	6958075	public	Non visé	Non visé
☐ HNOAW0046026	76072-24	indéterminé	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	554866	6958179	public	Non visé	Non visé
☐ HNOAW0046027	76072-36	indice	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	555112	6958329	public	Non visé	Non visé
☐ HNOAW0046028	76072-70	naturelle	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	555246	6958186	public	Non visé	Non visé
☐ HNOAW0046029	76072-057	naturelle	76	BELLEVILLE-EN-CAUX	553645	6957994	public	Non visé	Non visé
☐ HNOAW0046030	76052-	naturelle	76	BELLEVILLE-	553737	6957975	public	Non visé	Non visé

Figure 11 : Interface principale de la base de données

L'ajout et la modification d'une cavité se font dans une autre interface (figure 12) spécialement dédiée dans laquelle toutes les informations disponibles, concernant la cavité, peuvent être saisies. Il suffit de cliquer sur « Ajouter une cavité » ou sur « modifier » dans l'interface principale pour ouvrir la page de saisie. Cependant seules les informations de l'onglet « Description » ainsi que la date de validité doivent être obligatoirement complétées, pour pouvoir enregistrer la cavité. Ensuite, les sources d'informations concernant le nouvel indice doivent être inscrites, même si elles ne sont pas nécessaires à sa création. Les autres onglets sont facultatifs, à remplir lorsque des informations complémentaires sont disponibles.

édition d'une cavité

Identifiant: HNOAW0046025 Commune: BELLEVILLE-EN-CAUX

Nom de la cavité (*): 76072-037 Indice BSS: Désign. BSS: Vérifier

Description Sources d'information Description complémentaire Commentaire

Type (*): naturelle Nature (*): orifice naturel Précision (en mètres) (*): 15

Utilisation (*): abandon Système de coord. (*): Lambert 93

Type de repérage (*): orifice connu / visible (ty) X (*): 554 Y (*): 695 Z: 554982 6958075

Positionnement de la cavité (*): situation précise (< à 25m) Localiser sur carte

Source coord. (*): plan au 1/5000

Contour: Ajouter un contour

Documents: Aucun enregistrement

Statuts de la cavité: Validation: Non visé Diffusion: Non visé

Enregistrer la fiche Supprimer cette cavité Fermer

Figure 12 : Interface de saisie de la base de données Cavités

3.2. La mise à jour de la base de données concernant le département de la Seine-Maritime.

3.2.1. Les cavités en Seine-Maritime : tour d'horizon

Au début du stage – début de la tranche 12 - la BDCavités contenait 33820 indices de cavités pour le département de Seine-Maritime. Les cavités recensées se trouvent principalement sur les deux tiers Ouest du département avec quelques zones de forte concentration (figure 13). Très peu d'indice se situe au bord de la Seine car ces espaces sont moins propices à l'exploitation de la marne, avec un niveau piézométrique proche de la surface et peu d'activités agricoles. Peu de cavités sont répertoriées à l'Est du département à cause de couches géologiques datant du jurassique. Mais aussi en partie du fait que certaines communes n'ont pas encore réalisées ou finalisées leurs inventaires des cavités souterraines, obligatoires en Seine-Maritime. En effet, la plupart des données que le BRGM reçoit, sont issues de ces inventaires communaux, réalisés généralement par des bureaux d'études.

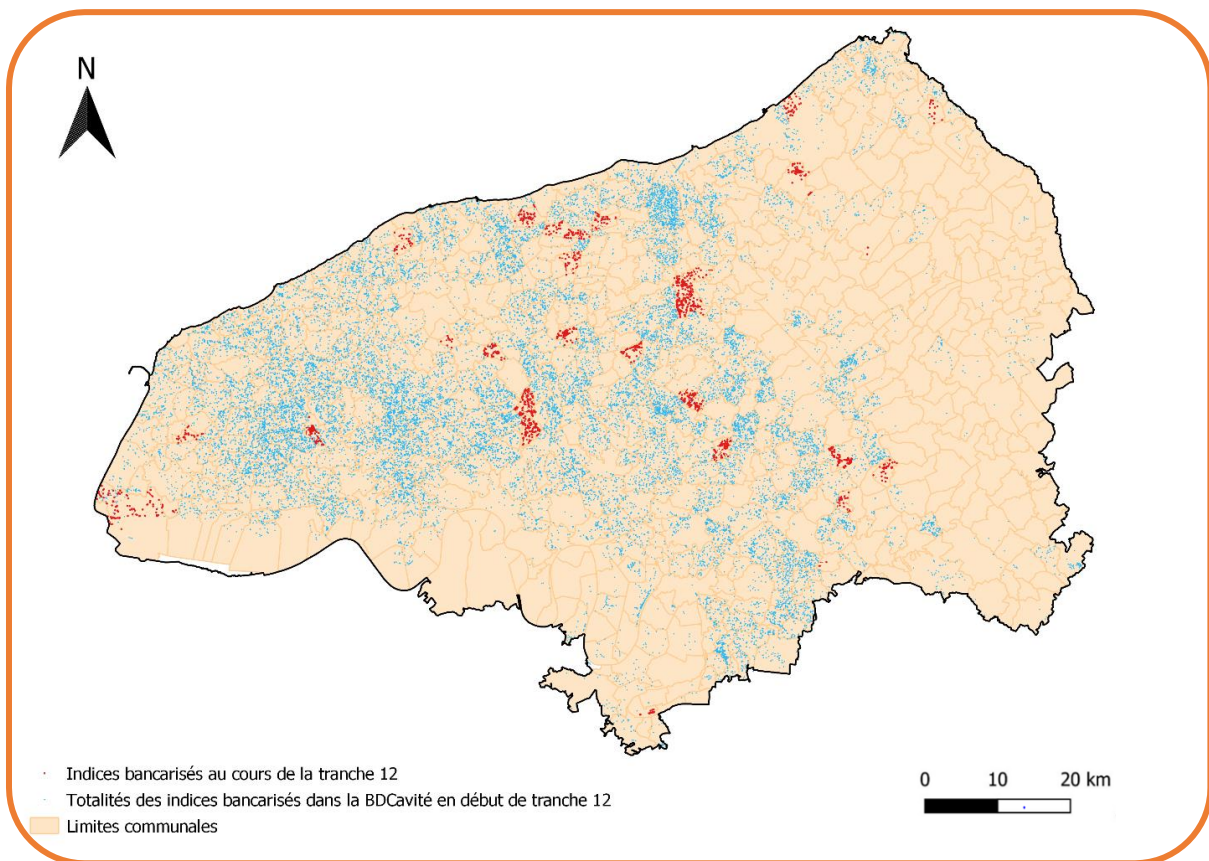


Figure 13 : Localisation des indices de cavités bancarisés en Seine-Maritime. Auteur : Antonin Dubois

Les cavités recensées dans le département se répartissent principalement en trois types majoritaires : les cavités « indéterminées » qui représentent - en début de tranche 12 - 42% de l'ensemble des indices répertoriés, les carrières souterraines – principalement des marnières – qui représentent 36% et les cavités naturelles qui représentent 20% des indices. Les quelques pourcents restants concernent les ouvrages civils et militaires.

3.2.2. Les étapes de la mise à jour : détails et méthodes

La mise à jour de la table est un travail conséquent qui ne se limite pas seulement à remplir des données. En effet ceci est accompagné d'un travail de lecture et d'analyse de fiches et de rapports réalisés par des bureaux d'études, d'un traitement SIG pour localiser les cavités et enfin la rédaction d'un rapport faisant la synthèse des cavités répertoriées dans l'année.

Outils et fichiers mis à disposition :

- Un tableur Excel « avancement commune » qui répertorie toutes les communes du département et le nombre d'indices (de cavités) à traiter dans chacune d'entre-elles.
- Les fiches cavités, rapports et plan RICS des bureaux d'études, par commune, fournis par la DDTM76.
- Un tableur Excel « Export_BDCAV76_2022 » qui recense les indices déjà présents dans la base de données.
- Un compte et des identifiants BRGM personnels pour accéder à la BDCavités et l'implémenter.
- Un ordinateur.

Outils mis en place pour pouvoir réaliser le travail et mieux s'organiser :

- Un fichier Excel « cavités ajoutées » dans lequel je note l'ensemble des cavités traitées et des informations associées (commune, type de cavités, date de traitement, ...). Ceci me permet de voir comment je progresse et ça permet aussi à mon maître de stage de voir le travail effectué.
- Un fichier Qgis dans lequel je localise les cavités et j'effectue des traitements SIG.
- Un dossier de travail dans le serveur local du BRGM, pour avoir une certaine liberté sur l'organisation de mes fichiers.

Vous trouverez ci-dessous les étapes de la mise à jour de la base, telle qu'elle ont été appliquées au début du stage :

Les étapes préparatoires :

Il faut commencer par sélectionner une commune à traiter. Pour cela, se référer au tableur « avancement commune », qui en plus de répertorier les communes, indique celles qui sont à traiter en priorité. Une fois la commune choisie, il y a un travail de recherche à effectuer dans les dossiers fournis par la DDTM76. En effet il s'agit de trouver les fiches cavités et les plans RICS associés au territoire choisi. Ensuite, il y a toute une étape d'organisation de l'espace de travail. On commençait en général par créer un dossier par commune, ce qui a permis de prévoir un espace pour enregistrer les futures couches issues d'un SIG, contenant les localisations des cavités. Et enfin, nouveau projet Qgis a été créé, dans lequel tout les traitements SIG seront enregistrés.

Etapes sur SIG (Qgis) :

Après les étapes préparatoires, normalement, tous les documents et outils nécessaires sont disponibles, pour recenser les cavités souterraines sur une commune donnée. Le travail cartographique peut donc commencer. La première chose à effectuer sur le SIG, est de géoréférencer le plan RICS de la commune en cours de traitement. Ce qui va permettre d'avoir un fond de carte avec les localisations de cavités. Cependant, il faut garder à l'esprit que des cavités ont peut-être été déjà

répertoriées dans la base de données. Par conséquent, pour éviter d'engendrer des doublons, un export de la base est chargé dans Qgis pour faire apparaître les points déjà enregistrés.

L'étape suivante est probablement la plus longue, puisqu'il s'agit de lire et d'analyser, une par une, les fiches cavités correspondantes aux indices¹, non répertoriés dans la BDCavités. Pour ne pas se tromper d'indices entre le plan et les fiches, chacun d'entre eux ont un nom ou un identifiant, donné par le bureau d'étude qui les a inventoriés. Après avoir lu les fiches, et bien vérifier la caractérisation d'une cavité, on peut créer un nouvel indice. Dans ce cas, l'indice devient une couche Shapefile associé à une cavité. Il est soit ponctuel – si l'entrée d'une cavité est localisée avec précision – ou polygonal/surfacique – dans le cas où l'on connaît la parcelle exploitée mais pas la localisation précise d'une marnière par exemple. De plus, chaque couche Shapefile contient plusieurs informations sur l'indice, à savoir : son identifiant, ses coordonnées – coordonnées d'un centroïde dans le cas d'un indice surfacique – et sa nature.

Enfin, la dernière étape à réaliser sur SIG, est l'extraction de « contours ». Ils correspondent à la ou aux parcelles sur lesquelles une même cavité est présente. Il y a donc autant de contours que de cavités recensées. Pour éviter de devoir sélectionner manuellement les parcelles, l'outil « sélection par localisation » a été utilisé, ce qui permet d'avoir une sélection automatique de la ou des parcelles contenant un indice sélectionné. Il arrive que des indices surfaciques s'étendent sur plusieurs parcelles du fait de l'étendue de certaines cavités, mais aussi parce que certains indices correspondent à des parcelles napoléoniennes – qui n'ont pas le même découpage que les parcelles actuelles – par manque de précision. C'est pourquoi un contour peut être formé de plusieurs parcelles. Les contours extraits sont enregistrés dans un dossier SIG de l'espace de travail puis dans un dossier « archives ».

Ce travail cartographique vient en complément de l'implémentation de la base de données. Il sert à analyser et trier les indices des bureaux d'études avant de les saisir dans la base, garder une trace supplémentaire des cavités recensées et permettre des traitements pour une possible utilisation dans des rapports par exemple.

Etape sur la BDCavité :

On arrive maintenant à la mise à jour de la base de données, à proprement dit. L'interface est assez simple à prendre en main. Pour enregistrer de nouveaux indices, il suffit de cliquer sur « ajouter une cavité ». Une fiche apparaît avec différents onglets à remplir en fonction des informations recueillis dans les fiches et plans. Les contours créés précédemment peuvent être ajoutés dans le champ « contour » pour donner une information supplémentaire. Ensuite, il n'y a plus qu'à enregistrer la fiche, qui après validation, va pouvoir apparaître sur Géorisque et se voir attribuer un identifiant national.

Etapes finales :

Une fois la cavité enregistrée dans la base, il faut télécharger la fiche nouvellement créée ainsi que le contour, pour les enregistrer dans le dossier « archives » du serveur local du BRGM. La dernière étape est la mise à jour des tableurs « cavités ajoutées » et « avancement communes ».

¹ Les indices correspondent aux cavités, puits ou exploitations minières. Mais attention, seules les indices de cavités décrites en partie 2 sont à prendre en compte, d'où l'intérêt de bien lire les fiches cavités.

3.2.3. Limites et inconvénients de la mise à jour et tentatives d'améliorations du traitement

Le plus grand problème constaté avec la mise à jour de la base est le temps nécessaire pour traiter les indices et les enregistrer. Avec la méthode décrite précédemment, il faut lire chaque fiche et saisir les indices un à un. Il faut savoir qu'actuellement, il reste encore environ 33000 indices, répertoriés par des bureaux d'études, qui n'ont pas encore été analysés et rentrés dans la base. Et cela fait maintenant 12 ans que le BRGM tente de tout bancariser.

En appliquant la méthode usuelle décrite précédemment, on peut déterminer une estimation du temps nécessaire pour digitaliser les indices restants

Au moment de l'estimation, il restait 33668 indices non-traités. On pose l'hypothèse qu'en moyenne, il était possible de traiter environ 60 indices de cavités par jours.

Ensuite le calcul suivant a été réalisé :

$$E_{\text{temps}} = \frac{I_{\text{non-traités}}}{I_{\text{traité/jour}}} = \frac{33668}{60} = 561 \text{ jours}$$

On en déduit qu'il faudrait environ 1 an et 7 mois à une personne qui travaillerait **TOUS** les jours pour mettre à jour toute la base – avec toutes les opérations SIG qui vont avec, ou encore 2 ans et 5 mois en partant du principe qu'il y a en moyenne 229 jours travaillés par ans.

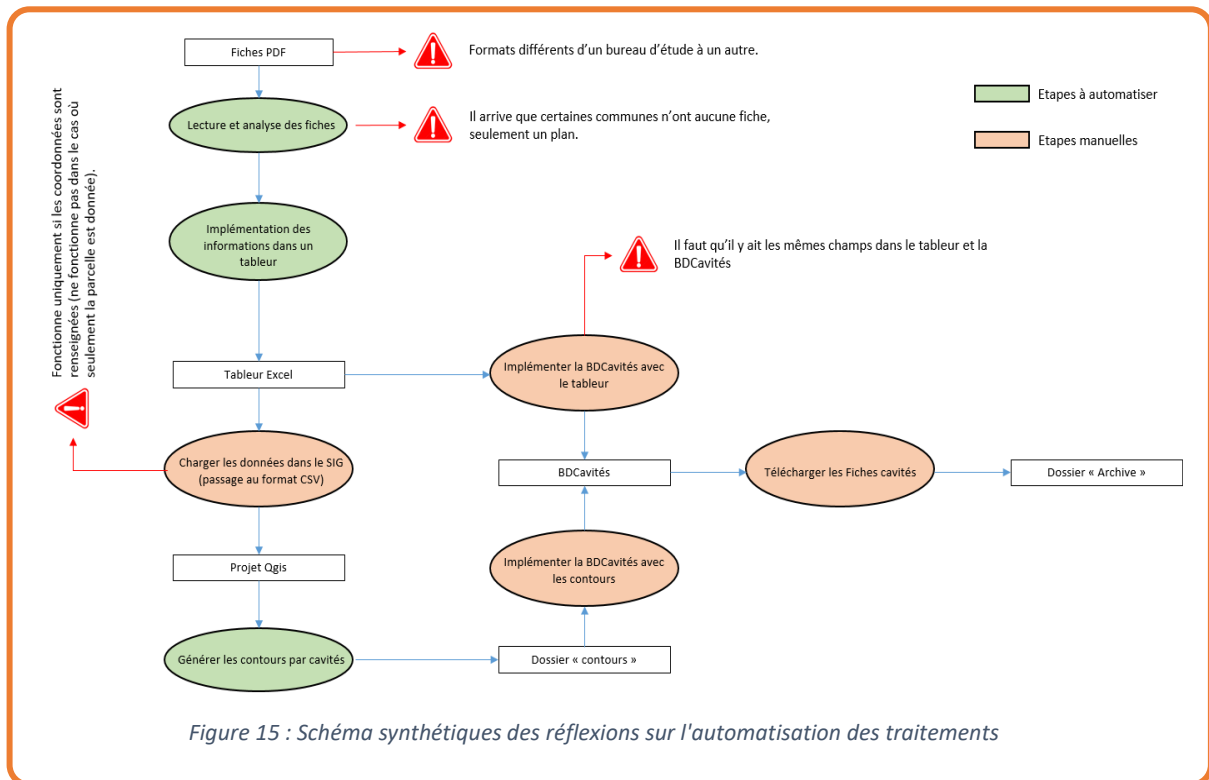
Il y a donc un retard conséquent qui peut s'avérer problématique puisque cela veut dire qu'il n'y a aucune donnée sur ces cavités non-traitées, dans Géorisques, qui en général sert de référence notamment pour les particuliers. Malgré tout, ce problème est à nuancer puisque normalement, les communes ont les rapports des bureaux d'études, donc sont en mesure d'informer les habitants et professionnels. Mais ça n'enlève rien au fait que la BDCavités doit être mise à jour le plus rapidement possible. On a donc tâché de trouver un moyen d'accélérer la saisie. La piste que j'ai voulu explorer est l'automatisation de tâches avec l'aide d'un code Python.

L'idée était de créer un programme capable de lire les fiches cavités et de sélectionner les informations importantes. Une fois les données extraites par le programme, elles auraient été compilées dans un

tableur Excel, qu'il aurait ensuite suffi de charger directement dans la base de données. Mais je me suis heurté à plusieurs obstacles. Le premier est le format des fiches cavités. Chaque bureau d'étude a son format (figure 14), bien que les mêmes informations soient présentes. Ce qui voudrait dire qu'il aurait fallu que je crée un programme par bureau d'étude ou que je complexifie le programme avec des fonctions « if » à

Figure 14 : Exemple de deux fiches de deux bureaux d'études différents

plusieurs reprises pour qu'il s'adapte au différent format. Autre problème, la capacité même de python à lire des fiches pdf. Il existe différents modules Python – PDFMiner, pyPDF, ... - pour traiter de tels fichiers. Cependant, l'opération devient vite complexe lorsque la fiche est sous forme de tableau, avec des informations dispersées et non sous la forme d'un texte (figure 15). Dernier obstacle, mes propres compétences en codage. Je sais réaliser des fonctions de bases avec des boucles itératives. Mais malheureusement, pouvoir automatiser la mise à jour de la BDCavité, ou seulement certaines étapes, requiert davantage de savoir-faire.



Je me suis donc retrouvé à devoir faire un choix : chercher à développer un programme sachant que je n'étais pas sûr de sa faisabilité et du temps que je devrais y consacrer. Ou abandonner et continuer le traitement des données avec la méthode classique. Finalement, j'ai préféré poursuivre avec la méthode classique, développer un programme m'aurait fait perdre beaucoup trop de temps. Temps durant lequel aucune mise à jour n'aurait pu être effectuée.

Une solution a été proposée par le BRGM, pour simplifier la saisie des données dans la base. Un tableur Excel (Annexe 3) a été mis en place, dans lequel il est possible de compléter, à l'aide de menus déroulants, les différents champs de la BDCavités. Une fois le travail de saisie terminé, la table est chargée dans la base pour la mettre à jour. Après quelques jours de test, il s'est avéré que remplir les données dans ce tableur faisait gagner un peu de temps. Avec la méthode classique, il fallait remplir les fiches cavités de la base les unes après les autres. Tandis qu'avec le tableur Excel, il y a la possibilité de dupliquer certaines informations que des cavités ont en commun, comme une même nature par exemple. Ce qui permet de saisir une seule fois un champ et de l'appliquer aux autres cavités. J'ai donc adopté cette méthode et arrêté la saisie directement dans la base. Cependant, le travail de lecture et d'analyse ainsi que le traitement sur SIG restent inchangés. Or ils représentent la plus grosse part du travail.

3.2.4. Travail avec la DDTM76

En 2021, un dialogue entre le BRGM et la DDTM76 a été amorcé concernant la saisie des indices de cavités dans la BDCavités. Le problème qu'a soulevé la DDTM était le manque de rapidité dans la saisie des nouveaux indices. Or ils ont pour vocation d'être diffusés au grand public pour alerter sur un risque potentiel et sur les contraintes liées à l'aménagement du territoire. La DDTM a proposé une collaboration avec le BRGM pour mettre à jour la base de données.

Rappelons d'abord que la bancarisation des cavités souterraines se fait à partir de fiches, rapports et fichiers SIG de bureaux d'études, qui sont transmis essentiellement par la DDTM au BRGM. La DDTM a elle aussi, de son côté une base de données et un outil de visualisation cartographique qui rassemble et diffuse une partie des Recensements d'Indices de Cavités Souterraines (RICS) du département. Les informations qui y figurent diffèrent un peu de celles présentes dans la BD Cavité du BRGM et définissent des périmètres de sécurités.

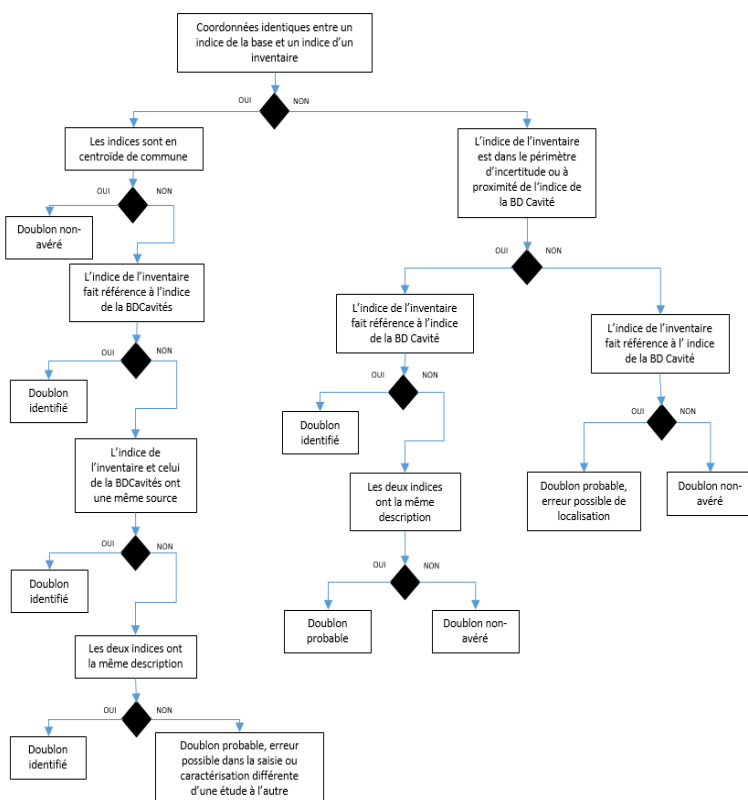
Les premiers échanges ont surtout eu pour vocation de poser les bases d'une collaboration en échangeant des données, en dialoguant sur les procédures de saisie de chacun des deux partis et sur l'utilisation des bases de données par le grand public. Il est constaté que la BDCavités du BRGM, consultable via le site www.georisques.gouv.fr, est l'outil de référence pris en compte par les acteurs de l'aménagement du territoire.

Une première réunion entre la DDTM et le BRGM a eu lieu le Mercredi 4 mai 2022. L'objectif principal a été de se mettre d'accord sur les champs à compléter dans la BDCavités et la façon de les remplir. Au cours de cet échange, la DDTM a présenté une première proposition pour le remplissage des champs (Annexe 4). Après quelques ajustements, notamment au sujet de la nature de certaines

cavités, le BRGM a accepté les modalités proposées. Cependant un problème subsistait : la question des doublons entre les nouveaux indices issus des RICS et les indices déjà présents dans la BDCavités. Pour trouver un moyen efficace de les repérer, 3 communes tests ont été sélectionnées par le BRGM. Les données de la BDCavités BRGM les concernant ont été transmises à la DDTM. Le but était de travailler séparément afin de trouver d'éventuelles méthodes ou difficultés et les confronter lors d'une nouvelle réunion (figure 16, Annexe 5).

Lors de la seconde réunion, qui s'est tenue le 22 juin 2022,

Figure 16 : Méthode de détection des doublons utilisée au BRGM



il s'est avéré que la détection des doublons entre les données de la DDTM et celle du BRGM, était laborieuse. En effet, il faut reprendre chaque fiche venant des bureaux d'études, les plans RICS et les comparer avec les données déjà enregistrées. Cette méthode de traitement, actuellement appliquée par le BRGM, permet de fiabiliser les données bancarisées mais est très chronophage. Des réflexions sur l'automatisation de cette tâche ont été menées mais se sont révélées infructueuses, notamment du fait qu'en fonction des bureaux d'études les fiches n'ont pas le même format (Annexe 5).

Une autre solution a donc été proposée par la DDTM : supprimer tous les indices de la BDCavités pour les communes disposant d'un RICS déjà traités par la DDTM (ce qui représente 195 communes à l'heure actuelle), puis intégrer la base de données de la DDTM dans la BDCavités du BRGM en appliquant les correspondances de champs convenues lors de la première réunion (figure 17). Cette méthode semi-automatique, aurait pour avantage de bancariser un grand nombre de données rapidement sur la base des RICS disponibles les plus récents, mais ne permettrait cependant pas de renseigner tous les champs de la BDCavités de façon exhaustive et détaillée.

Figure 17 : Outil de transition entre les tables DDTM76 et BRGM

A l'aide d'Excel, je suis parvenue à mettre en place un programme permettant de remplir automatiquement une partie des champs du BRGM à partir des données de la DDTM. Ce qui a terme réduit la charge de travail pour compléter les champs manquants.

Table DDTM

1	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	num_ind	code_ind	nature	source	complem	perimetre	date_ind	lieu	lien	nat_code
3	76004-033		1 Marnière	Archives		60	01/04/16	ALISE	http://piece	1
4	76004-128		1 Marnière	Enquête oral	entrées à fla	60	01/04/16	ALISE	http://piece	1
5	76004-049		1 Marnière	Archives		60	01/04/16	ALISE	http://piece	1
6	76004-031		1 Marnière	Archives		60	01/04/16	ALISE	http://piece	1
7	76004-126		7 Carrière à ciel ouvert	Enquête oral	carrière de n	-1	01/04/16	ALISE	http://piece	7
8	76004-056		7 Leurre, indic	Archives		-1	01/04/16	ALISE	http://piece	7
9	76026-131		1 Marnière	Enquête oral	plusieurs en	60	01/03/17	ALISE	http://piece	1
10	76026-163		7 Carrière à ciel ouvert	Observé sur le terrain		-1	01/03/17	ALISE	http://piece	7
11	76675-061		1 Marnière	Archives		60	07/01/09	INGETEC	http://piece	1
12	76675-061		1 Marnière	Archives		60	07/01/09	INGETEC	http://piece	1
13	76549-036		3 Origine natu	Observé sur le terrain		35	16/06/10	INGETEC	http://piece	3
14	76531-003		1 Marnière	Archives	Parcelle nap	60	29/02/12	INGETEC	http://piece	1
15	76531-013		1 Marnière	Archives	Parcelle nap	60	29/02/12	INGETEC	http://piece	1
16	76531-016		1 Marnière	Archives	Parcelle nap	60	29/02/12	INGETEC	http://piece	1
17	76531-027		1 Marnière	Archives	Parcelle nap	60	29/02/12	INGETEC	http://piece	1
18	76531-030		1 Marnière	Archives	30 ? Attente	60	29/02/12	INGETEC	http://piece	1
19	76190-053		1 Marnière	Archives		60	10/11/11	INGETEC	http://piece	1
20	76190-049		1 Marnière	Archives		60	10/11/11	INGETEC	http://piece	1

Opérations de transition

Table BRGM issue de la table DDTM

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	id_local	num_cav	num_inse	nom_cavi	type_cavi	nature_ca	statut	reperage	positionn	source_or	precision
3	76004-033		76004	76004-033	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
4	76004-128		76004	76004-128	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
5	76004-049		76004	76004-049	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
6	76004-031		76004	76004-031	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
7	76004-126		76004	76004-126	Ciel ouvert	N/A	N/A		précis		5
8	76004-056		76004	76004-056	Ciel ouvert	Indéterminé	Abandon		précis		5
9	76026-131		76026	76026-131	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
10	76026-163		76026	76026-163	Ciel ouvert	N/A	N/A		précis		5
11	76675-061		76675	76675-061	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
12	76675-061		76675	76675-061	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
13	76549-036		76549	76549-036	Naturel	Orifice natur	Indéterminé		précis		5
14	76531-003		76531	76531-003	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
15	76531-013		76531	76531-013	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
16	76531-016		76531	76531-016	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
17	76531-027		76531	76531-027	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
18	76531-030		76531	76531-030	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
19	76190-053		76190	76190-053	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5
20	76190-049		76190	76190-049	Carrière	Crayère	Abandon		précis		5

Détail des opérations/codes Annexe 6

Il a été convenu avec la DDTM de tester cette méthode sur 10 communes, présélectionnées par le BRGM (Annexe 2), pour lesquelles peu d'indices sont renseignés dans la BDCavités, afin d'identifier les éventuelles difficultés rencontrées, avant d'appliquer cela à l'ensemble des communes.

Un autre point a été soulevé durant la seconde réunion : la représentation des indices surfaciques et linéaires. En effet, seuls les indices ponctuels sont représentés dans la BDCavités. La solution qui est actuellement privilégiée est d'intégrer un indice correspondant au centroïde d'une surface ou d'une ligne. Cependant, cette représentation ne correspond pas à la réalité et peut constituer une source d'erreurs pour les utilisateurs. Il a donc été convenu qu'une solution informatique soit mise en place par le BRGM pour permettre l'intégration et la représentation des indices linéaires et surfaciques dans la BDCavités. Actuellement, c'est l'ajout des contours qui permet d'avoir une représentation des indices surfaciques.

3.3. La mise à jour de la Base de données concernant le département de l'Eure

3.3.1. Les cavités dans l'Eure : tour d'horizon

A l'issue de la tranche 11, la BDCavités contenait 20669 indices de cavités pour le département de l'Eure. La répartition des cavités est assez homogène sur le territoire (figure 18), mais avec une densité, d'environ 3,4 cavités/km², plus faible que pour le département de Seine-Maritime avec ses 5,4 cavités/km². Cette différence du nombre de cavités et de densité, est en partie dû au fait que les inventaires communaux ne sont pas obligatoires dans ce département. Par conséquent, moins d'indices sont recensés. Les informations proviennent directement de la DDTM27.

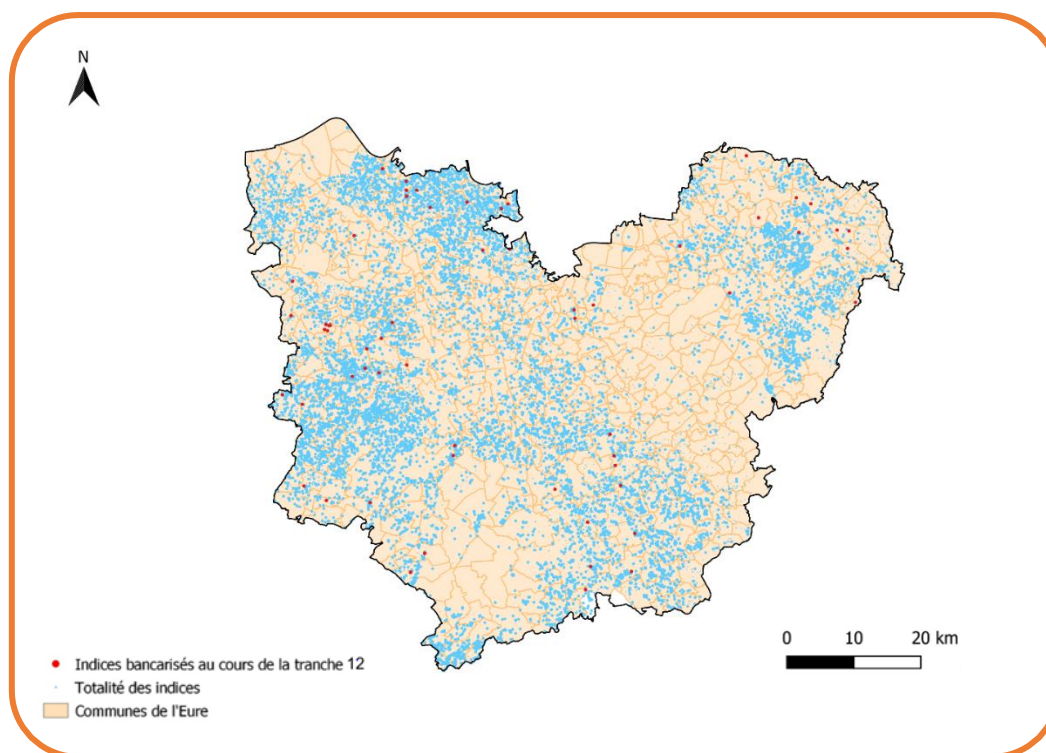


Figure 18 : Localisation des indices de cavités bancarisés dans l'Eure. Auteur : Antonin Dubois

3.3.2. La problématique de la base dans l'Eure

Il a été remarqué une erreur dans la base de données cavités du BRGM, concernant le département de l'Eure. Pour des raisons inconnues, des cavités sensées être classifiées en tant qu' « indéterminée » se sont retrouvées définies comme « ouvrage civil ». Cette erreur a pu être repérée à cause du nombre anormalement élevé d'ouvrages civils – et relativement faible de cavités indéterminées. Les ouvrages civils ne représentent, d'ordinaire, pas plus de quelques pourcents de l'ensemble des cavités recensées. Or dans le cas présent, ils représentaient plus de 20 % des cavités, et inversement pour les indices indéterminés. Cependant, il n'y a aucun élément dans la base BRGM qui permet de savoir quels indices sont erronés ou correct. Car en effet, dans les indices considérés comme « ouvrages civils », certains le sont vraiment. Malheureusement, ces informations sont accessibles à tous sur Géorisques et sont erronées, ce qui peut par la suite induire des erreurs auprès des acteurs du territoire. Il faut donc mettre en place une méthode de repérage des indices faussés, pour ensuite corriger la base.

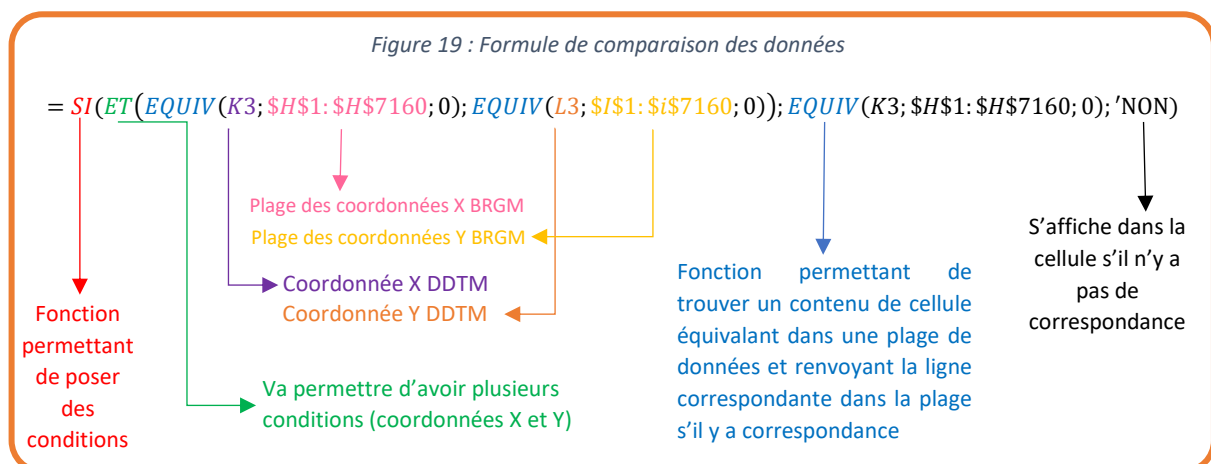
3.3.3. Correction de la base : détails et méthodes

La DDTM27 - qui a sa propre base de données - est la source des données cavités pour le département de l'Eure. Par conséquent, la première étape pour repérer les indices erronés, est de récupérer les jeux de données originaux et de s'assurer qu'ils contiennent les bonnes informations. Après comparaison entre les deux bases, il s'avère que le problème vient bien de la BDCavités du BRGM, puisque les données de la DDTM sont correctes. Il faut donc maintenant repérer les indices faux et les modifier avec les informations provenant de la DDTM27.

Ce travail de repérage s'avère compliqué puisqu'il n'y a pas d'identifiants communs entre les bases DDTM et BRGM. La piste que j'ai privilégiée est un repérage par localisation, c'est-à-dire comparer les données BRGM et DDTM à partir des coordonnées X et Y des cavités recensées. Pour ce faire, un outil sur Excel a été développé, capable d'effectuer le travail de comparaison.

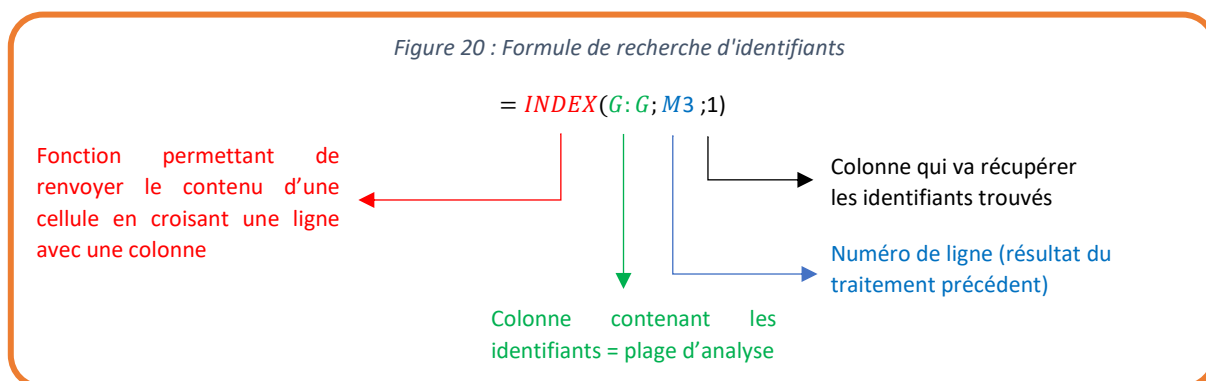
Les détails de l'analyse Excel sont décrit ci-dessous :

On commence par extraire les données des bases BRGM et DDTM et je les intègre dans Excel, dans deux feuilles différentes. Une option de filtrage est appliquée pour ne faire apparaître que les ouvrages civils et leurs coordonnées. Ensuite, une formule (figure 19) est utilisée pour réaliser un premier traitement. Elle va permettre de comparer une donnée – DDTM - avec toutes les données d'une plage



choisie – données BRGM - et renvoyer la ligne contenant une donnée identique de cette plage. L'opération est répétée pour chaque donnée DDTM.

Après avoir réalisé ce traitement, on sait quelles coordonnées de la DDTM sont répertoriées dans la base de données du BRGM. Il faut maintenant déterminer les identifiants BRGM des cavités correspondantes aux coordonnées communes dans les deux sources. Une nouvelle formule (figure 20) est donc mise en place, qui à partir des lignes déterminées, va pouvoir renvoyer l'identifiant cavités correspondant à chaque coordonnée commune identifiée. Cette formule doit être ensuite étendue à chaque ligne déterminée pour avoir tous les identifiants BRGM, et ainsi pouvoir cibler précisément les indices à modifier dans la base.



Cette méthode développée est très efficace pour détecter les indices erronés. Cependant, on s'est rendu compte qu'il y avait une limite. Les coordonnées, pour un même indice de cavités, ne sont pas toujours exactement les mêmes entre les bases DDTM et BRGM. Cette différence de coordonnées, parfois infime, peut avoir diverses origines comme un choix de précision différent entre la DDTM et le BRGM, ou encore liée à des conversions entre systèmes de coordonnées. Or la méthode mise en place permet de repérer uniquement les correspondances exactes. Par conséquent, le repérage de certains indices erronés nécessiterait une analyse « manuelle » au cas par cas et non automatique, ce qui serait très chronophage.

3.4. Missions de terrains

3.4.1. Prospection d'une falaise sous-cavée

Le site visité se situe sur la commune de Canteleu, au niveau d'un ancien couvent (figure 21) construit à flanc de falaise. Un ensemble de galerie a été creusé dans cette falaise et une partie du couvent a été réhabilité en logement. La mission sur ce site est divisée en deux parties. D'abord une prospection des cavités et ensuite une évaluation de l'état extérieur de la falaise. L'objectif étant de déterminer s'il y a des risques d'effondrement et d'atteinte sur les habitations, de les quantifier et voir comment les cavités pourraient être exploitées dans le futur (ouverture au public, ...).



Figure 21 : Ancien couvent (a) et sa partie réhabilitée en habitation (b). Auteur : Antonin Dubois



Figure 23 : Cavité avec deux diaclases visibles. Auteur : Antonin Dubois

et des cavités, aucun risque majeur n'a été identifié. La craie dont est majoritairement constituée la falaise présente de bonnes caractéristiques mécaniques. En effet, au fil des siècles, les cavités ont très peu bougé, pas de réel décrochement de toit observée. Seulement un pilier altéré a été recensé dans une des chambres. Par conséquent, les cavités observées ont une dégradation lente et ne semblent pas sujettes à des chutes de bloc au cours et moyen terme.

7 cavités ont été visitées, toutes reliées entre elles et de taille variable. La plus petite chambre faisant à peine 2m de hauts pour 4m de long et de large, et la plus grande faisant 65m de long, 7,5m de large pour une hauteur maximum de 5m (figure 22). L'ensemble des galeries sont réparties sur 3 niveaux. Lors de la prospection, 2 familles de fractures ont pu être observées : La fracture d'orientation N30  et la fracture régionale d'orientation N110  (figure 23). Dans chacune des chambres et galeries visitées, on retrouve au moins une de ses fractures qui traversent la falaise entière et même une partie de la région Normandie pour la N110 . En ce qui concerne l'état

et la stabilité de la roche



Figure 22 : Cavité de 65m de long, répartie sur deux niveaux. Auteur : Antonin Dubois



Figure 24 : Façade de la falaise sous-cavée. Auteur : Antonin Dubois

A l'extérieur, nous avons procédés à une évaluation de l'état du flanc de la falaise (figure 24), d'une hauteur de 20,5m. Cette évaluation est principalement visuelle. Il s'agit de repérer tous les éléments pouvant causer des instabilités (fractures, surplombs, blocs instables...). Puis estimer un scénario de référence et une période de retour. Ici il y a deux scénarios envisageables :

- le scénario le plus probable (qui sera retenu) est un bloc de 0.25   1 m³ (intensité moyenne), avec une période de retour comprise entre 1 et 10 ans (activité forte)
- un scénario exceptionnel qui serait une instabilité d'environ 40 m³ (intensité forte), avec une période de retour d'environ 15 ans (activité moyenne).

Ces estimations peuvent être affinées en prenant en compte l'historique du secteur. Ici, les volumes mis en jeu et les périodes de retour étant relativement courtes, l'aléa est élevé. Des mesures de s curisations pourront donc être recommandées pour garantir la sécurité des habitations et des riverains.

Informations complémentaires sur l'étude des falaises

- Avec seulement 3% de sa surface encore reliée à la falaise, un bloc peut tenir (dépend de la roche et des conditions extérieures).
- La géométrie des falaises influence la fréquence et l'importance des effondrements. En effet, une falaise avec des diaclases ayant plusieurs orientations, est susceptible de s'effondrer par morceau. Tandis qu'une falaise « toute droite », avec des fractures ayant la même orientation risque de voir tout un pent s'effondrer en même temps.

La locataire d'une maison située dans la commune de Bretteville-sur-Laize a alerté la Mairie après avoir constatée qu'un muret situé derrière son logement s'était déformé et menaçait de céder. Or ce muret ou perré a été bâti à flanc de versant et retient donc une certaine quantité de matière. Face à cette situation, la Mairie a fait appel à la DDTM14 qui a par la suite demandé l'appui du BRGM pour réaliser une expertise sur le terrain. L'expertise s'est tenue le mercredi 29 juin 2022 avec une représentante de la DDTM14 ainsi qu'en compagnie de Mr Le Maire. Cette visite a permis de recueillir des témoignages sur les événements passés concernant le site, de constater et d'évaluer le risque sur la parcelle faisant l'objet de l'expertise, mais aussi de voir quelle est la situation sur les parcelles voisines.

La présence de Mr Le Maire a permis d'avoir un historique du site assez complet grâce à ses connaissances sur sa commune. Les maisons se trouvant sur le site ont été détruites durant la Seconde Guerre Mondiale puis reconstruites dans les années 50. Le bâti est donc assez ancien. Mr Le Maire a aussi énoncé une liste d'événements liés à des chutes de blocs et glissements de terrains sur la parcelle concernée par l'expertise et celles voisines (figure 25). Car en effet, il a été constaté que le contexte géomorphologique reste le même sur plusieurs parcelles.

Témoignages concernant la parcelle étudiée (parcelle BA 0102)

Un ancien poulailler a été détruit après l'effondrement d'un perré de 2,50m de large et 1.80m de haut, survenu il y a quelques années. Le mur a été reconstruit par la suite, par le petit-fils du propriétaire.

Témoignages concernant les parcelles voisines

Un bloc s'est décroché sur la parcelle BA 0104

Il y a quelques années, un cabanon de jardin a été détruit suite à l'écroulement d'un mur en perré et au glissement qui a suivi, sur la parcelle BA 0103.



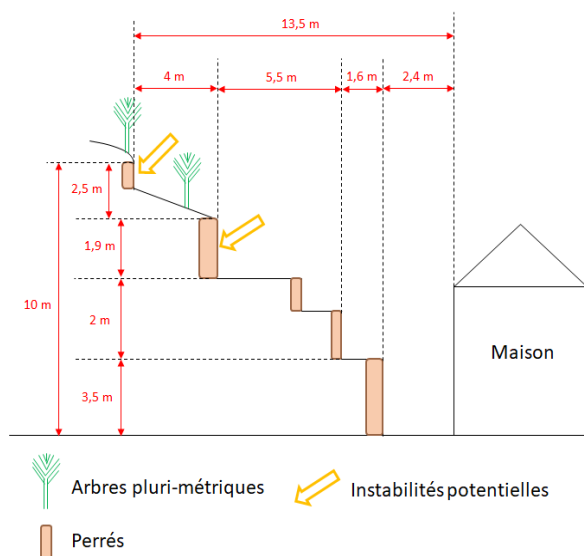
Figure 25 : Parcellaire de la zone d'expertise. Auteur : David Ribes

Le site d'expertise présente un versant derrière l'habitation, avec un pendage conséquent d'environ 42°. Le versant a été aménagé en terrasses et présente plusieurs perrés de soutènement de hauteur variable (figure 26a). Les perrés ne sont pas entretenus et leur état extérieur montre des structures dégradées (figure 26b). La locataire a informé qu'il arrive que des pierres se décrochent des perrés. Des traces d'infiltrations d'eau (figure 26c), notamment au niveau du garage, ont été constatées. Selon la locataire les infiltrations



Figure 26 : vue du versant (a), perré instable avec bombement et trou (b), traces d'infiltration d'eau (c), perré submergé par la végétation (d). Auteur : Antonin Dubois

surviennent à la suite de précipitations mais sans écoulements importants. La végétation est globalement développée avec une ceinture ligneuse en crête de versant (figure 26d) et des plantes herbacées au niveau des murs.



Deux instabilités majeures ont été recensées sur ce versant (figure 27) :

La partie droite du perré de 1,9 m de haut présente un bombement de 20 à 30 cm ainsi qu'une ouverture de 30 cm de large au niveau de la jonction entre la partie reconstruite par le passé et celle en cours de dégradation.

En crête de versant, un perré se trouve dans un état de dégradation très avancé. La végétation y est dense et des racines dépassent du perré. Possible mouvement des couches de terre superficielle d'après la locataire.

Figure 27 : Schéma en coupe du versant. Auteur : David Ribes

En cas de rupture du perré de 1,9 m de hauteur, il a été estimé qu'environ 10m^3 de matériaux pourraient être libérés et dévaler jusqu'au pied de la maison. Mais a priori sans risque structurelle pour cette dernière. L'échéance d'occurrence de la rupture est estimée à un à deux ans dans des conditions climatiques normales (hors événements extrêmes). En ce qui concerne la partie supérieure du versant, l'instabilité du perré et du substrat laisse penser à un potentiel glissement de terrain avec un volume maximum de matériaux estimé à 15m^3 (terre et éléments du perré compris). L'échéance probable est elle aussi d'un à deux ans. Cependant, sur cette partie un danger supplémentaire est à prendre en compte : Les arbres. En effet, ils sont concentrés en sommet de versant et sont susceptible de tomber sur les habitations en cas de glissement de terrain.

Sur la parcelle BA 0100, les formations rocheuses calcaires du versant sont affleurantes avec des blocs qui se distinguent. Un bloc d'environ $0,3\text{m}^3$, situé derrière une habitation, semble s'être déplacé avec le temps mais paraît pris dans une matrice limono-argileuse. Il y a un risque de décrochement de ce bloc à moyen terme dans le cas où des épisodes pluvieux intenses venaient à se répéter régulièrement, ce qui accélérerait l'érosion. Un autre bloc fracturé (figure 28) surplombe la cour en contre-bas. Le versant est aussi affleurant entre les parcelles 0103 et 0104. Des traces de laminages et d'altérations sont visibles. Il y a une forte probabilité de chute de pierres à court terme. Comme pour le site d'expertise, ces trois parcelles ont une ceinture arborée dense en crête de versant.



Figure 28 : Bloc fracturé surplombant la cour. Auteur : Antonin Dubois

A l'issue de cette visite, le BRGM a émis plusieurs recommandations qui ont été transmises à la DDTM14. Les travaux devront être réalisés dans les 6 mois, sinon une autre expertise devra être réalisée pour prendre en compte l'évolution du site :

Mesures immédiates

Interdire l'accès à l'arrière de la maison se trouvant sur la parcelle BA 0102.

Mettre en place une surveillance accrue du versant.

Veiller à ne pas stationner sous le bloc susceptible de se décrocher sur la parcelle BA 0100.

Mesures à prendre le plus tôt possible

Elaguer les arbres se trouvant en sommet de versant mais pas les enlever car leur système racinaire stabilise le sol.

Contacteur un bureau d'étude pour trouver des solutions pour sécuriser le versant, sur la parcelle BA 0102.

Réaliser une purge des blocs instables se trouvant au-dessus de la cour et de la maison (bureau d'étude), sur la parcelle BA 0100.

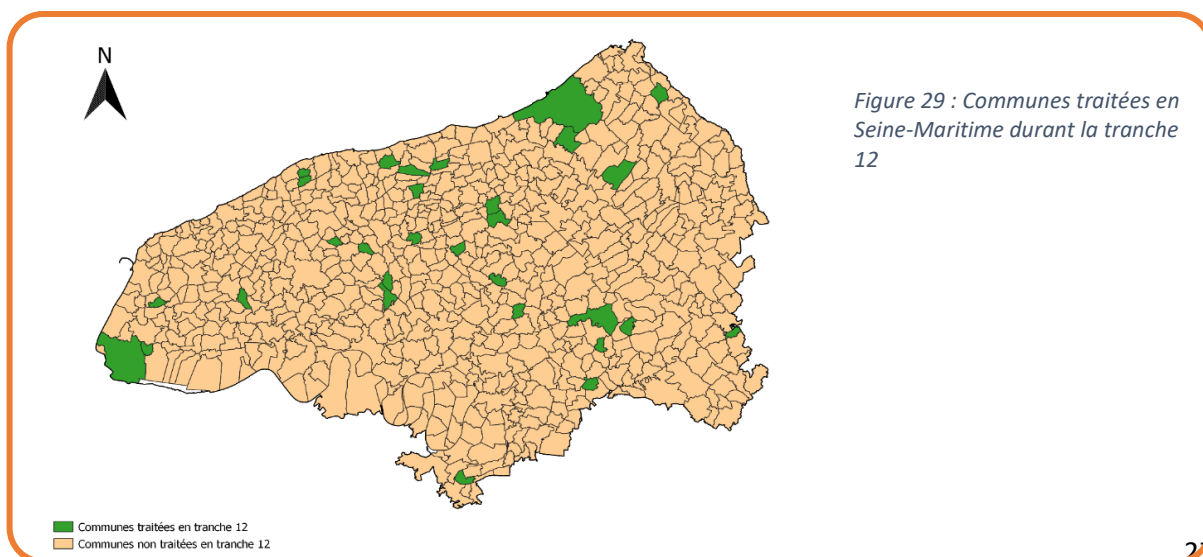
Pour cette mission, j'ai principalement effectué un travail de recueil d'information et de prise de photographies. J'ai pris part aux discussions mais les estimations des différents scénarios et les mesures évoquées ont été prises par David Ribes, ingénieur risques naturels.

4. Conclusion

4.1. Bilan des missions réalisées

Au cours de ce stage, 1876 nouveaux indices de cavités ont été bancarisés dans la base de données, concernant le département de Seine-Maritime, avec un total de 2001 indices traités en comptant les modifications et la suppression d'indices déjà existants. La moyenne des indices ajoutés durant les 5 dernières tranches étant d'environ 1300 (hors modifications et suppression). Au total, c'est 32 nouvelles communes du département qui ont été traitées (figure 29). La mise à jour de la base a été ma mission principale durant ces 3 mois et elle a occupée la majeure partie de mon temps de travail.

Type de cavité	Effectif dépt 76	Proportion 76 (%)
Carrière	783	41,7
Indéterminée	739	39,4
Ouvrage civil	70	3,7
Naturelle	114	6,1
Ouvrage militaire	148	7,9
Divers	22	1,2
Total	1876	100



La méthode développée pour repérer les erreurs de types, concernant les indices de cavités de l'Eure, a permis d'identifier 1332 indices erronés. Comme évoqué précédemment, il y a de fortes chances que certains indices n'ont pas été repérés. Mais ce premier travail a permis au moins d'en détecter une bonne majorité. Peut-être qu'en ayant utilisé un intervalle ou une marge d'erreurs plutôt que de se baser sur les coordonnées exactes, il aurait été possible de répertorier d'avantages d'indices. Cependant, il arrive que certains indices bien distincts soient dans un périmètre très rapproché. Donc en appliquant cette modification, d'autres erreurs auraient pu être générées, entraînant la modification d'indices corrects que l'analyse aurait jugée erronés.

Pour les deux missions réalisées sur le terrain, j'avais principalement un rôle d'observateur. La visite d'une falaise sous-cavée m'a permis de voir à quoi ressemble des cavités anthropiques, autrement qu'à travers les fiches d'inventaires traitées pour la mise à jour de la base. Et puis cela permet de voir comment se passe une évaluation de l'état de cavités ou de falaise, les éléments à prendre en compte, ... En ce qui concerne l'expertise qui s'est déroulée dans la commune de Bretteville-sur-Laize, cela a permis d'être confronté à une problématique de risque naturel. C'est-à-dire qu'à l'issue de l'étude, le BRGM peut recommander des procédures d'évacuations, des zones d'inconstructibilités, ... Même si dans le cas présent on n'en est pas arrivé à de telle mesures, il faut quand même se dire que notre évaluation et notre avis peut entraîner des conséquences sur la vie des habitants et sur l'aménagement du territoire en général. Par conséquent, j'ai pris conscience de la responsabilité qui peut reposer sur les épaules des personnes qui mènent ces expertises, puisque de leurs constats découlent les mesures prises.

4.2. Retour sur le stage

Ce stage fut une très bonne expérience. Certes le travail de bancarisation des données cavités était assez redondant, mais malgré tout enrichissant. J'ai cherché tout au long du stage des moyens de faciliter les traitements en explorant les différents outils qui étaient à ma disposition. Je ne suis pas parvenue à trouver de solutions globales, cependant j'ai pu développer des outils et programmes permettant d'automatiser ou du moins faciliter le traitement de certaines étapes.

J'ai beaucoup apprécié les missions de terrains, en compagnie de personnes spécialisées dans leur domaine. Cela permet de se rendre compte de l'existence de certains risques naturels qui peuvent impacter un territoire. En aménagement du territoire, on a souvent tendance à nous parler de politiques publiques, d'économie, de sciences sociales, de préservation des espaces naturels. En somme, tout ce qu'il y a à la surface ou juste sous nos pieds. Mais lorsqu'on creuse un peu plus, il y a d'autres contraintes qui apparaissent, certes moins visibles, mais non négligeables. Ce stage a donc permis de réaliser pleinement que l'aménagement du territoire est un domaine complexe, et qu'aucun aspect ne peut être négligé qu'il soit en surface ou en sous-sol. Etant moi-même Normand, je n'avais jamais réalisé que d'une part il y avait autant de cavités dans la région, et d'autre part qu'elles pouvaient représenter un risque et une contrainte aussi importants pour les activités humaines en Normandie.

Enfin, ce stage c'est très bien passé aussi grâce à l'ensemble de l'équipe de la direction régionale de Normandie du BRGM, qui m'a accueilli durant ces 3 mois. Il y a eu une bonne ambiance de travail tout au long du stage. Les stagiaires étaient vraiment intégrés à l'équipe. Une mission que je n'ai pas détaillée précédemment fut le déménagement des locaux. C'était assez amusant puisque c'était le seul moment où tout le monde travaillait sur le même projet. Et ces quelques jours de déménagement se

sont soldés par du « team-building » : une partie de balle au prisonnier, avec une balle en papier-bulle confectionnée grâce au savoir-faire des ingénieurs et techniciens du BRGM.

5. Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon maître de stage, Grégoire Dectot, pour m'avoir fait confiance en retenant ma candidature et en me laissant une certaine autonomie tout au long de ce stage. Je le remercie aussi pour sa disponibilité et sa bonne humeur.

Je remercie aussi David Ribes, qui fut en quelque sorte mon second maître de stage. Il m'a accompagné tout au long de ces 3 mois et sur toute les missions de terrains auxquelles j'ai participé. Tout comme Grégoire, il restait toujours à l'écoute.

Je remercie également Didier Pennequin pour m'avoir accueillie au sein de sa direction et je profite de cette occasion pour lui souhaiter un bon départ en retraite.

Je remercie tout spécialement Mickael Varin, stagiaire avec qui j'ai partagé mon bureau durant ses 3 mois de stage, ainsi que les autres stagiaires pour les bons moments passés ensemble.

Enfin je remercie toute l'équipe de l'antenne normande du BRGM.

6. Bibliographie

Alain Foucault & al, 2020. Dictionnaire de Géologie, 9^e édition. © Dunod. ISBN : 978-2-10-080050-6

BRGM, 2021. Appui au gouvernement namibien sur la problématique de la sécheresse disponible à l'adresse suivante : <https://www.brgm.fr/fr/projet-cours/appui-au-gouvernement-namibien-problematique-secheresse>

BRGM, 2022a. BRGM en bref disponible à l'adresse suivante : <https://www.brgm.fr/sites/default/files/documents/2021-12/brgm-enbref-fr-2021-2022.pdf>

BRGM, 2022b. Le BRGM à l'international disponible à l'adresse suivante : <https://www.brgm.fr/fr/france-monde/international>

BRGM, 2022c. L'histoire du BRGM disponible à l'adresse suivante : <https://histoire.brgm.fr/>

BRGM, 2022d. Implantation régionale Normandie disponible à l'adresse suivante : <https://www.brgm.fr/fr/implantation-regionale/normandie>

Céline ADAM & al., 2008. Les marnières de Haute-Normandie, méthodologies d'étude et de prévention : Guide technique, publié en septembre 2008 par le Laboratoire Central des ponts et chaussées.

L-Expert-Comptable, 2022. La liste des EPIC disponible à l'adresse suivante : <https://www.l-expert-comptable.com/a/37979-la-liste-des-epic.html#:~:text=Un%20EPIC%20est%20un%20%C3%89tablissement,r%C3%A8gles%20du%20Droit%20du%20travail>.

Michel Balleve, Valérie Bosse, Marie-Pierre Dabard, Céline Ducassou, Serge Fourcade, et al.. Histoire Géologique du Massif armoricain : Actualité de la recherche. Bulletin de la Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, Société Géologique et Minéralogique de Bretagne, 2013, (D), 10-11,

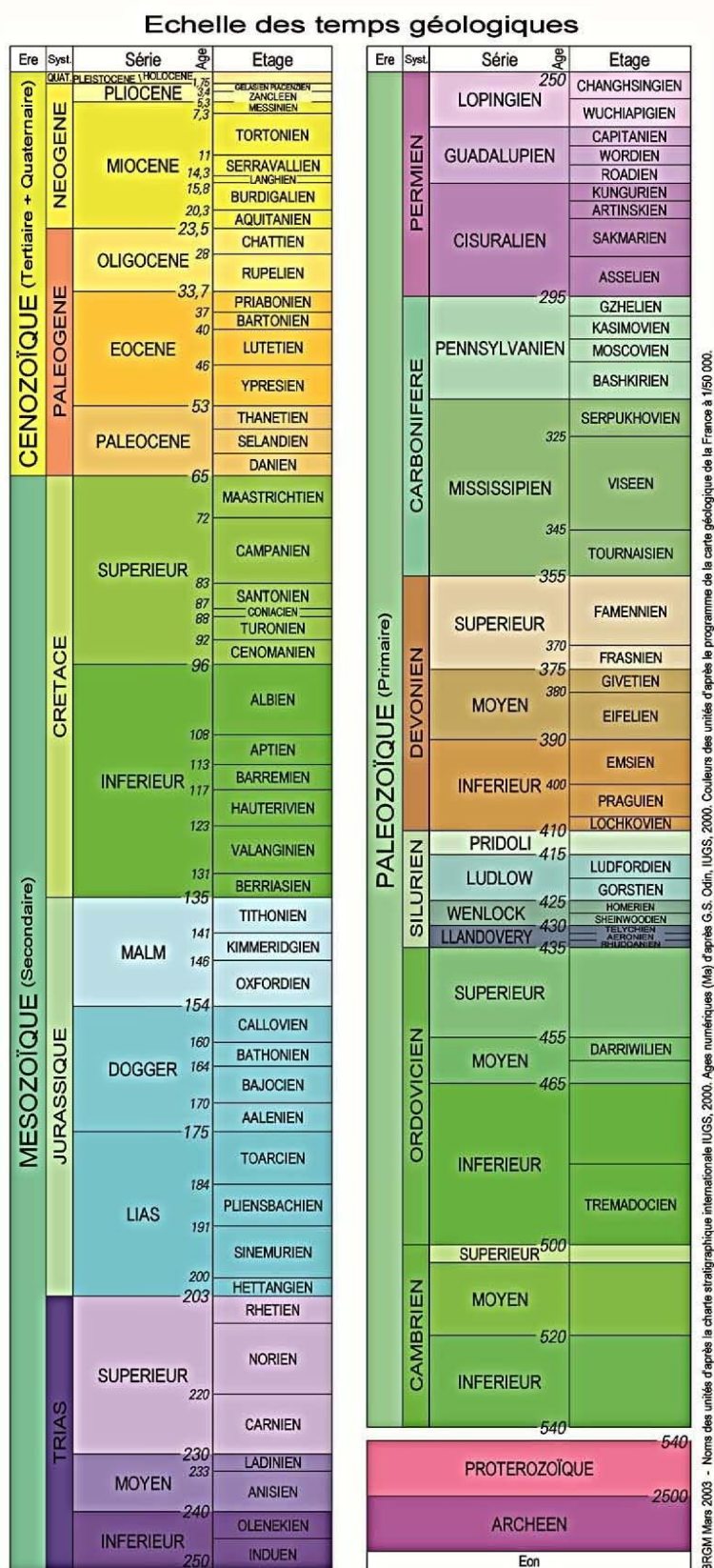
pp.5- 96. ffinsu-00873116f. Disponible à l'adresse suivante : <https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00873116/document>

Manier E., Gaumet N., 2004. Les marnières de Haute-Normandie : une approche méthodologique adaptée à un aléa diffus. Résumé, Journées Nationales de Géotechniques, Lille, 28-30 juin 2004

Préfecture du Nord, 2013. Qu'est-ce qu'un risque, disponible à l'adresse suivante : <https://www.nord.gouv.fr/Politiques-publiques/Prevention-des-risques-naturels-technologiques-et-miniers/Informations-generales-sur-les-risques/Qu-est-ce-qu-un-risque#:~:text=On%20appelle%20risque%20le%20produit,donc%20pas%20un%20risque%20important.>

7. Annexes

Annexe 1 : Echelle des temps géologiques simplifiée



Annexe 2 : Phénomènes karstiques

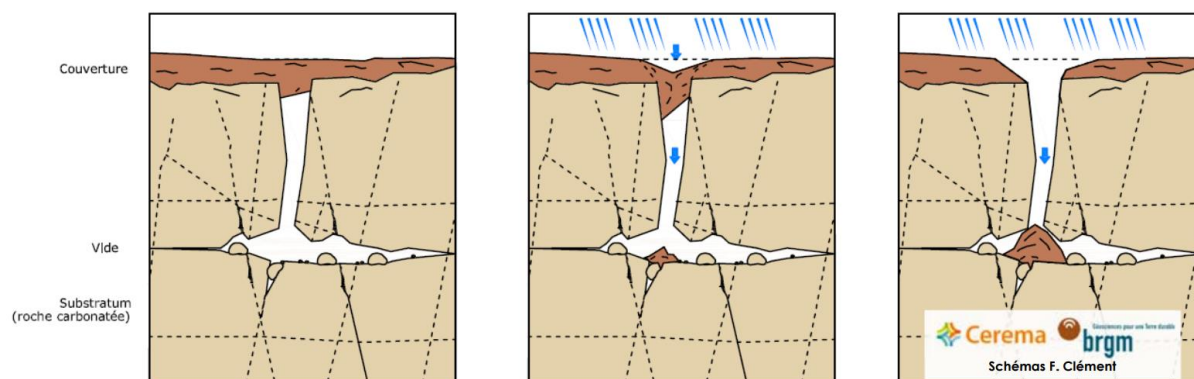


Schéma du phénomène de suffosion

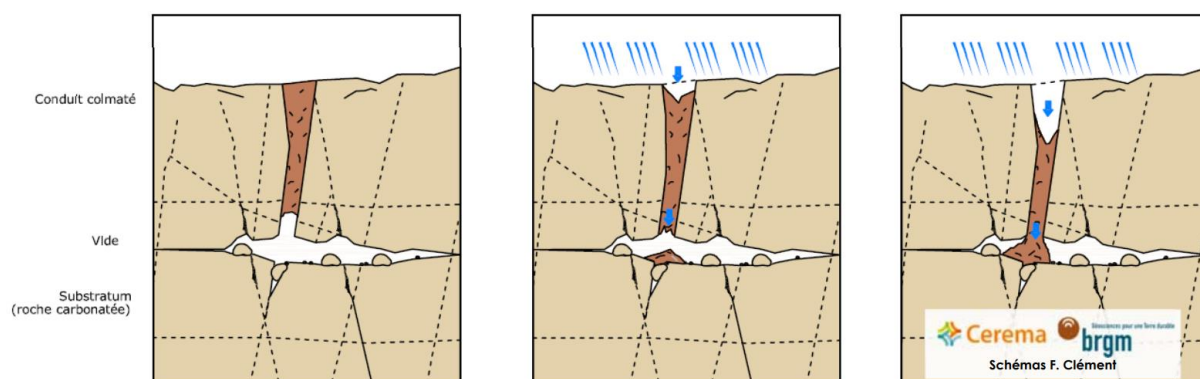


Schéma du phénomène de débouillage

ru

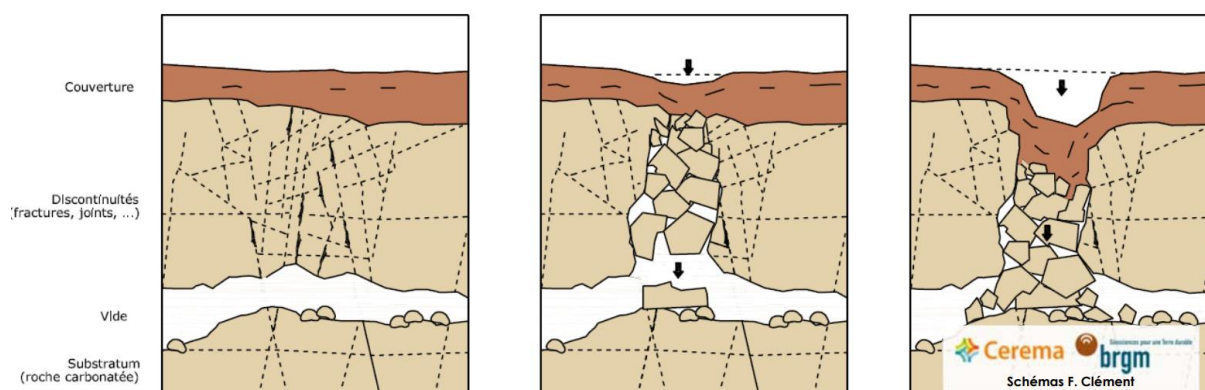


Schéma du phénomène de rupture mécanique

Annexe 3 : Tableau de saisie des données cavités

J	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Sources des informations à saisir dans l'onglet 2 Plusieurs sources possibles par cavité. <i>Ne rien saisir dans cette colonne</i>	Identifiant local <i>Obligatoire si nouvelle cavité</i> <i>laissez vide</i>	Identifiant national IED <i>Cavité</i> <i>Laissez vide si nouvelle cavité</i>	N° INSEE de la commune <i>Obligatoire</i>	Nom de la cavité <i>Obligatoire</i> <i>laissez libre</i>	in	Nature de la cavité <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Utilisation actuelle de la cavité <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Nature du point de repère <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Précision du repérage <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Source des coordonnées <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Précision des coordonnées (m) <i>Obligatoire</i> <i>laissez</i>	Système de coordonnées <i>Obligatoire</i> <i>Laissez</i>	Coordonnées X <i>Obligatoire</i> <i>laissez</i>	Coordonnées Y <i>Obligatoire</i> <i>laissez</i>
1															
2	Contiote onglet 2 - Sources info	id local	num_cavité	num_in	nom_cavité	type_cavité	nature_cavité	statut	repérage	positionnement	source_coord	precision_xy	lambert_ouage	l_ouage	ouage
107	Source renseignée	76104-044		76104	76104-044	carrière	indéterminée	abandon	autre	centroïde de commune	autre	1000	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	541783.00	6374765
108	Source renseignée	76104-045		76104	76104-045	carrière	indéterminée	abandon	autre	approché	autre	25	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	542237.66	6374639
109	Source renseignée	76104-047		76104	76104-047	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489145.00	240102
1040	Source renseignée	76104-048		76104	76104-048	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489009.00	240103
1041	Source renseignée	76104-052		76104	76104-052	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489420.00	240843
1042	Source renseignée	76104-053		76104	76104-053	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488714.00	239338
1043	Source renseignée	76104-055		76104	76104-055	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488886.00	240068
1044	Source renseignée	76104-057		76104	76104-057	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489107.00	240288
1045	Source renseignée	76104-058		76104	76104-058	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	490269.00	240846
1046	Source renseignée	76104-059		76104	76104-059	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489961.00	240679
1047	Source renseignée	76104-060		76104	76104-060	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	490111.00	240009
1048	Source renseignée	76104-061		76104	76104-061	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488715.00	239862
1049	Source renseignée	76104-062		76104	76104-062	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488802.00	239915
1050	Source renseignée	76104-064		76104	76104-064	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489688.00	240310
1051	Source renseignée	76104-065		76104	76104-065	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489556.00	240226
1052	Source renseignée	76104-066		76104	76104-066	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489509.00	240094
1053	Source renseignée	76104-067		76104	76104-067	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489509.00	240849
1054	Source renseignée	76104-068		76104	76104-068	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489532.00	239474
1055	Source renseignée	76104-069		76104	76104-069	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489793.00	240363
1056	Source renseignée	76104-071		76104	76104-071	naulve	office nautel	indéterminé	office suppos	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488599.00	240105
1057	Source renseignée	76104-072		76104	76104-072	indéterminé	office nautel	indéterminé	office suppos	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488717.00	240234
1058	Source renseignée	76104-073		76104	76104-073	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	490387.00	240415
1059	Source renseignée	76104-074		76104	76104-074	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	490380.00	239108
1060	Source renseignée	76104-075		76104	76104-075	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	487907.00	239312
1061	Source renseignée	76104-076		76104	76104-076	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489405.00	239620
1062	Source renseignée	76104-077		76104	76104-077	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488337.00	240537
1063	Source renseignée	76104-079		76104	76104-079	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488991.00	23987
1064	Source renseignée	76104-080		76104	76104-080	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489961.00	240894
1065	Source renseignée	76104-081		76104	76104-081	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488719.00	240539
1066	Source renseignée	76104-082		76104	76104-082	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489055.00	24087
1067	Source renseignée	76104-083		76104	76104-083	naulve	office nautel	indéterminé	office suppos	précis	autre	10	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	540807.51	6375599
1068	Source renseignée	76104-086		76104	76104-086	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	541220.08	6375188
1069	Source renseignée	76104-087		76104	76104-087	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	54176.45	6374894
1070	Source renseignée	76104-088		76104	76104-088	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	54176.45	6374894
1071	Source renseignée	76104-089		76104	76104-089	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489045.00	240404
1072	Source renseignée	76104-090		76104	76104-090	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489010.00	240388
1073	Source renseignée	76104-091		76104	76104-091	carrière	oyâtes	abandon	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488757.00	240068
1074	Source renseignée	76104-092		76104	76104-092	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488654.00	239865
1075	Source renseignée	76104-093		76104	76104-093	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488399.00	240895
1076	Source renseignée	76104-095		76104	76104-095	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489504.00	240778
1077	Source renseignée	76104-096		76104	76104-096	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488803.00	240730
1078	Source renseignée	76104-097		76104	76104-097	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489757.00	240357
1079	Source renseignée	76104-098		76104	76104-098	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	489355.00	240212
1080	Source renseignée	76104-099		76104	76104-099	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	488680.00	240273
1081	Source renseignée	76104-100		76104	76104-100	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	490263.00	240548
1082	Source renseignée	76104-101		76104	76104-101	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	542614.23	6378003
1083	Source renseignée	76104-102		76104	76104-102	naulve	office nautel	indéterminé	office visible	précis	autre	10	7 - Lambert 33 (EPSG:2154)	490253.00	241849
1084	Source renseignée	76104-104		76104	76104-104	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)	49049.10	24185
1085	Source renseignée	76104-105		76104	76104-105	indéterminé	indéterminée	indéterminé	autre	précis	autre	10	8 - Lambert 1100 (EPSG:27561)		

2 - Cavités - sources infos

1 - Cavités - infos générales

Annexe 4 : Correspondance des champs entre les bases DDTM76 et BRGM

CHAMPS	BD cavités - DDTM	BD cavités - BRGM (compléter par DDTM)
Type et nature	Marnière Argilière, cailloutière... Origine naturelle Indéterminée Puits, puisard, indice gardé pour information Ouvrage militaire ou civil	Carrière => Puits galeries Carrière => Puits galeries Naturel => Orifice naturel Indéterminé => Indéterminée Ouvrage civil => Ouvrage surfacique (si surface) Indéterminée (si ponctuel) Ouvrage linéaire (si linéaire) ou tout simplement, Ouvrage linéaire et surfacique Ouvrage militaire => Ouvrage bétonné (Bunker)
Statut	Quand - Origine Naturelle - Quand - Origine Indéterminée - Quand - Marnière, Cailloutière, Sablière - Quand - Puits, Puisards, indice gardé pour information - Quand - Ouvrage Civil et Militaire -	= Indéterminé = Indéterminé = Abandon = Abandon = Abandon
Reperage_Geographique	X	Si - visible sur le terrain / observé sur le terrain - = Orifice visible Si - enquête orale / archives / photo- = Orifice supposé Si indice linéaire ou surfacique = Centre cavité
Position	X	Précis
Source_Coordonnées	X	Autres
PrécisionXY	X	5m (5m près)
Source	Archives + Enquête oral + Observé sur le terrain + Photo aérienne + Archives, visible sur terrain + Enquête oral, visible sur le terrain	DDTM
Lieu_Archivage	X	DDTM
Commentaire	Complément	COMPLEMENT + PERIMETRE + NATURE + SOURCE

Annexe 5 : Comptes-rendus des réunions avec la DDTM

Compte-rendu :

Réunion du 04 mai 2022 à la DDTM

Objet : les bases de données BRGM et DDTM, le SIG Cavités de la Seine-Maritime.

Les personnes présentes :

Faisant partie de la DDTM :

- Sophie Blougorn - Chargée d'études géomatique et cavités souterraines
- Dorothée Elineau - Responsable du Bureau risques naturels et technologiques
- Arnaud Quiniou - Adjoint à la responsable – Référent mouvements de terrain
- Caroline Perdu - Stagiaire

Faisant partie du BRGM :

- David Ribes - Ingénieur Risques Naturels
- Grégoire Dectot -Ingénieur Risques Naturels
- Antoine Dubois - Stagiaire

Résumé de la réunion :

- Tour de table
- Rappel de la dernière rencontre DDTM / BRGM

Présentation de la DDTM :

- Rappel du contexte : la base cavités de Géorisques est incomplète
- Rappel des objectifs de la réunion : la DDTM propose son aide pour compléter la BD cavités du BRGM
- Mise en avant des difficultés : adapter les données de la DDTM à celles du BRGM
- Description de la méthode
- Propositions pour compléter les différents champs du BRGM
- proposition pour résoudre le problème des doublons : effacer les données du BRGM sur les communes traitées en SIG par la DDTM
- Questionnement de la DDTM sur quelques champs du BRGM

Les décisions prises entre le BRGM et la DDTM :

- Le BRGM doit vérifier que sa table des indices n'a pas évolué, sinon rajouter les nouveaux champs (ex – Extractions de matériaux)
- Le BRGM va analyser les propositions de la DDTM portant sur la correspondance de la nature des cavités
- Test sur 3 communes pour la détection et le traitement des doublons (sans remplacement des données BRGM) par la DDTM et le BRGM pour confronter les résultats obtenus. Selon le temps consacré à ces corrections, discussion à venir sur la nécessité de laisser les doublons ou de perdre des données BRGM par effacement
- Partage des tâches entre le BRGM et la DDTM pour le traitement de données
- Pour information : Le BRGM a saisi complètement les indices des recensements de certaines communes fournies par la DDTM au format SIG

- Pour une dizaine de communes sur lesquelles le BRGM n'a aucune information (ou presque), la DDTM va faire un test de remplissage automatique de la table du BRGM
- Pour les marnières, renseigner plutôt le type de cavités : « crayères »?

→ **Objectif de réaliser ces tests avant le 12 juin**

Compte-rendu :

Réunion du 22 juin 2022 à la DDTM

Une réunion sur les bases de données BRGM et DDTM, sur le SIG Cavités de la Seine-Maritime.

Les personnes présentes :

Faisant partie de la DDTM :

- Sophie Blougorn - Chargée d'études géomatique et cavités souterraines
- Dorothée Elineau - Responsable du Bureau risques naturels et technologiques
- Arnaud Quiniou - Adjoints à la responsable – Référent mouvements de terrain
- Caroline Perdu - Stagiaire

Faisant partie du BRGM :

- David Ribes - Ingénieur Risques Naturels
- Grégoire Dectot -Ingénieur Risques Naturels
- Antoine Dubois - Stagiaire

Résumé de la Réunion :

- Rappel de la dernière rencontre DDTM / BRGM du 4 mai 2022

Présentation de la DDTM :

Recherche de doublons entre base DDTM et base BRGM

- Rappel des trois communes traitées (Mirville / Anvéville / Longueville-sur-Scie)
- Description de la procédure :
 - Outils et méthodes utilisés
 - Document de travail (Tableau excel)
 - Résultats de l'analyse
- Mise en avant des conséquences de cette méthode et la solution à apporter.

Les décisions prises entre le BRGM et la DDTM :

→ Réalisation d'un test de transformation des données de la DDTM au format BRGM sur une dizaine de communes traitées. :

- BRGM doit renvoyer à la DDTM une proposition de choix de communes à traiter (avec pas ou peu d'indices)
- Compléter le tableau de données vide (envoyé par le BRGM) pour y ajouter les données de la DDTM.
- Ajouter un nouveau champ dans les données de la DDTM pour obtenir le numéro de référence BRGM « HNO »
- Garder les indices considérés comme « Leurre, indice levé, indice traité »
- Ne pas garder les indices considérés comme « carrière à ciel ouvert »
- Modification des indices linéaires et surfaciques par un indice ponctuel (à représenter par leur Centroïde)
- Analyse de la base de données de la DDTM par le BRGM

QUESTION (qui reste à résoudre) :

Que ferons-nous des centroïdes de parcelles pour les indices surfaciques dont la largeur est supérieure à 200 m ? (risque que Géorisques n'indique pas de cavité à proximité d'un lieu, si le centroïde de la parcelle est distant de plus de 100 m, alors que le lieu demandé est sur la parcelle).

Y a-t-il d'autres informations que le BRGM souhaiteraient que la DDTM ajoute à sa base de données pour les prochains traitements de recensement ?

Annexe 6 : Détail du code de transition DDTM76/BRGM

```
Sub Transition_DDTM_BRGM()
```

```
,
```

```
' Transition_DDTM_BRGM Macro
```

```
' Permet de remplir des champs de la BDCavités à partir des champs de la DDTM
```

```
,
```

```
' Touche de raccourci du clavier: Ctrl+w
```

```
,
```

```
Range("A2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Données_DDTM!RC[2]"
```

```
Range("C2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MID(Données_DDTM!RC[-1],1,5)"
```

```
Range("D2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-3]"
```

```
Range("E2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
```

```
"=IF(OR("Marnière"=Données_DDTM!RC,"Argillère, sablière,  
cailloutière"=Données_DDTM!RC),"Carrière",IF(Données_DDTM!RC="Origine naturelle (point d  
infiltration, béttoire naturelle...)", "Naturel",IF(Données_DDTM!RC="Origine  
indéterminée", "indéterminée",IF(Données_DDTM!RC="Ouvrage militaire ou civil", "Ouvrage  
militaire", "Ciel ouvert"))))"
```

```
Range("F2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = _
```

```
"=IF(Données_DDTM!RC[-1]="Marnière", "Crayère",IF("Argillère, sablière,  
cailloutière"=Données_DDTM!RC[-1], "Puits galeries",IF(Données_DDTM!RC[-1]="Origine  
naturelle (point d infiltration, béttoire naturelle...)", "Orifice naturel",IF(Données_DDTM!RC[-  
1]="Origine indéterminée", "Indéterminée",IF(OR(Données_DDTM!RC[-1]="Leurre, indice levé,  
indice traité",Données_DDTM!RC[-1]="Puits, puisard," & _
```

```

" indice gardé pour information""), ""Indéterminée"", IF(Données_DDTM!RC[-1]= ""Ouvrage
militaire ou civil"", ""Ouvrage bétonné (bunker)"", ""N/A""))))))"

Range("G2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=IF(OR("""Marnière""=Données_DDTM!RC[-2], ""Argillère, sablière,
cailloutière""=Données_DDTM!RC[-2]), ""Abandon"", IF(Données_DDTM!RC[-2]= ""Origine naturelle
(point d infiltration, béttoire naturelle...)""), ""Indéterminée"", IF(Données_DDTM!RC[-2]= ""Origine
indéterminée"", ""Indéterminée"", IF(OR(Données_DDTM!RC[-2]= ""Leurre, indice levé, indice
traité"", Données_DDTM!RC[-2]= ""Puits, puisard, indice gardé pour in" & _

"formation""), ""Abandon"", IF(Données_DDTM!RC[-2]= ""Ouvrage militaire ou
civil"", ""Abandon"", ""N/A""))))))" & _

""

Range("I2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(ISBLANK(RC[-4]), """, ""précis"")"

Range("K2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(ISBLANK(RC[-6]), """, 5)"

Range("A2:K2").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("A2:K16"), Type:=xlFillDefault

Range("A2:K16").Select

Selection.AutoFill Destination:=Range("A2:K2000"), Type:=xlFillDefault

Range("A2:K2000").Select

ActiveWindow.SmallScroll Down:=-21

ActiveWindow.ScrollRow = 1963

End Sub

Sub Reset_table()

'

' Reset_table Macro

' Permet de réinitialiser la table lorsque les 15000 lignes sont atteintes ou pour une nouvelle saisie.

'

' Touche de raccourci du clavier: Ctrl+s

'

Range("A2:K15000").Select

Selection.ClearContents

```

End Sub

Cette fonction permet de remplir automatiquement les champs de la BDCavités, à partir des données de la DDTM. Il est à noter que cela ne fonctionne pas avec tous les champs. Le programme est conçu pour pouvoir traiter 15000 lignes. Cependant, il est possible d'ajouter en modifiant le code, si besoin. Cependant, le calcul risque de durer plusieurs minutes.

Pour obtenir les données DDTM converties pour la BDCavités, il suffit de coller la table des données DDTM dans le tableur Excel « table de transition » dans la feuille « Données_DDTM ». Ensuite, aller dans la feuille « Transition données BRGM » et utiliser le raccourci clavier « Ctrl+w » pour lancer le programme. La table va alors se remplir automatiquement. Pour réinitialiser la table (dans le cas où les 15000 lignes sont atteintes ou pour faire une nouvelle saisie) utiliser le raccourci clavier « Ctrl+s » (voir « code réinitialisation de la table »).