

Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières terriennes de Basse-Normandie

Année 2014

Rapport final

BRGM/RP-64117-FR
Novembre 2014

Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines de Basse-Normandie Année 2014

Rapport provisoire

BRGM/RP-64117-FR
Novembre 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2014- SP14BNO08

PLAT E.
Avec la collaboration de
COUEFFE R., MATHON C. PICOT J.

Vérificateur :

Nom : L. CLOSSET

Fonction :

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : B. VITTECOQ

Fonction:

Date :

Signature :

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

Mots-clés : Cavité souterraine, Carrière souterraine, Diagnostic, Basse Normandie

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

PLAT E. avec la collaboration de COUEFFE R., MATHON C. PICOT J. (2014) – Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines de Basse-Normandie Année 2014. Rapport provisoire. BRGM/RP-64117-FR, 61 p.,23 ill.,5 ann.

Synthèse

Ces dernières années, en région Basse-Normandie, plusieurs effondrements d'anciennes carrières souterraines abandonnées ont entraîné des désordres au sein ou à proximité de zones urbanisées : Saint Pierre Canivet (14) et Courgeon (61) en 2011, Caen (14) en 2013, etc.

Des visites réalisées sur le terrain par le BRGM ont permis de confirmer le mauvais état de certaines de ces carrières et la nécessité de réaliser un état des lieux et un diagnostic de leur vieillissement, afin, d'une part, de porter à connaissance l'existence et les risques liés au vieillissement de ces carrières souterraines, et d'autre part de préconiser d'éventuels programmes de mises en sécurité, de surveillance et de prévention.

Dans le cadre de ses missions qui s'inscrivent au contrat d'objectifs Etat-BRGM 2013-2017, le BRGM a initié en 2014 un programme d'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines de Basse-Normandie. Le périmètre du secteur étudié comprend le Calvados, l'Orne et la Manche, avec une attention particulière pour les formations sédimentaires (calcaire bathonien et craie du cénomanien) des deux premiers départements. Ce programme ne concerne que les carrières souterraines d'exploitation de moellons et pierres de taille (il ne concerne donc pas les marnières).

Une première étape a consisté à réaliser une synthèse des données disponibles dans les différentes archives. Une seconde étape visait à identifier les sites visitables, à les hiérarchiser et à les sélectionner. Pour cela un croisement des différentes données disponibles a été réalisé et notamment avec les enjeux au droit ou à proximité des sites. Une dernière étape consistait à réaliser les inspections visuelles des cavités souterraines et à réaliser les comptes-rendus de visite ainsi que des recommandations (diagnostic détaillé, mise en sécurité, programme de surveillance adaptée -surveillance visuelle ou instrumentation- levé topographique pour affiner les cartes d'aléa...) et des préconisations pour la poursuite du programme. Les comptes-rendus de visites ont été rédigés sous forme de fiche et sont fournis en annexe du rapport de manière à être autonomes et pouvoir être consultés indépendamment du reste du rapport.

Au final, une quinzaine de cavités ont été visitées dans le cadre de la présente étude (nombre à considérer avec précaution en raison des disparités de taille de cavités notamment). Celles-ci sont réparties dans 5 communes dont trois situées dans l'agglomération caennaise (Hérouville-Saint-Clair, Mondeville et Fleury-sur-Orne) et deux situées plus au sud du département (Conteville et Aubigny). Toutes sont situées sur les calcaires du Bathonien moyen (calcaire de Caen, calcaire de Creuilly). En effet, compte tenu du chronogramme de la présente étude et du nombre de cavités qu'offre le Bathonien, il a été décidé de se concentrer sur cette formation, ce qui a notamment permis de limiter les temps de déplacement. L'inventaire réalisé dans le cadre de cette étude 2014 est donc loin d'être exhaustif et du fait du temps imparti n'a pu être aussi affiné sur certaines zones autant que les auteurs l'auraient recommandé. Il s'agit donc bien ici d'un travail préliminaire qui devrait être affiné au cours d'un ou plusieurs projets complémentaires.

Dans certains secteurs, il est notable qu'il existe des zones à enjeux (maisons individuelles, immeubles, centres commerciaux, chaussée) sous cavées par des secteurs de cavités présentant un état de dégradation qui paraît avancé. Dans ces secteurs, il paraît nécessaire de réaliser des diagnostics plus détaillés (niveau 3 ou 4) qui conduiront vraisemblablement à mettre en œuvre des solutions de confortements et *a minima* des inspections régulières de suivi (qui, compte tenu de la superficie de certaines carrières, nécessitent la mise en place d'une méthodologie spécifique, notamment pour le positionnement et la récupération des

observations précédentes de manière à évaluer l'évolution des carrières). Ces diagnostics détaillés ne peuvent être réalisés qu'après un lever précis de la géométrie de ces cavités par des géomètres topographes (outre le niveau du plancher des cavités, le niveau du toit devrait être également levé). Il faut noter toutefois que, compte tenu du temps limité pour la réalisation de cette étude et du nombre de sites visités, il reste, même sur les sites visités, un certain nombre d'interrogations relatives par exemple aux hauteurs de recouvrement et hauteurs de vides en chaque point, à la nature des terrains géologiques de recouvrement ainsi que leur état, etc.

D'une manière plus générale et compte tenu des observations réalisées sur les sites visités, il est préconisé de poursuivre les efforts de connaissance sur le vieillissement des cavités souterraines en Basse-Normandie notamment via la poursuite des visites de sites mais également la mise en œuvre de solution de mutualisation de l'information (adaptée au niveau de détail attendu). La hiérarchisation des sites devra être réalisée en collaboration avec les différents services de l'état et collectivités concernées en s'appuyant, préférentiellement sur l'échelle communale (ou pluri-communale).

Sommaire

1. Contexte et objectifs	9
2. Les carrières souterraines en Basse-Normandie.....	11
2.1. FORMATIONS GEOLOGIQUES EXPLOITEES EN SOUTERRAIN EN NORMANDIE 11	
2.1.1. Généralités (d'après Evrard, 1987)	11
2.1.2. Zoom sur une formation intensément exploitée : le Calcaire du bathonien moyen (jurassique)	12
2.2. DONNEES DISPONIBLES RELATIVES AUX CAVITES.....	16
2.2.1. Les différents recensements des cavités en Basse Normandie.....	16
2.2.2. Services de l'état et collectivités.....	18
2.2.3. Documents historiques et patrimoniaux	18
2.2.4. Plans disponibles, géoréférencés et/ou digitalisés	19
2.2.5. Autres sources de données	22
3. Sélection des sites à visiter et préparation des campagnes.....	29
3.1. SELECTION DES SITES	29
3.1.1. Les données utilisées	29
3.1.2. Méthode de sélection.....	29
3.2. PREPARTION DES CAMPAGNES DE TERRAINS ET VISITES PREPARATOIRES 31	
3.2.1. Herouville-Saint-Clair (14).....	31
3.2.2. Rue des Roches à Mondeville (14)	32
3.2.3. Colombelles (14).....	33
3.2.4. Lantheuil – lieu-dit Pierrepont (14)	36
3.2.5. Aubigny (14)	37
3.2.6. Conteville (14).....	38
3.2.7. Autre	38
4. Mise en œuvre de diagnostics de stabilité	39
4.1. NIVEAUX DE DIAGNOSTIC	39
4.2. RECONNAISSANCES ET INVESTIGATIONS DE TERRAIN.....	40
4.3. EVALUATION DES DESORDRES ATTENDUS EN SURFACE DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE.....	41
4.3.1. Type de désordres	41
4.3.2. Evaluation préliminaire de la stabilité	42
4.4. REALISATION DE FICHES DETAILLEES	43

4.4.1. Contenu des fiches	43
4.4.2. Liste des fiches	43
5. Synthèse et recommandations	45
5.1. RESULTAT DES DIAGNOSTICS	45
5.2. AMELIORATION DE LA CONNAISSANCE SUR LES CAVITES SOUTERRAINES ET LEUR VIEILLISSEMENT EN BASSE NORMANDIE	47
5.2.1. Poursuite de la collecte de données et mutualisation de la connaissance	47
5.2.2. Liste de sites à visiter (non exhaustive) et hiérarchisation	47
6. Bibliographie	49

Liste des illustrations

Illustration 1 - Le massif Armoricain et son exploitation en Normandie (Evrard, 1987)	11
Illustration 2 - Les terrains sédimentaires des ères Secondaire et Tertiaire et leur exploitation (Evrard, 1987)	12
Illustration 3 – Répartition des formations calcaires du Bajocien et du Bathonien	13
Illustration 4 – Localisation des principaux sites d'extraction du Calcaire bathonien entre Caen et Habloville (source : http://www.etab.ac-caen.fr/dscip/geologie/mesozoi/bathonii/autre/coucaen.htm)	14
Illustration 5 - Localisation des carrières souterraines et à ciel ouvert sur Caen et les communes limitrophes (source : SCVC)	14
Illustration 6 - Coupe synthétique du calcaire de CAEN - Bathonien inférieur et moyen (d'après Rioult et Fily - Colloque du Jurassique 1997)	15
Illustration 7 – Exemple de cartes fournies dans l'étude des cavités souterraines de la Plaine de Caen pour la commune d'Aubigny.....	16
Illustration 8 – Secteur des carrières de Fleury-sur-Orne où les plans anciens sont concordants avec les levers de géomètres (représentés en couleur)	20
Illustration 9 – Secteurs où les plans anciens sont imprécis voire incomplets (comparaison avec les levers de géomètre représentés en couleur)	20
Illustration 10 – Emprise digitalisée de la carrière Saingt à Fleury-sur-Orne (en violet) sont fond de plan au 1/1000	21
Illustration 11 - Emprise digitalisée de la partie nord de la carrière Piochet à Fleury-sur-Orne et de la carrière des Coteaux au niveau de la rue des Tilleuls (en violet) sont fond de plan au 1/1000	21
Illustration 12 – Tableau de synthèse reprenant les plans consultés et l'état d'avancement de la vectorisation	23
Illustration 13 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Hérouville-Saint-Clair	32
Illustration 14 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Mondeville	33
Illustration 15 – Localisation des sites sélectionnés sur la commune de Colombelles	34

Illustration 16 – Vue d'ensemble du site BNO AA0002438	35
Illustration 17 – Entrée de la petite « grotte » vraisemblablement creusée par les enfants à Colombelles	35
Illustration 18 – Vue d'ensemble du site BNOAA0002441	36
Illustration 19 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Langueil	37
Illustration 20 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Aubigny	38
Illustration 21 – Définitions des différents types de diagnostics (guide méthodologique, 2014) ..	39
Illustration 22 – Adaptation des moyens d'étude pour chaque niveau de diagnostic recherché (guide méthodologique, 2014)	40
Illustration 23 - Synthèse des pré-diagnostic.....	46

Liste des annexes

Annexe 1 Cavités du Bois de la Garenne à Herouville-Saint-Clair	51
Annexe 2 Cavité d'Aubigny Nord	53
Annexe 3 Cavités de la rue des Roches à Mondeville	55
Annexe 4 Cavités de l'est de Conteville	57
Annexe 5 Cavités de Fleury-sur-Orne.....	59

1. Contexte et objectifs

Ces dernières années, en région Basse-Normandie, plusieurs effondrements d'anciennes carrières souterraines abandonnées ont entraîné des désordres au sein ou à proximité de zones urbanisées : Saint Pierre Canivet (14) et Courgeon (61) en 2011, Caen (14) en 2013, etc.

Des visites réalisées sur le terrain par le BRGM ont permis de confirmer le mauvais état de certaines de ces carrières et la nécessité de réaliser un état des lieux et un diagnostic de leur vieillissement, afin, d'une part, de porter à connaissance l'existence et les risques liés au vieillissement de ces carrières souterraines, et d'autre part de préconiser d'éventuels programmes de mises en sécurité, de surveillance et de prévention.

Dans le cadre de ses missions qui s'inscrivent au contrat d'objectifs Etat-BRGM 2013-2017, le BRGM a initié en 2014 un programme d'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines de Basse-Normandie.

Le périmètre du secteur étudié comprend le Calvados, l'Orne et la Manche, avec une attention particulière pour les formations sédimentaires (calcaire bathonien et craie du cénomanien) des deux premiers départements. Ce programme ne concerne que les carrières souterraines d'exploitation de moellons et pierres de taille (il ne concerne donc pas les marnières).

L'objectif de la présente étude est de synthétiser les données disponibles dans les différentes archives (notamment DREAL/BRGM), d'identifier les sites à visiter et de réaliser des inspections visuelles des carrières souterraines qui se trouvent au droit d'enjeux.

2. Les carrières souterraines en Basse-Normandie

La Basse-Normandie est une région à la frontière de deux grandes entités géologiques extrêmement différentes : le Bassin Parisien et le Massif Armoricain. Le premier, situé à l'Est de la région recouvre les pays d'Auge, d'Ouche et du Perche, jusqu'au Bessin et à la plaine de Caen, par des matériaux calcaires propices à l'excavation de matériaux de construction ou d'amendement. En outre, le Bassin Parisien présente en Basse-Normandie quelques karsts de taille modérée. Le second est le socle armoricain apparent sur le reste de la région. Les cavités et exploitations y sont moins nombreuses, mais les exploitations de schistes, argiles, grès et ainsi que les cavités militaires y sont toutefois présentes.

2.1. FORMATIONS GEOLOGIQUES EXPLOITEES EN SOUTERRAIN EN NORMANDIE

2.1.1. Généralités (d'après Evrard, 1987)

Exploitation souterraine du massif Armoricain

Le relief bien marqué du massif Armoricain a plutôt favorisé l'exploitation des carrières à ciel ouvert (exploitations de quartzite, grès, cornéennes, etc). L'illustration 1 montre la succession stratigraphique des terrains primaires, et les niveaux susceptibles d'avoir été exploités en Normandie.

Étages			Principaux faciès	Matériaux exploités	Principales localités
Paléozoïque	Carbonifère	Stephanien Westphalien Viséen Tournaïsien	couche de Littry couche de Plessis calcaire grès	houille	mines de Littry, Fumichon (1950)
	Dévonien		argilites et grès		
	Silurien		ampélites grès culminant		
	Ordovicien	Ashcilién Caradocien Llandeilién Llanvirnien Arénigien	tillites schistes grès de May grès schistes grès armoricain	minéral de fer	(mines de May-sur-Orne, Rocquancourt, Saint-Germain, La Ferrière-aux-Étangs, Le Châtellier, Soumon-Saint-Quentin (en activité))
	Cambrien		grès schistes et grès poudingues	ardoises	petites excavations la Glacerie, Cau-mont-l'Éventé...
Protérozoïque	Briovérien	Sup. Moyen Inf.	phyllades grès feldspathiques schistes calcaires noirs	calcaire pour chaux et pierre de taille ardoises	La Meauffe... (?)
			schistes et phtanites spilites rhyolites		
	Pentévrien		orthogneiss granodiorites		

Illustration 1 - Le massif Armoricain et son exploitation en Normandie (Evrard, 1987)

Les exploitations des terrains secondaires et tertiaires

La disposition géologique de ces assises subhorizontales et de grande extension a favorisé les exploitations souterraines à faible profondeur accessibles par puits ou à partir d'accès à flanc de coteau. Les matériaux les plus divers ont été exploités et passent des roches meubles (argile et sable) aux craies tendres ou calcaires durs (Illustration 2).

La présente étude s'intéresse à l'ensemble des carrières du département hors mines et hors marnières.

Étages		Principaux faciès	Matériaux exploités	Principales localités
Tertiaire	Sparnacien Thanetien	sables et argiles	sables, terre à foulon, poterie, briques	Exploitations souterraines Pays de Caux ex : Saint-Aubin-Celloville (jusqu'en 1940)
Crétacé	Senonien	craie blanche à silex craie noduleuse dure	calcaire pour construction	Seine-Maritime + Eure Calvados Caumont...
	Turonien	craie grise plus ou moins phosphatée tuffeau	craie amendement pour construction calcaire pour construction	Seine-Maritime + Eure Calvados Vernon (en activité) Orne
	Cenomanien	craie sablo-glaconieuse	pierre de taille dite pierre de Fécamp	Très importante carrière souterraine Fécamp
	Albien	argile du Gault-sables		Région de Lisieux
	Aptien	sables	?	?
Jurassique	Portlandien	sables Calcaire lithographique	pierre de taille caves	Pays de Bray
	Kimmeridgien	argiles calcaire banc de plomb	argiles, briques	Villequier (Seine-Maritime)
	Oxfordien	marnes sables de Glos calcaire coralligène	sable calcaire, chaux	Quelques carrières région de Lisieux
	Callovien	marnes		
	Bathonien	calcaires et marnes	calcaire de Caen, pierre de taille	Intense exploitation de Caen à Falaise (Calvados)
	Bajocien	calcaire		
Trias		—	—	—

Illustration 2 - Les terrains sédimentaires des ères Secondaire et Tertiaire et leur exploitation (Evrard, 1987)

2.1.2. Zoom sur une formation intensément exploitée : le Calcaire du bathonien moyen (jurassique)

Plusieurs formations du Bathonien moyen furent intensément exploitées dans le Calvados et l'Orne, essentiellement entre Caen et Falaise. Par ailleurs, le Bajocien fut également le siège d'exploitation. L'Illustration 3 montre la répartition de ces formations en Basse Normandie.

Cette partie fournit quelques éléments relatifs aux différents faciès exploités mais ne se substitue pas à l'importante bibliographie existante sur le sujet (notices des cartes géologiques, mémoire de thèse de Dujardin, etc.).

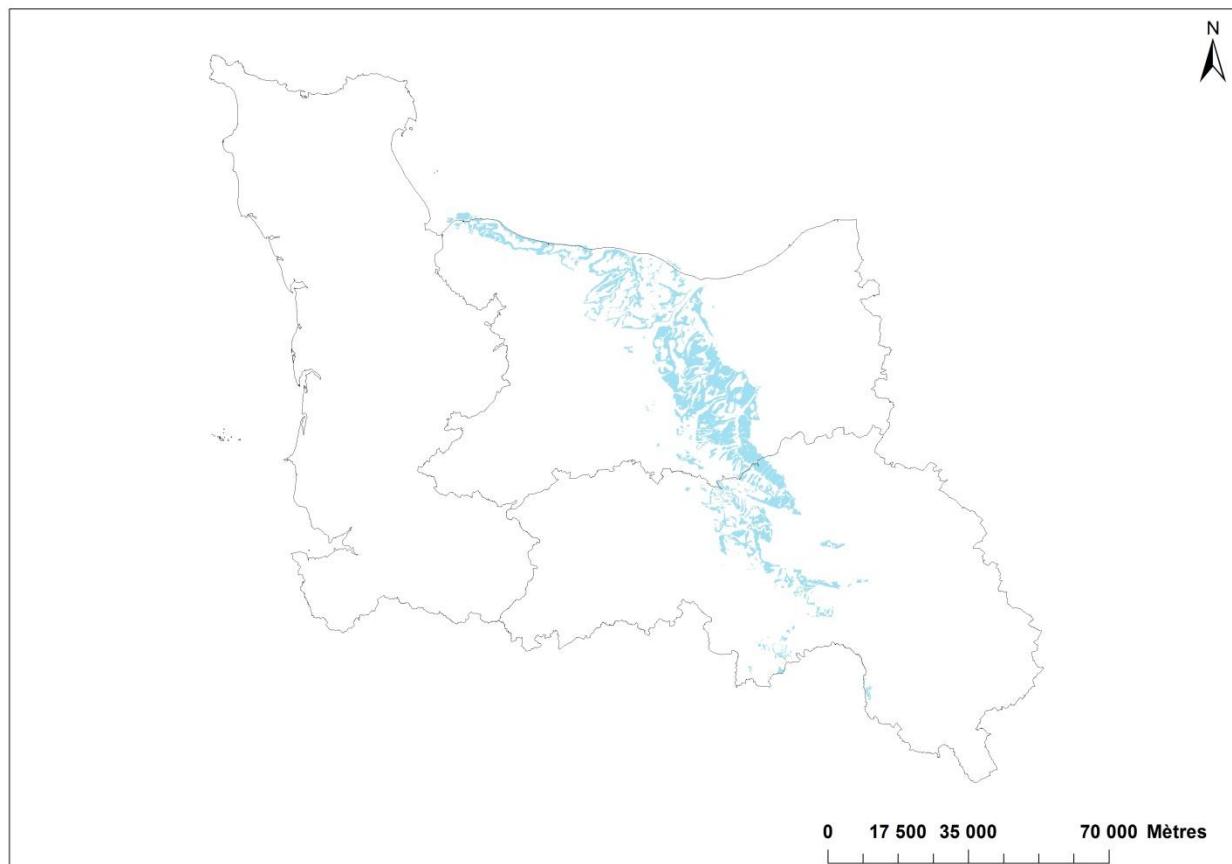


Illustration 3 – Répartition des formations calcaires du Bajocien et du Bathonien

Remarque : Les formations du Cénomanien ont également été intensément exploitées notamment dans le Pays d'Auge. Aucune carrière du Cénomanien n'ayant pas fait l'objet de visite dans le cadre de la présente étude, les formations du Cénomanien n'ont pas été étudiées spécifiquement.

Calcaire de Caen

Il s'agit d'une pierre noble, blanchâtre, à grain fin, qui est facile à tailler et se sculpte bien.

L'exploitation remonte au moins aux Gaulois et à l'occupation romaine. Elle s'est considérablement développée sous Guillaume le Conquérant et les Ducs normands pour la construction des grands monuments religieux, militaires et civils, tant en Normandie qu'en Angleterre. Largement utilisée par la suite et même exportée jusqu'au début du XIX^{eme} siècle, cette pierre fut progressivement abandonnée il y a 150 ans. L'exploitation connut alors bien des aléas ; un renouveau temporaire se confirma lors de la reconstruction de la ville en ruines après la seconde guerre mondiale ; puis une nouvelle récession s'accusa il y a une quarantaine d'années. Plus récemment, une des carrières souterraines de la Maladrerie a été réouverte pour fournir de la pierre au bâtiment du musée du Mémorial de Caen. En 2004, la carrière de Cintheaux a également été réouverte notamment dans un but de restauration des monuments de la Ville de Caen ; la pierre y est extraite sur une hauteur de 3,20 mètres, sur une profondeur de 1,60 mètres, et sur une largeur de 6 mètres, par avancée de 1,60 mètres (<http://www.la-pierre-de-caen.fr/>).

La pierre de Caen (Jurassique), utilisée en pierre de taille, a particulièrement été exploitée dans un premier temps à partir de galeries ensuite, par puits. Les principales communes concernées se répartissent dans la plaine de Caen non loin de l'Orne. (Illustration 4 et Illustration 5).

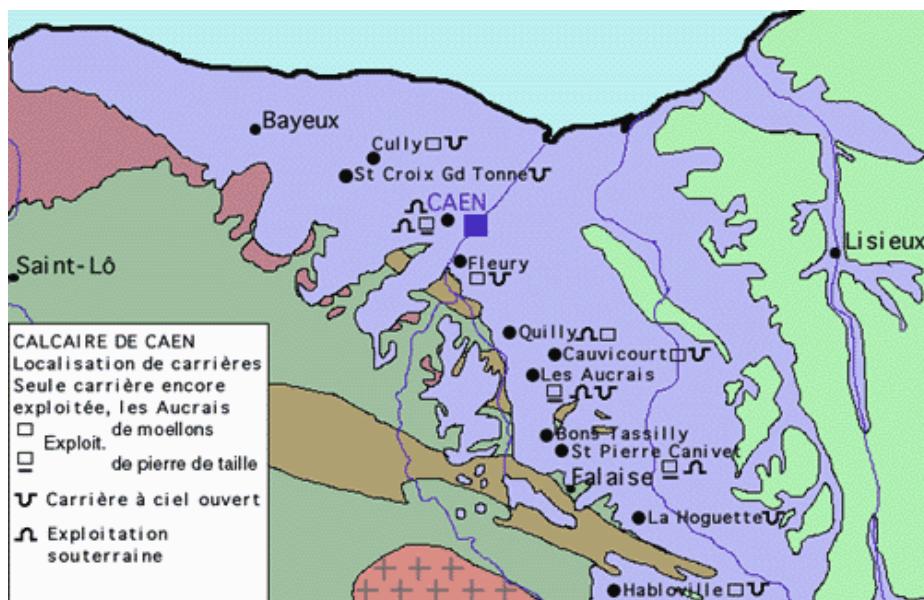


Illustration 4 – Localisation des principaux sites d'extraction du Calcaire bathonien entre Caen et Habloville (source : <http://www.etab.ac-caen.fr/discip/geologie/mesozoi/bathoni/autre/coucaen.htm>)

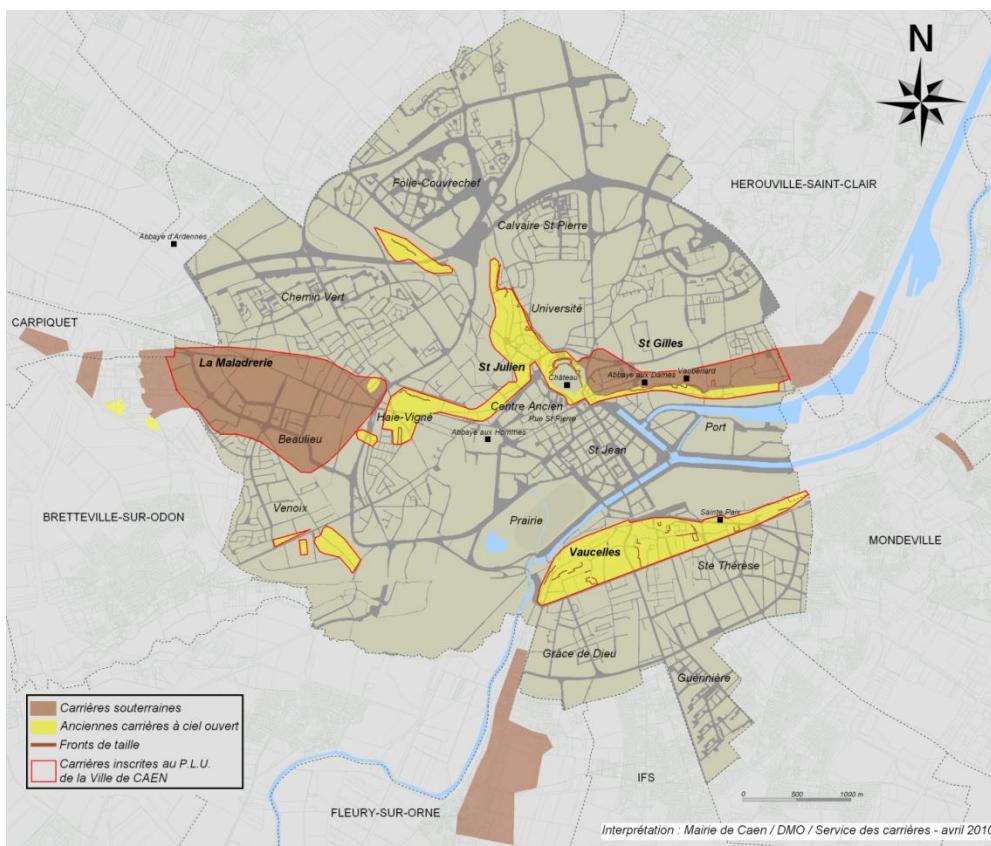


Illustration 5 - Localisation des carrières souterraines et à ciel ouvert sur Caen et les communes limitrophes (source : SCVC)

La partie moyenne du Calcaire de Caen fut exploitée le plus activement sur 6 à 8 m de hauteur maximum, juste au-dessous des bancs de silex marquant la limite inférieure du Calcaire de Creully (Illustration 6).



Illustration 6 - Coupe synthétique du calcaire de CAEN - Bathonien inférieur et moyen (d'après Rioult et Fily - Colloque du Jurassique 1997)

Cette formation est recoupée par des fractures N110° et par des décrochements, généralement à faible rejet. Il est creusé de conduits karstiques, avec remplissage argileux et localement circulation d'air et d'eau. Par ailleurs, au niveau des versants de vallées, les massifs de calcaire sont affectés par des fentes de décompressions.

A la suite d'effondrements et d'accidents mortels dans les carrières souterraines, la Préfecture fixa un règlement d'exploitation en 1838, stipulant que les piliers devaient mesurer en section 3 m sur 3 m au minimum et que leur espacement ne devait pas dépasser 7 m pour assurer une portée de chaque portion de 100 m² de voûte par un pilier de 9 m² de section (soit des taux de défruiteme nt de 91%). Mais ces contraintes ne furent guère respectées à cette époque et, ultérieurement, certains piliers furent exploités ou naturellement altérés.

Autres calcaires

Le Calcaire de Creully, taillé et scié, peu gélif, a servi à construire de nombreux murs dans la Campagne et la ville de Caen. Le Calcaire de Blainville (ou de Colombelles) et le Calcaire de Ranville ont fourni d'importants volumes de pierre de taille et de moellons pour les aménagements portuaires et les quais du canal de Caen à la mer, ainsi que de la pierre à chaux.

2.2. DONNEES DISPONIBLES RELATIVES AUX CAVITES

2.2.1. Les différents recensements des cavités en Basse Normandie

Les carrières souterraines ont fait l'objet de différents inventaires recensés dans la présente partie.

Inventaire des cavités (1856 puis milieu des années 1980)

Un inventaire, réalisé en 1856 sur ordre du Préfet de l'époque, plus particulièrement dans le Pays d'Auge, a été repris dans le milieu des années 1980 par la Direction départementale de l'Équipement du Calvados (Evrard, 1987). Plusieurs centaines de carrières souterraines en activités y avaient été recensées.

Etude des carrières souterraines de la Plaine de Caen (DREAL, 2000)

La DREAL a mis à disposition du BRGM les données numériques (carte pdf et tables MapInfo) relative à une étude des carrières souterraines de la Plaine de Caen élaboré dans les années 1998-2000. Les fichiers remis contiennent :

- 89 emprises surfaciques de carrières dont 34 connues, 29 approximatives et 26 probables ;
- 28 données ponctuelles correspondant à de petites carrières dont 26 connues et 2 approximatives ;
- 40 indices de carrières (5 effondrements probablement liés à une carrière, 25 entrées de carrières souterraines et 10 mentions de carrières).

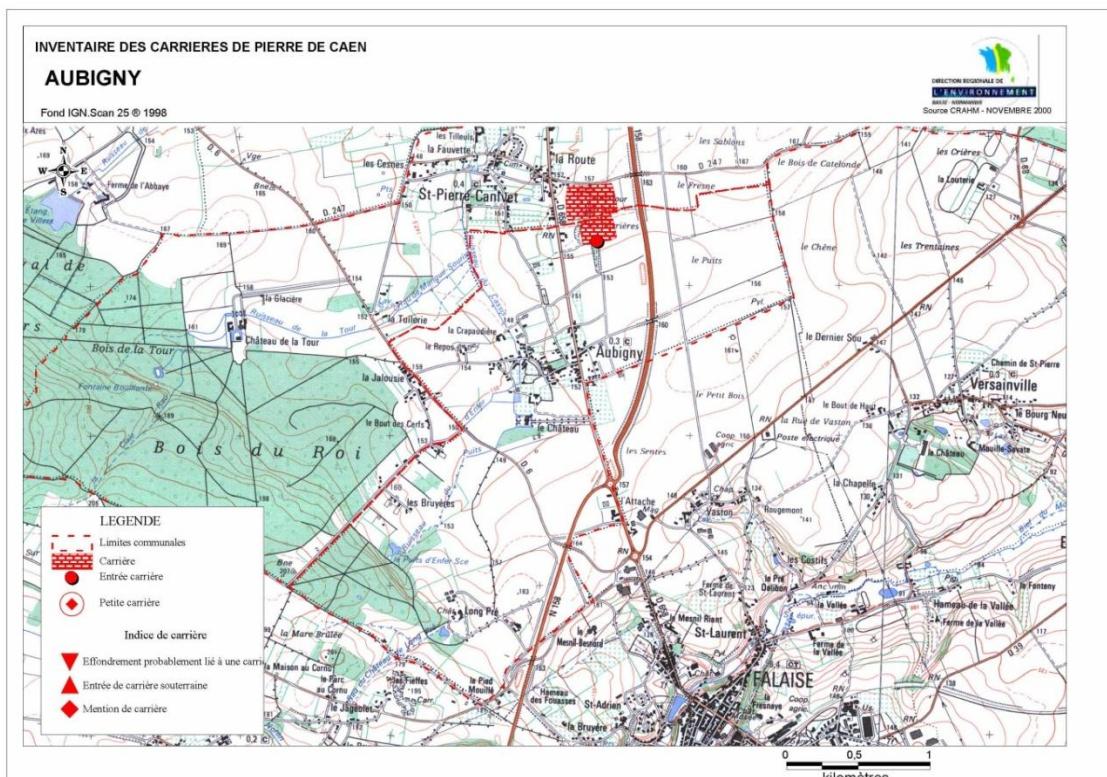


Illustration 7 – Exemple de cartes fournies dans l'étude des cavités souterraines de la Plaine de Caen pour la commune d'Aubigny

BD Cavité et mises à jour

La base de données BDCAVITES (www.cavites.fr <http://www.bdcavites.net/> ou www.georisques.gouv.fr) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que certains désordres qui y sont associés.

Des inventaires des cavités souterraines ont été réalisés par le BRGM pour chacun des trois départements de Basse Normandie

Calvados

Un premier inventaire des cavités souterraines (hors mines) a été réalisé dans le département du Calvados en 1998 par le BRGM (rapport R40291). En 2004, un inventaire préliminaire des cavités souterraines du Calvados a permis de recenser 1628 fiches de cavités (Coueffe et al., 2004).

Des compléments ont été apportés à la base de données dans le cadre de l'inventaire des mouvements de terrain et ont permis de porter le nombre de faits recensés à 2 230 pour le Calvados.

Orne

Un inventaire préliminaire des cavités souterraines de l'Orne a permis de recenser 1508 fiches de cavités dont 2/3 localisés en plan (Equilbey et al., 2003).

Dans ce département, 54 nouvelles cavités ont été bancarisées en 2011-2012 en provenance soit du BRGM soit de la DDT61 dans l'arrondissement de Mortagne-au-Perche.

Manche

Au 1^{er} janvier 2012, la base de données nationale « BDCavités » contenait, pour le département de la Manche, 67 cavités. Il s'agissait de données qui avaient été collectées lors de l'inventaire des mouvements de terrain du département en 2004-2005 (Coueffe et al., 2005).

Dans le cadre de la constitution d'une base de données nationales, un inventaire départemental des cavités souterraines (hors mines) a été réalisé (Pannet et al., 2012 et Pannet et al., 2013). Cette étude a permis de recenser 562 cavités qui ont été intégrées dans la base de données nationale des cavités souterraines (BD Cavités) disponible sur Internet (www.cavites.fr).

Atlas régional des cavités souterraines

Les cavités naturelles ou d'origine anthropiques en Basse-Normandie sont répertoriées dans un atlas des cavités souterraines, dès lors qu'elles ne sont pas soumises au Code Minier, afin d'identifier les zones à risque d'affaissement ou d'effondrement. Cet atlas est mis à jour lors de la découverte de nouveaux indices.

L'objectif de BDCAV (disponible sur CARMEN) est de réunir les indices de cavités avérés par une recherche bibliographique, une enquête orale ou une visite de terrain. Les indices issus de la photo-interprétation en sont exclus. Deux sortes d'indices sont répertoriées dans l'atlas, les indices liés à une information ponctuelle et ceux liés à une information surfacique (prenant la forme d'une parcelle ou d'un plan de cavité).

La DREAL a fourni en date du 21/10/2014, dans le cadre de la présente étude, une table répertoriant 4625 indices ponctuels de cavités souterraines. La table contenant les informations surfaciques n'a pas été mise à disposition du BRGM. A cette date, la majeure partie des sites à visiter avait déjà été sélectionnée.

2.2.2. Services de l'état et collectivités

Dans le cadre de cette étude, de nombreuses personnes appartenant aux services de l'état et aux collectivités ont été contactées, entre autre :

- le Conseil général de l'Orne (Mr Chardon) ;
- la DDTM14 (Mr Hagnere et Mr Lecrome) ;
- le service des carrières de la Ville de Caen (Mr Coyet et Mr Lanrouilly), cf. paragraphe ci-dessous ;
- de nombreuses mairies (service technique, service de l'urbanisme, secrétariat ou maire).

Service des Carrières de la Ville de Caen

Les carrières souterraines sur le seul territoire de la commune de Caen couvrent une superficie importante. La Ville de Caen a donc mis en place depuis 1955 un service spécialisé chargé plus précisément : du recensement de toutes les carrières souterraines sur le domaine communal, du levé topographique et de la mise sur plan de tous les vides accessibles, de la surveillance des cavités visitables, de l'information auprès du public et des professionnels du bâtiment.

Le Service des Carrières de la Ville de Caen (SCVC) dispose ainsi sur la Ville de Caen et les communes de l'agglomération, de données géoréférencées et de documents iconographiques. Le BRGM disposait d'une partie de ces données avant l'élaboration de la présente étude. Le SCVC a mis à disposition du BRGM de nouvelles données dans le cadre de la présente étude.

Les communes concernées par des plans fournis au format Autocad (dwg) sont : Fleury-sur-Orne, Basly (Carrière de Thaon), Cintheaux (carrière de Cintheaux), Caen et Bretteville-sur-Odon. Ces différentes données ont été levées par des géomètres.

Par ailleurs, quelques plans numériques (format pdf) localisant les cavités ont été également fournis par le SCVC pour les communes de Fleury-sur-Orne et Herouville-Saint-Clair, ainsi que quelques plans de suspicion de cavités pour les communes de Bretteville-sur-Odon, Mondeville, Herouville-Saint-Clair, Carpiquet et Bretteville.

2.2.3. Documents historiques et patrimoniaux

Les documents historiques et patrimoniaux peuvent fournir de précieuses informations :

- soit générales. Par exemple, un courrier du service des mines relatif à la surveillance des carrières en date du 29/06/1968 (AD14 – S1315, 1868) mentionne que: « Tous les groupes de carrières souterraines qui comprennent Allemagne (Fleury sur Orne), La Maladrerie, Aubigny, Saint Pierre Canivet, Caumont, Fontaine Henry, Basly, Bény et Amblie ont été surveillés pendant le premier semestre. » ;
- soit spécifiques à une exploitation et peuvent permettre notamment de comprendre les plans, de différencier ce qui relève de projets uniquement envisagés ou de travaux effectivement réalisés, de recenser des puits qui ne figureraient sur aucun plan, de connaître la profondeur de certains ouvrages, de disposer d'informations relatives aux

désordres survenus, d'obtenir des informations sur l'état des chambres... Le dépouillement de ces données devrait être un préalable à tout diagnostic (cf. paragraphes 4.1 et 4.2).

Dans le cadre de la présente étude et en accord avec le niveau de diagnostic attendu (cf. paragraphes 4.1), les documents historiques et patrimoniaux disponibles ont été consultés. En effet, il ne semblait guère envisageable de réaliser les sélections de site et les visites sans un minimum de connaissance du contexte des carrières. En revanche, aucune consultation d'archive complémentaire n'a pu être réalisée.

A noter que les communes d'Aubigny, Saint-Pierre-Canivet et Soulanguy ont fait réaliser une étude spécifique visant à recenser les indices de cavités souterraines et à ciel ouvert par la société Explor-e. Cette étude a été restituée le 25/11/2014 et a été portée à la connaissance du BRGM par Mr Servy, le 26/11/2014 (postérieurement aux visites réalisées). D'après Mr Servy, ces études ont nécessité un temps très significatifs (notamment pour la commune de Saint-Pierre-Canivet).

2.2.4. Plans disponibles, géoréférencés et/ou digitalisés

Dans le cadre de la présente étude, des plans ont été collectés, géoréférencés et digitalisés lorsque nécessaire. Par ailleurs, lorsque la donnée vecteur géoréférencée existe et afin de ne pas dégrader l'information, une demande auprès de l'organisme émetteur a été privilégiée sur la digitalisation.

Le tableau de l'Illustration 12 reprend la liste des plans disponibles à ce jour et leur état de vectorisation. Par ailleurs, afin de rendre ce tableau autonome, l'information concernant les visites de terrain a été renseignée bien qu'abordé dans la suite du rapport.

Concernant le site de Fleury-sur-Orne, la digitalisation systématique de ces plans n'a pas été réalisée dans la mesure où les anciens plans disponibles font figurer une donnée plus ou moins précise (Illustration 8 et Illustration 9) voire incomplète (Illustration 9). Par ailleurs, des leviers de géomètres ont été réalisés et sont au moins en partie disponibles (il n'a pas été possible de savoir si la cartographie disponible au SCVC et fournie en 2014 est la dernière version et il est probable que Normandie Aménagement ait réalisé de nouveaux leviers topographiques dans le cadre du projet d'aménagement des Hauts de l'Orne. Ainsi, seule l'emprise des carrières ne figurant pas dans les leviers topographiques a été digitalisée (Illustration 10 et Illustration 11). La digitalisation a consisté dans le contour général des zones non levées.

Etant donné le nombre de cavités souterraines en Basse Normandie, la richesse de la documentation (collectée ou non), le manque d'information relatif aux plans disponibles (plan souvent sortis du contexte, absence d'information de surface permettant le calage, etc...), une recherche et une digitalisation systématique des plans disponibles n'a pas pu être réalisée. L'effort s'est porté sur les zones présélectionnées et, de façon plus systématique, sur les zones visitées pour la recherche bibliographique, la localisation des plans, la recherche d'indices sur les orthophotographies anciennes, etc.



Illustration 8 – Secteur des carrières de Fleury-sur-Orne où les plans anciens sont concordants avec les leviers de géomètres (représentés en couleur)

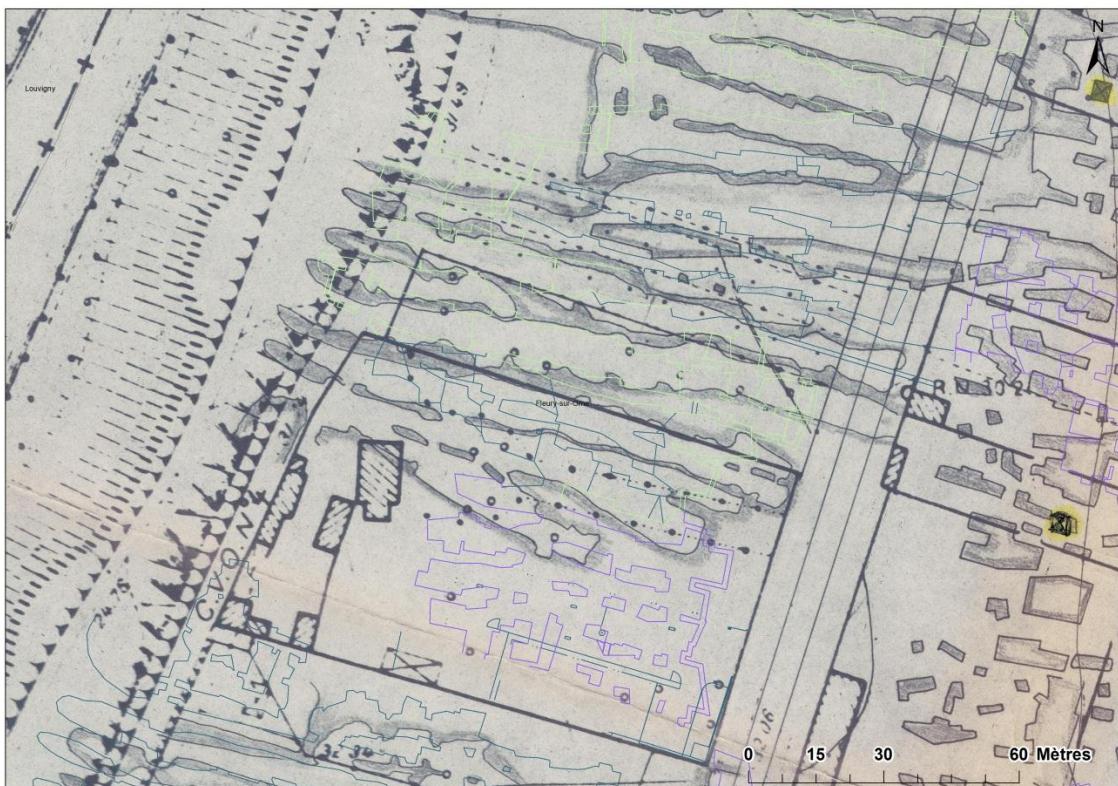


Illustration 9 – Secteurs où les plans anciens sont imprécis voire incomplets (comparaison avec les leviers de géomètre représentés en couleur)



Illustration 10 – Emprise digitalisée de la carrière Saingt à Fleury-sur-Orne (en violet) sont fond de plan au 1/1000

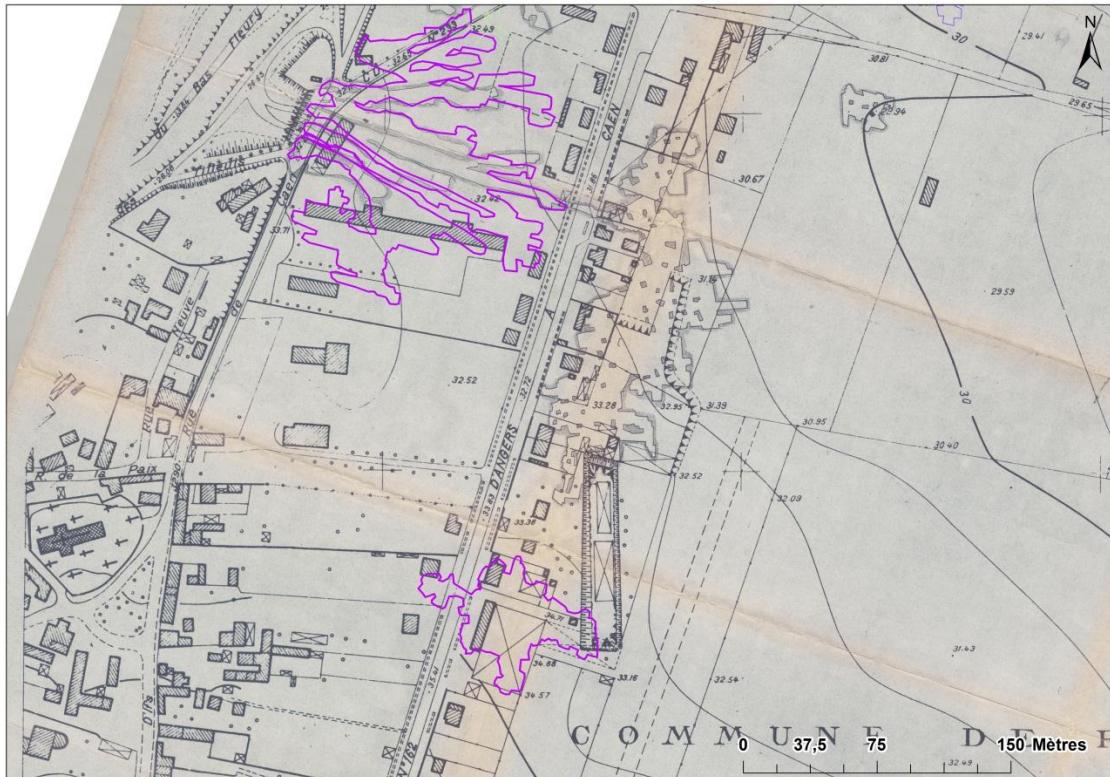


Illustration 11 - Emprise digitalisée de la partie nord de la carrière Piochet à Fleury-sur-Orne et de la carrière des Coteaux au niveau de la rue des Tilleuls (en violet) sont fond de plan au 1/1000

2.2.5. Autres sources de données

D'autres sources de données peuvent par ailleurs fournir des informations complémentaires plus ou moins précises.

Réseau Natura 2000

Le réseau Natura 2000 bas-normand comporte 63 sites :

- 54 terrestres et littoraux couvrant 132 230 ha (soit 7,4% du territoire) ;
- 9 marins concernant 220 504 ha.

10 sites correspondent à d'anciennes carrières souterraines et constituent essentiellement des sites d'hibernation mais aussi pour certains d'entre-eux de swarming, reproduction, estivage ou encore mise à bas des chiroptères.

Chaque site fait l'objet *a minima* d'une fiche synthétique qui peut être accompagnée d'une cartographie voire d'un Document d'objectif (DOCOB). Pour sept de ces carrières, une cartographie précise a été réalisée par un géomètre et a été fourni au BRGM par la DREAL au format pdf. Malheureusement, par manque de repère de surface et erreurs concernant notamment l'échelle et la direction de la flèche du Nord, certaines de ces cartographies n'ont pas pu être géoréférencées. Toutefois, la donnée existant au format Autocad dans les sociétés de géomètre ayant réalisé les leviers, ces fichiers sont **en cours de récupération** (demande réalisée auprès du Conservatoire fédératif des espaces naturels, demande auprès de l'entreprise de Géomètre).

Enfin, plusieurs contacts ont été pris avec Lydie Doisy (Mme Faine étant partie en aout) du Conservatoire fédératif des Espaces naturels de Normandie afin de connaître les périodes les plus appropriées aux visites des sites Natura 2000 (à partir de mai 2015).

Illustration 12 – Tableau de synthèse reprenant les plans consultés et l'état d'avancement de la vectorisation

NUM_PLAN	DPT	Commune	Plan	Source	"Etat numérique"	Format image	Plan d'emprise de carrière géoréférencé	Plan digitalisé	Données géomètre format Autocad importé sous Arcgis et filtré	Traduction des données Autocad	Visite dans le cadre de la présente étude	Observation
1	14	Fleury sur Orne	Levés de géomètre dans différents secteurs (essentiellement Carrière des Coteaux, carrière des Docks Fouquet) (origine et date non connue)	SCVC	Format autocad importé sous Arcgis et filtré						Zone visitable et visitée en grande partie	
2	14	Fleury sur Orne	Topographie (incomplète et avant travaux) des carrières Saingt (origine non communiquée)	Dujardin et Butaeye (2009)	Plan géoréférencé et emprise digitalisée						Existence d'un puits d'accès en 2009 (non vérifié)	
3	14	Fleury sur Orne	Plan des carrières de Pochet "élaborée d'après des plans de la moitié du XXème siècle"	Dujardin et Butaeye (2009)	Plan géoréférencé et emprise digitalisée						Partie sud "inaccessible depuis son comblement", partie nord accessible depuis les Carrières des Coteaux et visitée dans le cadre de cette étude	Partie nord incomplète d'après visite de terrain
4	14	Fleury sur Orne	Carrière des Coteaux aménagées en champignonnière au niveau de la rue des Tilleuls (origine non mentionnée sur le plan)	BDCavité	Plan géoréférencé et emprise digitalisée						Zone visitable et visitée	
5	14	Fleury sur Orne	Plan au 1/1000 du Service des Carrières - Grâce de Dieu, Fleury-sur-Orne - Zones de carrières souterraines - Documents incomplet (non daté)	SCVC, fourni en 2014	Géoréférencé et complété avec les éléments des plans 2, 3 et 4. En partie redondant avec le plan 1 (lever géomètre) mais différences constatées						NOMBREUSES zones visitées	Incomplet malgré les compléments
6	14	Fleury sur Orne	Plan identique au plan 5 avec courbe d'anomalie gravimétrique	SCVC, fourni en 2014	Non géoréférencé	Gravi					cf. plan 5	
7	14	FleuryNord-Gravimetrie	Carte de synthèse au 1/1000 établie par le cabinet de Geometre Doligez relatif au projet d'aménagement des zones de carrières souterraines sur la commune de Fleury sur Orne	SCVC	Non géoréférencé	Gravi						
8	14	Herouville	Zones présumées ou signalées de cavités souterraines	SCVC	Plan géoréférencé	Z P ou S						

NUM_PLAN	DPT	Commune	Plan	Source	"Etat numérique"	Format image	Plan d'emprise de carrière géoréférencé	Plan digitalisé	Données géomètre format Autocad importé sous Arcgis et filtré	Traduction des données Autocad	Visite dans le cadre de la présente étude	Observation
9	14	Herouville	Bois de la Garenne, les carrières au 1/500 réalisé par l'équipe spéléologique d'Herouville-Saint-Clair	Mairie Herouville et SCVC	Plan géoréférencé, emprise digitalisée au niveau de la Ville d'Herouville (non récupérée à ce jour)						Zone en partie visitée (carrière ouest et nord)	
10	14	Mondeville	Zones présumées ou signalées de cavités souterraines	SCVC	Non géoréférencé	Z P ou S						
11	14	Mondeville	Plan topographique de la rue des Roches au 1/500 résultat du lever par la société Geodis en 2003 (7X446)	Mairie de Mondeville	Non géoréférencé car redondant avec plan 12						Visite de la carrière	
12	14	Mondeville	Lever de géomètre de la société Geodis de 2003 (7X446)	Cabinet de géomètre Geodis	Format autocad importé sous Arcgis et filtré						Visite de 2 cavités	récupéré dans le cadre de la présente étude et communiquée au service de l'urbanisme de Mondeville et au SCVC
13	14	Bretteville-sur-Odon	Zones présumées ou signalées de cavités souterraines	SCVC	Plan géoréférencé	Z P ou S						
14	14	Carpiquet	Zones présumées ou signalées de cavités souterraines	SCVC	Plan géoréférencé	Z P ou S						
15	14	Aubigny	Plan au 1/2000 faisant figurer les données cadastrales et l'emprise de la carrière d'Aubigny chez Mr Aumont (origine non mentionnée sur le plan)	BDCavité , disponible dans le dossier Saint-Pierre-Canivet	Plan géoréférencé et emprise digitalisée						Visite de la carrière	
16	14	Basly	Lever de géomètre de la carrière de Thaon (origine et date non connue)	SCVC, fourni en 2004	Format autocad importé sous Arcgis						Sans objet car suivi SCVC	
17	14	Caen	Lever de géomètre dans différents secteurs	SCVC, fourni en 2004	Format autocad importé sous Arcgis (partie ouest de Caen, carrières de la rue Basse)						Sans objet car suivi SCVC	Plan peut-être incomplet, notamment suite aux effondrement de 2013.
18	14	Caen	Plusieurs plans dans les études 75-SGN-315-PNO et 76-SGN-081-PNO	Rapports BRGM	Non géoréférencé car redondant						Sans objet car suivi SCVC	
19	14	Cintheaux	Lever de géomètre dans différents secteurs	SCVC, fourni en 2004	Format autocad importé sous Arcgis						Sans objet car en activité	Carte à actualiser avec nouvelles extractions

NUM_PLAN	DPT	Commune	Plan	Source	"Etat numérique"	Format image	Plan d'emprise de carrière géoréférencé	Plan digitalisé	Données géométrique format Autocad importé sous Arcgis et filtré	Traduction des données Autocad	Visite dans le cadre de la présente étude	Observation
20	61	Coulonje sur Sarthe	Plan topographique au 1/500 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2008)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad (géoréférencement réalisé peu précis)						Sans objet car Natura 2000	Problème flèche du nord
21	14	Saint Martin de Bienfaite La Cressoniere - La Cressoniere	Plan topographique au 1/500 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (date inconnue)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad (géoréférencement réalisé peu précis)						Sans objet car Natura 2000	Georéférencement peu précis du fait du peu d'informations de surface
22	61	Habloville - Cavité de Bissey	Plan topographique au 1/500 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2008-2009)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad (géoréférencement réalisé)						Sans objet car Natura 2000	
23	14	Orbec - Le Bois du Pavillon	Plan topographique au 1/200 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2010)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad						Sans objet car Natura 2000	Pas de géoréférencement du fait de l'absence de repère en surface
24	61	Loisail - Le Bois de Champaillaume	Plan topographique au 1/500 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2008-2009)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad (géoréférencement réalisé)						Sans objet car Natura 2000	
25	14	Saint Pierre Canivet - site Natura 2000	Plan topographique au 1/500 réalisé par la société GSMJC en aout-septembre 2013	DREAL (papier + pdf)	Demande à réaliser pour fichiers Autocad						Sans objet car Natura 2000	Pas de géoréférencement du fait de l'absence de repère en surface
26	14	Beaufour Druval - grotte de la Butte	Plan topographique au 1/200 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2010)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad						Sans objet car Natura 2000	
27	14	Beaufour Druval -site n°2	Plan topographique au 1/200 réalisé par la société AGETHO CONSEIL (2010)	DREAL (papier + pdf)	Demande en cours pour les fichiers Autocad						Sans objet car Natura 2000	
28	61	Courgeon	Plan topographique réalisé par le CEREMA	DREAL (pdf)	Plan géoréférencé						Sans objet car étude CEREMA	
29	61	Bellou-sur-Huisne - La Mansonnaire (réseau karstique)	Plan du réseau karstique des spéléologues	Hypogées n°14, septembre 1998	Non géoréférencé						Sans objet car Natura 2000	Pas de géoréférencement du fait de l'absence de repère en surface

NUM_PLAN	DPT	Commune	Plan	Source	"Etat numérique"	Format image	Plan d'emprise de carrière géoréférencé	Plan digitalisé	Données géomètre format Autocad importé sous Arcgis et filtré	Traduction des données Autocad	Visite dans le cadre de la présente étude	Observation
33	61	Saint Julien sur Sarthe - La Mairie	Topographie de la carrière souterraine de la Mairie de Saint-Julien-sur-Sarthe	Hypogées n°16, septembre 1999	Non géoréférencé (pas de repère en surface)							
34	14	Courtonne Les deux Eglises	Plan levé par Auvray, Martin, Dujardin en 1998	Hypogées n°14, septembre 1998	Non géoréférencé (pas de repère en surface)							

Légende :



Réalisé



Réalisé et ne nécessitant pas de tâche complémentaire



Demande réalisée en attente de retour



Demande à réaliser

Z P ou S Zones présumées ou signalées de carrière souterraine

Gravi plan avec courbes d'iso-anomalie gravimétriques

Divers

Parmi les autres sources consultées :

- **l'inventaire du patrimoine géologique** qui peut fournir notamment des informations précises sur la géologie du site et les accès aux cavités ;
- **la revue Hypogées** : les numéros remis par la DREAL de Basse Normandie de la revue Hypogées (n°5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18) ont été consultés dans le cadre de la présente étude. Ils fournissent quelques plans et descriptions de cavités souterraines (par exemple, informations complémentaires sur les carrières de la Garenne à Herouville-Saint-Clair) ;
- la **base de données « Carrières et matériaux »** (Observatoire national des matériaux : [www. http://materiaux.brgm.fr/](http://materiaux.brgm.fr/)) qui est la base de données géoréférencées des exploitations de substances minérales et matériaux de carrières en France ;
- le **schéma des carrières du Calvados** qui fournit une autre liste des communes où le calcaire du Bathonien a été exploité (Amblie, Amfreville, Bellengreville, Billy, Cauvicourt, Cintheaux, Douvres La Delivrance, Ranville, Saint-Pierre-Canivet) ;
- des **publications scientifiques** parmi lesquelles Dujardin (1991), Dujardin et al. (1991), Dujardin (1995), Evrard (1987) ;
- des **recherches sur internet** et notamment la consultation du site <http://www.etab.ac-caen.fr/>
- la consultation du **Club de spéléologie d'Herouville-Saint-Clair** : Mr Chauveau (président du club de spéléologie et en poste au service technique d'Herouville) a fourni des informations relatives à l'état des carrières d'Herouville puisqu'il avait participé au lever de ces carrières en 1988. Par ailleurs, plusieurs mails ont été envoyés à Mr Dujardin et une prise de contact via Mr Chauveau a été réalisée mais ces différentes tentatives sont restées sans réponse ;
- des **particuliers** ayant une connaissance de proximité comme Mr Aumont, résident d'Aubigny et propriétaire d'une cavité ou Mr Dubreuil, maire de Conteville et également propriétaire d'un terrain avec des entrées de cavités ;
- des **rapports relatifs à la recherche de cavités ou d'indices** (recherche sur la commune d'Ifs en 1984 et 1986, recherche sur la commune d'Ouilly-le-Vicomte en 2003, étude Aubigny et Soulanguy en 2014, etc.)
- des **expertises suite à effondrement** (Gonneville/mer en 2000 et 2002, Hotellerie en 2004, Saint-Pierre-du-Bû en 2005, commune d'Aube en 2005, Commes en 2006, Champeaux sur Sarthe en 2008, Saint-Pierre-Canivet en 2011, Caen - La Guerinière en 2013, etc.).

A noter qu'une importante documentation archéologique a été constituée au fil du temps notamment sous l'impulsion de Laurent Dujardin (photos, observations, datation, etc.). L'ouvrage « Les Réfugiés dans les carrières pendant la bataille de Caen » illustre cette documentation.

3. Sélection des sites à visiter et préparation des campagnes

3.1. SELECTION DES SITES

3.1.1. Les données utilisées

Un croisement des données pour sélectionner les sites et prioriser les visites (notamment pour la sélection des sites parmi la BDCavité et les données issues de la base CARMEN) a été réalisé. Les données utilisées sont les suivantes :

- Enjeux (BDTOPO, scan 25, orthophoto) ;
- géologie (Formation du Bathonien et du Cénomanien¹) ;
- zones de pente (à partir MNT25) ;
- Natura 2000 ;
- patrimoine géologique.

3.1.2. Méthode de sélection

Pour réaliser la sélection des sites, plusieurs démarches complémentaires ont été réalisées :

- prise en compte des demandes formulées par les collectivités ;
- compilation de la liste des communes ayant été l'objet d'importante extraction issue de source diverse ;
- étude au cas par cas des différentes données surfaciques disponibles (base de données DREAL 2000, plans disponibles) ;
- croisement de la BDCavité avec les données disponibles (carte géologique, pente, distance aux enjeux) puis étude au cas par cas des données de la BDCavité retenues ;
- consultations orales.

Le présent paragraphe fournit des éléments de détail pour chaque démarche.

Exclusion

De cette sélection, un certain nombre de sites ont été exclus pour différentes raisons :

- la reconnaissance en Natura 2000 (tout début de période d'hibernation au moment des visites) ;
- réalisation d'études complémentaires ou suivi de site par d'autres organismes (par exemple le CEREMA à Courgeon notamment) ;
- les carrières de Caen sont gérés par le SCVC ;
- les marnières, objet d'une étude CEREMA ;
- exploitation en cours au niveau de la carrière de Cintheaux.

¹ Non présenté ici car non utilisé dans le cadre de la présente étude (critères de sélection à améliorer)

Demande formulée par les collectivités

La commune d'Herouville-Saint-Clair a fait une demande d'intervention pour les carrières du Bois de la Garenne pour lesquelles des petits mouvements en surface sont survenus sur un jardin privé. Cette visite a fait l'objet d'une visite préparatoire puis d'une reconnaissance d'une cavité.

De même, suite à une réunion relative à des PPR miniers sur la Ville de Saon, des indices de cavités ont été signalés par la maire de Saon. Suite à une visite sur site, la DDT a indiqué au BRGM qu'il s'agit d'un ancien four à chaux (accès et aération du four à chaux). Il reste à savoir si le four à chaux était alimenté par des matériaux provenant d'une carrière à ciel ouvert ou d'une carrière souterraine.

Etude au cas par cas des différentes données surfaciques disponibles

L'ensemble des données surfaciques issues de l'inventaire DREAL 2000 ou d'autre source ont été considérées. En particulier, une note a été attribuée en fonction de la présence d'enjeux en surface (Présence d'habitation, etc. : 3 ; Industrie ou commerce ou habitation possible : 2 ; Route ou autre : 1 ; Néant : 0) et de l'existence d'un plan (Absence de plan connu : 0 ; Plan imprécis : 1 ; Plan précis : 2). Les sites faisant l'objet d'une exclusion (Natura 2000 ou autre) ont été retirés de la liste.

Ce croisement a été réalisé en considérant chaque site un à un sur le SCAN 25 de l'IGN et l'orthophotographie et en considérant la BDTOPO.

Croisement de la BDCavité avec les données disponibles

Les données issues de la BDCavité ont été sélectionnées de la manière suivante :

- Type ouvrage : hors ouvrages militaires, civils ou cavités naturelles
- Position : « précis » ou « approché »
- Type : Différents de marnière

Ces données ont ensuite été croisées avec la carte géologique. En effet, il avait été décidé de s'intéresser prioritairement aux cavités appartenant au Cénomanien ou Bathonien. Une distance de <20 m à la formation a été conservée.

Un croisement avec le MNT a été testé avec comme idée de ne conserver que les cavités à proximité des coteaux. Finalement, étant donné la topographie de certaines cavités situées en plaine et avec accès via des descenderies, ce critère n'est pas apparu finalement comme pertinent.

Enfin, la BDCavité a été croisée avec les bâtiments de la couche Bati de la BDTOPO et avec les zones urbaines de Corin Land Cover. Une distance de 100 m maximum a été retenue.

Consultations orales

Au cours d'une conversation téléphonique, Mr Chardon (CG61) a évoqué principalement deux sites qui pourrait être l'objet d'une visite dans le cadre de la présente étude sur le vieillissement compte tenue de la présence d'enjeux :

- une carrière située à La Forgerie sur la commune de Loisail (61) sur un terrain privé du fait de la présence de 3 ou 4 maisons à proximité (une fiche a été communiquée au BRGM localisation l'entrée) ;
- le site karstique de La Mansonnière à Belou/Huisne du fait de l'organisation de nombreuses visites scolaires.

Ces deux sites n'ont pas pu être visités dans le cadre de la présente étude. La mairie de Loisail a fourni les noms des actuels propriétaires de la parcelle concernée mais il n'a pas été possible de les contacter.

Liste des communes citées

Une première liste des communes citées dans différents documents relatifs à l'exploitation du calcaire Bathonien (carte géologique, publication, etc.) a été rédigée (elle n'est pas exhaustive) : Amblie, Amfreville, Aubigny, Bellengreville, Billy, Blainville-sur-Orne, Caen, Carpiquet, Cauvicourt, Cintheaux, Colombelles, Douvres La Delivrance, Fleury-sur-Orne, Habloville, Hérouville-Saint-Clair, Ranville, Saint-Pierre-Canivet.

3.2. PREPARTION DES CAMPAGNES DE TERRAINS ET VISITES PREPARATOIRES

Afin de valider la présence de cavité et repérer d'éventuelles entrées, des visites préparatoires ont été organisées les 17 et 20 octobre. Par ailleurs, pendant cette phase, de nombreux contacts ont été pris avec les mairies, particuliers, collectivités, etc.

3.2.1. Herouville-Saint-Clair (14)

L'intervention au niveau des carrières du Bois de la Garenne fait suite à une demande émanant des services techniques d'Hérouville-Saint-Clair. En effet, ces dernières années, plusieurs effondrements de terrain se sont produits au Bois de la Garenne et, plus récemment, la propriétaire de la parcelle cadastrale n°CE01 35 a constaté l'apparition de petites dépressions survenant au niveau de son terrain.

Visite préparatoire : une première visite en date du 17/10/14 en présence de Mr Buzet et Mr Richard (Service technique d'Herouville), de Mr Coueffe et Mme Plat (BRGM) et de la propriétaire de la parcelle cadastrale CE 35 a permis de visiter l'environnement du site (et notamment le jardin de l'habitation de la parcelle 35), d'évaluer les travaux à réaliser préalablement à l'intervention du BRGM (ouverture des accès grillagé, dégagement de l'entrée, etc.) et de planifier l'intervention.

Le compte-rendu de visite figure en annexe 1.

Herouville Saint Clair



Petits affaissements sur le terrain d'une habitation

RDV visite mercredi
29 octobre



Repérage des entrées
(avec les services techniques)

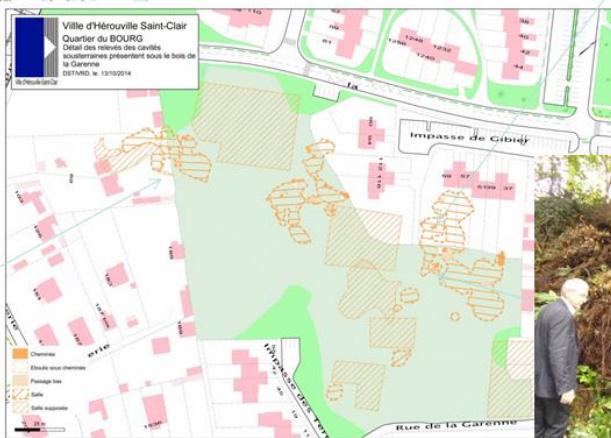


Illustration 13 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Hérouville-Saint-Clair

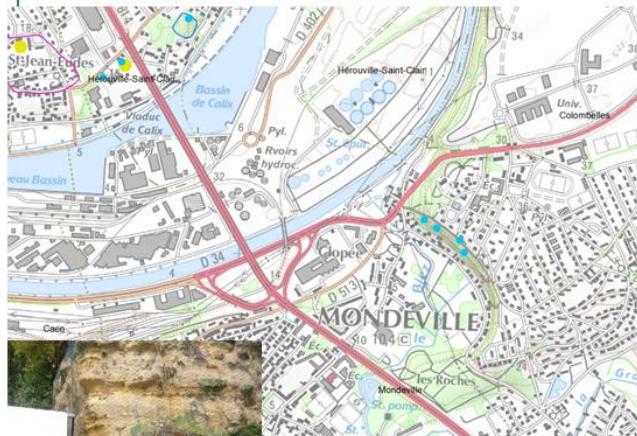
3.2.2. Rue des Roches à Mondeville (14)

L'intervention au niveau des carrières de la rue des Roches fait suite à la sélection des sites réalisées dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. L'ensemble des carrières étant sur propriété privée, une visite au service de l'urbanisme de la ville de Mondeville a d'abord été réalisée et un courrier envoyé à l'ensemble des propriétaires.

Visite préparatoire : une première visite a eu lieu le 17/10/2014 de manière à confirmer la présence des carrières souterraines, leur accessibilité et d'identifier les environs du site. La totalité d'entre elle étant soit inaccessible (fermée à clé, etc.) soit sur propriété privée, une première étape a consisté à identifier les propriétaires des terrains comprenant les accès aux différentes carrières. Pour cela, une rencontre avec le Service de l'Urbanisme de Mondeville a été organisé (Mme Poussin) ; au cours de cette rencontre, le Service de l'Urbanisme a fourni au BRGM les noms et adresses des différents propriétaires des parcelles identifiées. Une recherche des numéros sur les pages blanches s'est révélée dans la plupart des cas infructueuse pour joindre les propriétaires des cavités et il a été décidé de faire parvenir aux différents propriétaires un courrier. Grâce à ce courrier, le BRGM est entré en relation avec 4 propriétaires de cavités et a pu en visiter 2.

La rue des Roches a fait l'objet de deux visites (n°7 et n°35). Le compte-rendu de ces visites figure en annexe 3.

Mondeville



n°23 rue des roches



n°7 (?) rue des roches



Consultation rapport BRGM
Contacter la mairie

En face n°91, rue Calmette

Illustration 14 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Mondeville

3.2.3. Colombelles (14)

Deux sites ont été sélectionnés sur la commune de Colombelles (Illustration 15).

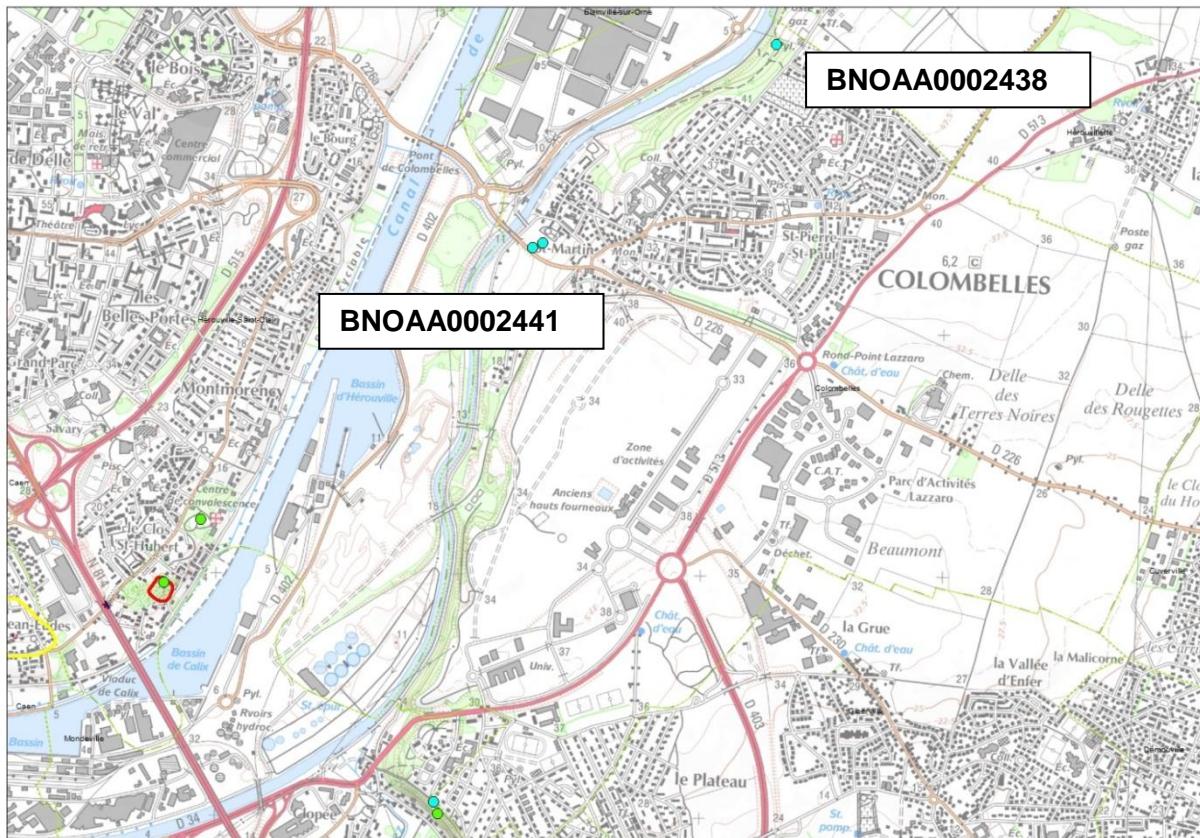


Illustration 15 – Localisation des sites sélectionnés sur la commune de Colombelles

Site **BDCavité BNOAA0002438**

Ce site a été recensé dans l'inventaire DREAL de 2000 et a comme source initiale le Service Régional de l'Archéologie : « Observations de Carrières souterraines remblayées en 1985. Localisation exacte imprécise ». Il figure parmi les indices BDCAV comme « présence probable ».

Présence d'enjeux : En tête du versant se trouvent des habitations situées entre une trentaine de mètres et une centaine de mètres.

Visite : Ce site semble, du fait de la proximité de l'Orne, de la présence du chemin de halage et de la verticalité du versant, propice à l'existence d'anciennes carrières souterraines. Par ailleurs, certaines plantes observées sont propices à l'existence de vides souterrains. Lors de la visite, aucune entrée n'a pu être identifiée, le versant étant couvert de loess colluvionnés et fortement végétalisé (Illustration 16).



Illustration 16 – Vue d'ensemble du site BNO AA0002438

A noter qu'il existe, en tête de versant, une petite « grotte » vraisemblablement creusée par les enfants dont le volume est inférieur à 1 m³ (Illustration 17) qui n'a aucun lien avec les anciennes carrières souterraines mais qui pourrait présenter un risque potentiel d'éboulement.



Illustration 17 – Entrée de la petite « grotte » vraisemblablement creusée par les enfants à Colombelles

Site BDCavité BNOAA0002441

Au niveau du site BDCavité BNOAA0002441, il est fait état du fait suivant : « il s'agit d'anciennes carrières souterraines. On estime leur hauteur initiale à 5 m sous plafond, mais aujourd'hui, le vide n'est plus que de 1,5 m. D'après M. Mathias, ces carrières pourraient s'étendre sur plusieurs kilomètres : sur la partie recoupée par la tranchée, la zone

correspondant aux carrières fait 30 m. Les voûtes se sont toutes pratiquement effondrées et les excavations rebouchées avec des matériaux très divers. La largeur de certaines voûtes : l'une fait 8 m et est assez grande. » (source : Archives du Service Régional de l'Archéologie).

Ce secteur figure parmi les indices de la base de données BDCAV comme « présence probable » avec mention d'un effondrement en 1985 près de l'église Saint Martin.

Visite : à l'emplacement de ces anciennes cavités se situe un champ labouré sur un versant en pente douce (Illustration 18). Il n'existe visiblement plus d'accès à ces cavités. Toutefois, ce site pourrait faire l'objet de recherche documentaire complémentaire.



Illustration 18 – Vue d'ensemble du site BNOAA0002441

3.2.4. Lantheuil – lieu-dit Pierrepont (14)

D'après la BDCAV, une petite carrière souterraine se trouverait sur la commune de Lantheuil au lieu-dit Pierrepont. Celle-ci aurait une dimension de 200 m².

Visite : Sur la commune de Lantheuil (14), au niveau du 5 rue du XII^{ème} siècle, se trouve une entrée « artisanale » de cavité qui pourrait faire penser à une cavité ancienne. Celle-ci n'était pas accessible car située sur une propriété privée. Compte tenu de sa localisation, il est probable que cette cavité ne concerne aucun enjeu mais cela n'a pas pu être vérifier avec certitude dans le cadre de la présente étude. Ce dernier point pourrait être vérifié en prenant contact avec les propriétaires et en réalisant une nouvelle visite du site.

Langueil



« Entrée de carrière souterraine, visible dans une propriété »
 « Carrière souterraine de 200 m² env. »

Visite 17/10 : a priori pas d'enjeux concernés



Illustration 19 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Langueil

3.2.5. Aubigny (14)

L'intervention au niveau de la carrière d'Aubigny fait suite à la sélection des sites réalisée dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. La carrière étant sur une propriété privée, la visite a été réalisée en compagnie du propriétaire du terrain, Mr Aumont, qui a une bonne connaissance des lieux.

Visite préparatoire : Une première visite en date du 17/10/2014 a permis de repérer l'entrée (fermée à clé), de rencontrer le propriétaire du site et de prendre rendez-vous pour la reconnaissance de la cavité.

Aubigny



Illustration 20 - Présentation synthétique de la visite préparatoire à Aubigny

Le compte-rendu de visite figure en annexe 2.

3.2.6. Conteville (14)

La carrière de Conteville a été identifiée par contact téléphonique d'abord avec la commune de Chicheboville qui a indiqué que les accès se trouvaient sur la commune de Conteville puis du propriétaire (Mr Dubreuil). Après discussion avec Mr Dubreuil et compte tenu de la présence d'une route au-dessus des cavités, il a été décidé d'organiser une visite. Aucune visite préparatoire n'a donc eu lieu pour ce site.

3.2.7. Autre

Plusieurs autres sites ont fait l'objet de recherche dans les archives papier mais n'ont pas fait l'objet de visite de terrain (ou très sommaire) dans le cadre de la présente étude, à savoir : Basly (14), Bény-sur-Mer (14), Ifs (14), Saint-Pierre-Canivet (14) et Loisail (61).

Enfin, de nombreuses communes ont été contactées.

4. Mise en œuvre de diagnostics de stabilité

Les diagnostics de stabilité réalisés dans le cadre de la présente étude s'appuie sur différents documents, notamment :

- un guide méthodologique relatif au diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées (version provisoire de 2014), noté guide méthodologique 2014 dans la suite ;
- un guide méthodologique relatif au plan de prévention des risques naturels du ministère de l'écologie datant de 2012 ;
- un guide technique relatif à la mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique : Surveillance – Traitement rédigé par l'INERIS (INERIS-DRS-07-86042-02484A) datant de 2007.

4.1. NIVEAUX DE DIAGNOSTIC

Le guide méthodologique relatif au diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées (version provisoire de 2014) définit plusieurs niveaux de diagnostic dont peut faire l'objet un même site (Illustration 21).

Niveau	Objectif du diagnostic	Éléments nécessaires au diagnostic	Outils du diagnostic	Temps requis
N1	Donner un avis d'expert sur la stabilité	Visite du site (appréciation de l'influence de l'environnement de la carrière et de son état de dégradation)	Expérience de l'expert (synthèse des données existantes) + modèles empiriques	De quelques heures (situation d'urgence) jusqu'à 72 heures
N2	Qualifier la stabilité de la carrière	Visite du site + Cartographie (géométrie des vides et désordres) + caractérisation de l'environnement géologique	Cartographie géotechnique + modèles empiriques	Quelques jours à une semaine
N3	Quantifier de façon approchée la stabilité de la carrière	Niveau 2 + Élaboration d'un modèle géomécanique	Mise à jour de la cartographie géotechnique + Modèles analytiques	Plusieurs semaines à quelques mois
N4	Quantifier précisément le comportement mécanique de la carrière et/ou son évolution	Niveau 3 + Instrumentation et /ou logiciel de calcul	Interprétation du suivi et/ou modélisation numérique	Plusieurs mois à quelques années

Illustration 21 – Définitions des différents types de diagnostics (guide méthodologique, 2014)

L'illustration 22 fait figurer les moyens d'étude adaptés à chaque niveau de diagnostic.

Eléments	Moyens	N1	N2	N3	N4
1. Données existantes					
Données géologiques et hydrogéologiques	carte géologique et hydrogéologique, BSS Bibliographie (rapports, thèses, articles...)	1 0	1 p	0 1	0 1
Données historiques sur l'exploitation	Archives écrites Archives numériques Enquêtes orales	0 0 1	1 1 1*	1* 1* 0	0 0 0
Données issues de supports cartographiques	carte topographique et géomorphologique, toponymie cadastre modèle numérique de terrain	1 p 0	1 1 p	0 0 p	0 0 p
Données issues de la télédétection	images aériennes	0	p	p	0
Données géomécaniques	Biblio	0	0	1	1
Données sur l'environnement de la carrière	Bibliographie, plans, schéma d'assainissement...	p	1	p	0
Reconnaissances et investigations de terrain					
Environnement de la carrière	visite de terrain, observation	1	1	1*	1*
	Etudes spécifiques (topographie, hydraulique, vibrations, réseaux...)	0	0	p	p
géologie et hydrogéologie	observation	1	p	0	0
	levés géologiques	0	1	1*	1*
Géométrie de l'exploitation	sondages	0	p	1	1
	suivi piézométrique	0	p	p	p
Relevé de désordres	Levé métrique - Géométrie globale	0	1	0	0
	Levé décimétrique - Plan de détail	0	p	1	1
Données géomécaniques	observation, photographies, description succincte	1	0	0	0
	description détaillée et localisation précise	0	1	1*	1*
Données acquises sur le long terme	Essais de laboratoire	0	0	p	1
	Essais in situ (dont géophysique)	0	0	0	p
	Visite régulière	0	0	p	p
	instrumentation	0	0	p	p

Illustration 22 – Adaptation des moyens d'étude pour chaque niveau de diagnostic recherché (guide méthodologique, 2014)

L'objectif de la présente étude étant de réaliser une première inspection visuelle des sites, le niveau de diagnostic exigé est un niveau 1. Compte tenu du fait que les sites ont été sélectionnés dans le cadre de la présente étude, un minimum d'enquête historique et recherche des données disponibles s'est révélé nécessaire. Afin de valoriser les éléments étudiés, ceux-ci sont inclus dans les comptes-rendus annexés au présent document. Le niveau de diagnostic fournit ne se limite donc pas aux éléments nécessaires pour le niveau 1.

4.2. RECONNAISSANCES ET INVESTIGATIONS DE TERRAIN

Afin de rassembler l'ensemble des éléments nécessaires au diagnostic des reconnaissances et investigations de terrain ont été réalisées au niveau de l'environnement de la cavité et en cavité².

² Afin d'assurer la sécurité pendant la visite, une sentinelle a été mise en place au niveau du BRGM et le service opérationnel des pompiers a été informé de l'intervention et des localisations des entrées.

Les reconnaissances portent sur les paramètres intrinsèques (cavité et massif rocheux) ainsi que sur les facteurs déclenchant ou aggravants qu'il convient de connaître pour réaliser un diagnostic de stabilité.

Les éléments nécessaires au diagnostic concernent :

- l'environnement de surface et notamment la topographie du site, la présence de végétation, les enjeux de surface, les éventuels désordres ;
- la géologie et l'hydrogéologie du site qui consiste, dans le cadre de la présente étude, en une identification sommaire de la lithologie par observation visuelle permettant de confirmer les informations recueillies dans les documents existants et de réaliser un modèle géologique de base ;
- la géométrie de l'exploitation : La géométrie de la carrière doit être étudiée à l'échelle globale et au niveau des éléments (*piliers, galeries, etc.*). La précision des relevés géométriques de la carrière est à adapter au niveau de diagnostic recherché. Dans le cadre de la présente étude, ce lever est fonction des données disponibles (plan de géomètre, plan global approché ou lever sommaire, par exemple à Conteville) ;
- Description succincte des désordres : Lors d'un diagnostic de niveau 1, une description succincte des principaux désordres en carrière et en surface doit suffire à l'élaboration du diagnostic. A ce stade, un relevé exhaustif des désordres est inapproprié.

Pour davantage de détail, le lecteur pourra se référer au guide méthodologique de 2014. Par ailleurs, l'ensemble des observations réalisées figurent en annexe.

4.3. EVALUATION DES DESORDRES ATTENDUS EN SURFACE DANS LE CADRE DE LA PRESENTE ETUDE

A plus ou moins long terme et de façon plus ou moins brutale, les cavités souterraines sont vouées à la ruine, ce qui peut générer des désordres de surface dont les caractéristiques vont dépendre de différents facteurs (importance et profondeur des vides, mode de rupture, nature des terrains de recouvrement, etc.).

4.3.1. Type de désordres

En fonction de la topographie de surface, ces désordres auront des caractéristiques géométriques variables (effets d'une pente par exemple) et pourront occasionner des phénomènes connexes tels que des glissements de terrain ou des chutes de blocs (cas des falaises sous-cavées par exemple).

Les principaux désordres pouvant se produire en surface sont :

- les affaissements (dépression topographique en forme de cuvette à fond plat et bords fléchis) ;
- les effondrements ponctuels ou fontis (effondrement brutal provoqué par le débouché à la surface de la cloche de fontis qui prend la forme d'un entonnoir ou celle d'un cratère pseudo-circulaire) ;
- les effondrements généralisés (survient quasiment instantanément après la ruine des piliers en souterrain, il présente des dimensions en rapport avec celles de la cavité effondrée et qui peuvent être importantes, et présente des bords marqués par des fractures) ;
- des éboulements au niveau des versants sous-cavés et des accès de cavités.

Par ailleurs, d'autres phénomènes peuvent être observés en relation avec l'exploitation des carrières à ciel ouvert, notamment des tassements de remblais.

Ces différents phénomènes sont bien documentés (www.georisques.fr, guide méthodologique 2014, etc.) et ne seront pas détaillés ici.

4.3.2. Evaluation préliminaire de la stabilité

Dans le cadre de la présente étude, une évaluation préliminaire des désordres attendus en surface a été réalisée. Elle s'appuie sur les caractéristiques de l'exploitation observée et des caractéristiques mécaniques approchées et a été réalisée à partir de modèles empiriques.

Ce type de modèle est habituellement utilisé à partir du diagnostic de niveau 3 (guide méthodologique 2014) mais a été mis en œuvre lorsque les éléments à notre disposition le permettaient. De tels modèles permettent de fournir des ordres de grandeur et ne correspondent qu'à une vision extrêmement simplifiée des choses, où l'état de fracturation et d'altération de la roche ne peut être réellement pris en compte de même que la répartition des contraintes au sein du pilier (en réalité, la répartition des contraintes verticales dans un plan horizontal du pilier n'est pas homogène ; elle dépend notamment de la géométrie -élançement, verticalité, fracturation, etc.- du pilier et des galeries adjacentes). Il faut noter que même pour des taux de défruitements importants constatés (de l'ordre de 90 %), du fait de la faible profondeur des cavités, les contraintes moyennes induites dans les piliers restent généralement faibles.

Stabilité générale : le modèle de l'aire tributaire a été mis en œuvre pour les exploitations exploitées par chambre et piliers. Le principe du modèle de l'aire tributaire est d'admettre que chaque pilier de l'exploitation reprend les contraintes générées par les terrains situés au-dessus de ce pilier ainsi qu'une partie de ceux qui l'entourent.

Prédisposition à l'affaissement ou à l'effondrement généralisé : En fonction de l'extension de la zone exploitée et de la profondeur, l'ouvrage souterrain peut subir une rupture généralisée qui se traduira en surface par un effondrement brutal ou par un affaissement. Peu de retour d'expériences concernent les affaissements au niveau des carrières souterraines abandonnées est actuellement disponible (contrairement aux mines de plus grandes profondeurs). Dans le cadre de la présente étude, il est considéré qu'en cas de rupture de piliers, il y aura effondrement dans la plupart des cas, sauf quand les chambres ont été suffisamment remblayées avec des vides résiduels peu épais (0,60m et moins).

Progression des fontis en surface : Lors de l'effondrement des terrains de couverture à l'intérieur de la cloche de fontis, le *foisonnement* des matériaux peut conduire à l'auto-colmatage de l'effondrement ; le volume foisonné est alors supérieur au volume du vide accessible. Le coefficient de foisonnement considéré ici est de 1,35. L'approche consiste à estimer les volumes disponibles pour le fontis et les volumes issus de l'effondrement. Cette estimation est fonction de la géométrie de l'exploitation (galerie trapezoidale, exploitation par chambre et pilier, etc.) et du diamètre de fontis attendus.

4.4. REALISATION DE FICHES DETAILLEES

4.4.1. Contenu des fiches

Pour chaque carrière visitée, une fiche reprenant l'ensemble des observations a été réalisée. Les fiches sont organisées de la manière suivante :

- Contexte et objectif de l'intervention ;
- Contexte du site d'après les données existantes (situation géographique, données géologiques et hydrogéologiques, connaissance des cavités dans le secteur, données historiques, données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation) ;
- Diagnostic de stabilité (reconnaissance et investigations de terrain antérieures si elles existent, visites de l'environnement de surface, inspection des souterrains, traitement des données géométriques et physiques, divers) ;
- Synthèse et recommandations.

4.4.2. Liste des fiches

Ainsi, 5 fiches ont été réalisées et sont présentées en annexe (1 à 5) :

Annexe 1 Cavités du Bois de la Garenne à Herouville-Saint-Clair	51
Annexe 2 Cavité d'Aubigny Nord	53
Annexe 3 Cavités de la rue des Roches à Mondeville	55
Annexe 4 Cavités de l'est de Conteville	57
Annexe 5 Cavités de Fleury-sur-Orne	59

Ainsi chaque fiche est autonome et peut être consultée indépendamment du reste du rapport.

5. Synthèse et recommandations

5.1. RESULTAT DES DIAGNOSTICS

Au final, une quinzaine de cavités ont été visitées dans le cadre de la présente étude (nombre à considérer avec précaution en raison des disparités de taille de cavité notamment). Celles-ci sont réparties dans 5 communes dont trois situées dans l'agglomération caennaise (Hérouville-Saint-Clair, Mondeville et Fleury-sur-Orne) et deux situées plus au sud du département (Conteville et Aubigny). Toutes sont situées sur les calcaires du Bathonien moyen (calcaire de Caen, calcaire de Creuilly). En effet, compte tenu du chronogramme de la présente étude et du nombre de cavités qu'offrent le Bathonien, il a été décidé de se concentrer sur cette formation, ce qui a notamment permis de limiter les temps de déplacement.

Le tableau suivant reprend uniquement une petite synthèse pour chaque site. Le descriptif des différents sites est, comme déjà mentionné, présenté en annexe.

Site	Présence d'enjeux	Etat des cavités	Recommandation/Perspectives
Herouville-Saint-Clair, Bois de la Garenne (1 cavité visitée)	Jardin et maisons individuelles	Cavités vraisemblablement fortement exploitée au XV ^{ème} siècle. Possibilité de fontis voire d'effondrement généralisé et de déboufrage au niveau des conduits karstiques.	Cavité du Bois de la Garenne : Calage des levers de 1988 par un géomètre, réalisation de sondages dans les zones inaccessibles, inspection régulière ou sécurisation définitive. Préconisations en terme de limite d'accès. Autres cavités (notamment jardins familiaux et centre Betharram) : recherche documentaire
Aubigny nord en limite de Saint-Pierre-Canivet (1 cavité visitée)	Batiments agricoles et chaussée (?)	Aucune information récupérée sur l'âge de ces cavités (chambre et pilier mais exploitation « anarchique ») Possibilité de fontis (jusqu'à 7 m) et d'effondrement plus ou moins généralisés localement voir d'affaissement.	Cavité visitée : lever de l'emprise (peut être prévu par le Conservatoire fédératif des espaces naturels), inspection régulière (débâchage), sécurisation (?) Autres cavités : intégration des conclusions de l'étude Explor'e, lever géophysique et éventuellement sondages.
Mondeville, rue des Roches (2 cavités visitées)	Cave (occupation temporaire)	Cavités vraisemblablement d'époque médiévale. Possibilité de chutes de blocs désolidarisés au niveau des fractures, de	Poursuive des visites, suivi régulier des cavités, réalisation d'un diagnostic de niveau $\frac{3}{4}$, préconisation en termes d'usage (n°7) et d'occupation d'espace.

		chute du premier banc de toit (notamment au n°7) et effondrement généralisé.	NB : diagnostic de chutes de blocs du coteau à prévoir + solution de confortement.
Conteville est (3 petites cavités visitées)	Chaussée RD80	Cavités vraisemblablement anciennes (Moyen-âge ?).	Amélioration de la connaissance de l'emprise. Sécurisation de la voirie.
Fleury-sur-Orne (7 cavités visitées)	Chaussée, maisons individuelles, immeubles, bâtiments commerciaux, groupe scolaire, autre...	Age variable : vraisemblablement du Moyen âge aux années 1970. Cavités vastes et variées tant dans leur géométrie que dans leur état. Existence de zones à enjeux sous-cavées par des secteurs de carrières présentant un état de dégradation qui paraît avancé.	Cavités visitées : Identification de zones qui nécessitent un diagnostic complémentaire (niveau ¾) voire la mise en œuvre de confortement. Autre cavité : amélioration de la connaissance des cavités et de la présence de puits (recherche documentaire), visite de pré-diagnostic des secteurs non visités. Diagnostic de niveau ¾ sous les zones à enjeux Dans tous les cas : envisager, à terme, la mise en place d'un suivi adapté qui demandera du fait de la superficie très importante des carrières, une méthodologie spécifique (pour évaluation de l'évolution des carrières)

Illustration 23 - Synthèse des pré-diagnostic

Dans certains secteurs, il est notable qu'il existe des zones à enjeux (maisons individuelles, immeubles, centres commerciaux, chaussée) sous cavées par des secteurs de cavités présentant un état de dégradation qui paraît avancé. Dans ces secteurs, il paraît nécessaire de réaliser des diagnostics plus détaillés (niveau 3 ou 4) qui conduiront vraisemblablement à mettre en œuvre des solutions de confortements et *a minima* des inspections régulières de suivi (qui, compte tenu de la superficie de certaines carrières, nécessitent la mise en place d'une méthodologie spécifique, notamment pour le positionnement et la récupération des observations précédentes de manière à évaluer l'évolution des carrières). Ces diagnostics détaillés ne peuvent être réalisés qu'après un lever précis de la géométrie de ces cavités par des géomètres topographes (outre le niveau du plancher des cavités, le niveau du toit devrait être également levé).

Il faut noter que, compte tenu du temps limité pour la réalisation de cette étude et du nombre de sites visités, il reste, même sur les sites visités, un certain nombre d'interrogations relatives par exemple aux hauteurs de recouvrement et hauteurs de vides en chaque point, à la nature des terrains géologiques de recouvrement ainsi que leur état, etc.

5.2. AMELIORATION DE LA CONNAISSANCE SUR LES CAVITES SOUTERRAINES ET LEUR VIEILLISSEMENT EN BASSE NORMANDIE

Outre les recommandations réalisées sur les différents sites visités, la présente partie fournit quelques pistes relatives à l'amélioration de la connaissance sur les cavités souterraines et leur vieillissement en Basse Normandie.

5.2.1. Poursuite de la collecte de données et mutualisation de la connaissance

Afin d'accélérer la capitalisation de la connaissance sur les cavités souterraines et leur état, plusieurs sources de données mériteraient d'être valorisées, à savoir :

- les spéléologues ou archéologues (notamment L. Dujardin) qui ont capitalisés une documentation importante (descriptif de site, lever géométrique, etc.) ;
- les leviers topographiques de cavités réalisés par les entreprises de géomètre-topographe et qui sont bien plus précis que des digitalisation d'anciens plans (pour cela il conviendra de se rapprocher des maîtres d'œuvre tels que le conservatoire fédératif des espaces naturels ou encore de Caen-la-mer et des entreprises concernées).

Par ailleurs, dans le cadre de la présente étude, de nombreuses données, documents, plans ont été récupérés. L'application BDCavité habituelle (disponible actuellement sous www.georisques.gouv.fr) ne permet pas de capitaliser ce type d'information. Il en est de même pour la base de données Carmen qui permettrait uniquement un échange de données géoréférencées validées comme une couche cavité voire d'isovaleurs de toit et de mur. Si besoin, un module complémentaire à la BDCavité a été développée en 2014 par le BRGM (en cours de finalisation) et pourrait permettre, moyennant quelques adaptations au contexte local, de capitaliser l'information recueillie et la mettre à disposition des services de l'état et collectivités.

5.2.2. Liste de sites à visiter (non exhaustive) et hiérarchisation

La présente étude a permis de recenser un certain nombre de sites qui pourraient faire l'objet d'investigations complémentaires (recherche bibliographique et/ou visite). Cette liste est non exhaustive et devrait faire l'objet de la poursuite de la hiérarchisation des sites. En effet, celle-ci a été réalisée dans le cadre d'un chronogramme très serré et s'est concentrée sur les cavités du Bathonien. Cette liste mériteraient d'être consolidée et ne figure donc pas dans le présent rapport.

Il existe actuellement quelques cavités qui n'ont pas pu être visitées dans le cadre de la présente étude et qui pourraient présenter des enjeux en surface. C'est par exemple le cas de la Forgeretterie sur la commune de Loisail (pas de numéro de téléphone pour joindre les propriétaires), Courtonne les Deux Eglises, Notre Dame de Courson, Fontenay-le-Marmion, Morteaux-Coulibœuf, Beaumais. Par ailleurs, quelques sites Natura 2000 pourraient également faire l'objet de visites sur les communes de Le Meauffe, Habloville, Orbec, Belou/Huisne.

A noter que d'après la DREAL, certaines vallées nécessiteraient d'être visitées : Vallée de l'Orbiquet, vallée de l'Arril, Vallée de la Vie et Vallée de l'Huisne.

A l'avenir, la priorisation des visites devrait faire l'objet d'une concertation en amont avec les services de l'état et collectivités concernées (DDTM, etc.). Il pourrait être stratégique de travailler par commune (choix d'un nombre limité de communes à investiguer : recherche documentaire, pré-visite). Ainsi, la démarche pourrait être la suivante :

- choix des communes en concertation avec les services de l'état ;
- contact téléphonique et envoi d'un courrier aux mairies concernées ;
- recherche documentaire et pré-visite en collaboration avec des contacts locaux (repérage des enjeux, des entrées et éventuellement des cavités non connues) ;
- envoi d'un courrier aux propriétaires de terrain privé sur lesquels se trouvent une entrée de cave à visiter ;
- définition d'une date de visite ;
- inspection visuelle des cavités (pré-diagnostic de niveau 1).

Ainsi, il convient de ne pas négliger le temps de préparation des visites qui constitue un gain de temps considérable lorsqu'il est bien réalisé.

6. Bibliographie

Arnaud.L., Coueffe.R., Pasquet.J.F. (2005) - Inventaire préliminaire des mouvements de terrain du département de la Manche (Basse-Normandie). Rapport final BRGM/RP-54402-FR, 137 p. 8 fig., 1 carte

Couëffe R, Equilbey E., Lebert P., avec la collaboration de Barrière J., Choulier J.-P., Isidor C. et Monteiro E. (2004) – Inventaire préliminaire des cavités souterraines du Calvados (14) – Basse – Normandie. Rapport final. Rap. BRGM/RP-52908-FR, 124 p., 9 fig., 3 tab., 5 ann.

Equilbey E., Lebret P., Barrière J., Choutier J.-P., Ellili S., Jacquot P., Lançon W., (2003) - Inventaire préliminaire des cavités souterraines de l'Orne (61) – Basse Normandie. Rapport final. Rap. BRGMIRP-52374-FR, 98 p., 11 fig., 3 tabl., 4 ann.

Evrard, 1987 – Risques liés aux carrières abandonnées. Bulletin de liaison Labo Ponts et Chaussées – 150/151 – juillet-aout/sept-oct 1987 – Ref 3195

Mazenc.B., Mathon.P. (1998) – Inventaire des cavités souterraines (hors mines) dans le département du Calvados. Rapport R40291

Pannet P., Hugot V., Branellec M. (2012) – Inventaire départemental des cavités souterraines (hors mines) de la Manche (50) – Phase 1 : Collecte des données et Validation de terrain. Rapport BRGM/RP-61364-FR, 32 p., 4 ill., 1 ann.

Pannet.P., Hugot.V., Thuon.Y., Branellec.M., Imbault.M. (2013) - Inventaire des cavités souterraines (hors mines) du département de la Manche (50). Rapport final BRGM/RP-62872-FR, 84 p., 3 ann.

Tritsch J.-J. (2007) - Mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique : Surveillance – traitement - Guide technique. Rapport INERIS DRS-07-86042-02484A

Annexe 1

Cavités du Bois de la Garenne à Herouville-Saint-Clair

Les carrières du Bois de la Garenne à Herouville-Saint-Clair

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'INTERVENTION

L'intervention sur le site des carrières du Bois de la Garenne fait suite à une demande émanant des services techniques d'Hérouville-Saint-Clair. En effet, ces dernières années, plusieurs effondrements de terrain se sont produits au Bois de la Garenne et, plus récemment, la propriétaire de la parcelle cadastrale n°CE01 35 a constaté l'apparition de petites dépressions sur son terrain.

Cette étude a pour objectif de réaliser un pré-diagnostic du site sur les secteurs dits à enjeux. Elle s'est appuyée sur l'étude de documents existants et sur des visites de terrain.

2. CONTEXTE DU SITE D'APRES LES DONNEES EXISTANTES

a. Situation géographique

Les carrières de la Garenne sont localisées à proximité du canal de Caen à la mer et du viaduc de Calix, au sud-ouest du Centre de Convalescence sur la commune d'Hérouville-Saint-Clair. Elles s'étendent principalement sous un espace boisé mais se prolongent sous des parcelles privées voire sous une maison d'habitation (Illustration 1).

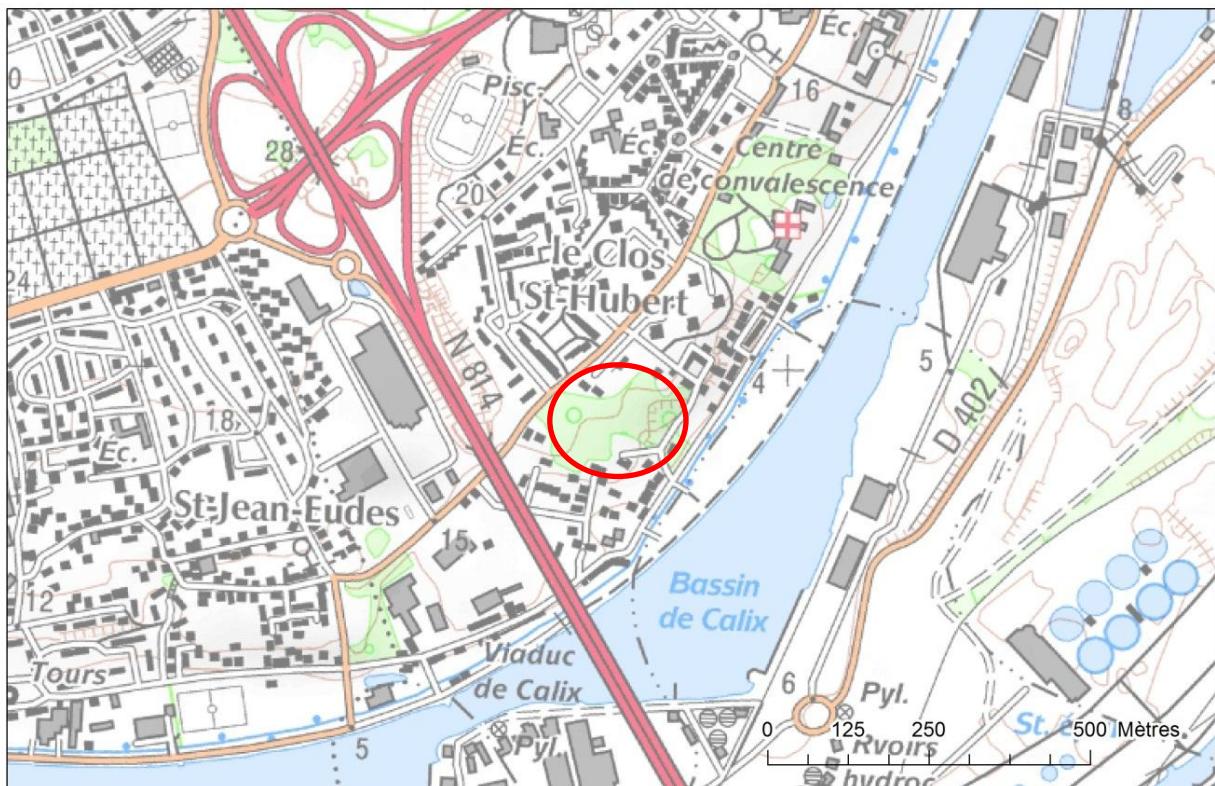


Illustration 1 - Plan de situation des carrières du Bois de la Garenne à Herouville (fond IGN, scan 25)

b. Données géologiques et hydrogéologiques

Le sous-sol du Bois de la Garenne est concerné par les formations calcaires du Bathonien moyen, à cheval sur la formation des Calcaires de Creuilly et calcaire de Caen (j2b) dénommé Calcaires de Rouvres, de Creuilly, de Saint-Pierre-du-Mont sur la carte géologique harmonisée et celle des Calcaires de Blainville (j2c) nommée Calcaires de Bon-Mesnil de Blainville, de Ver et de Colombelles sur la carte géologique harmonisée (Illustration 2).

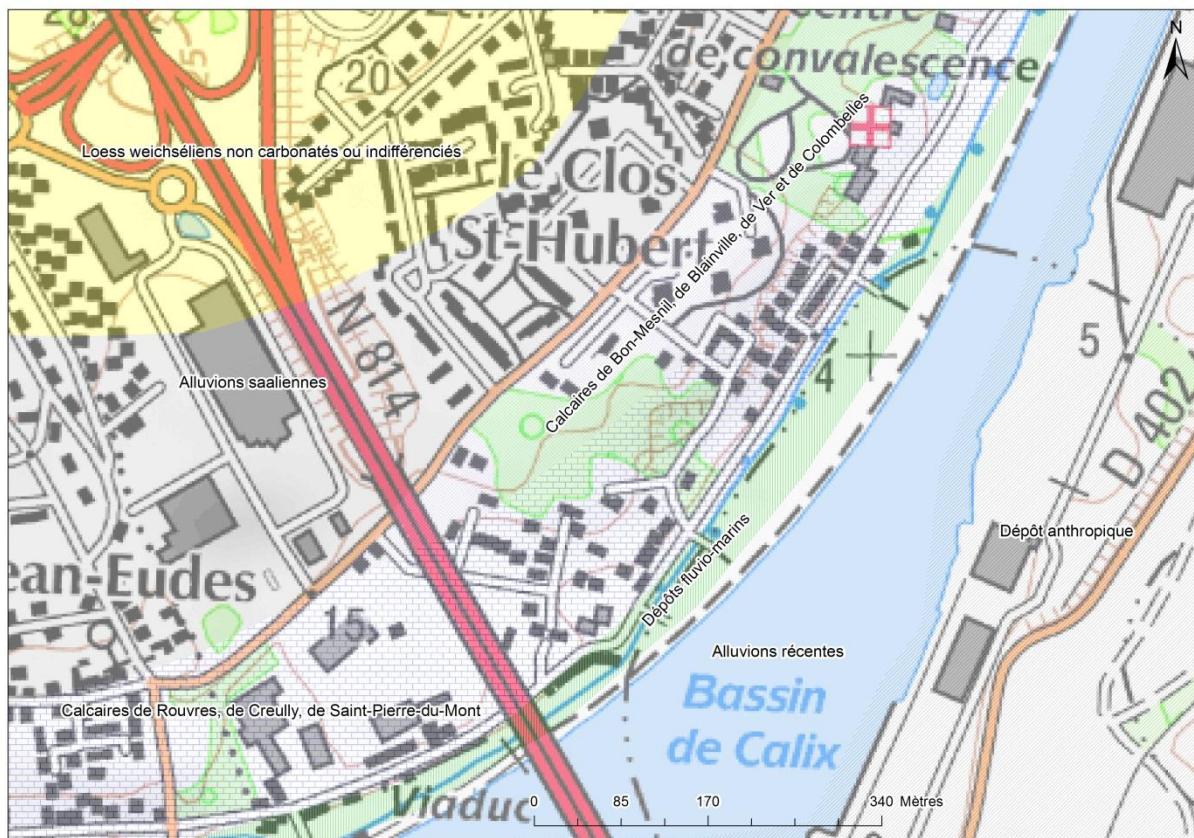


Illustration 2 – Carte géologique harmonisée au niveau du Bois de la Garenne

Le faciès exploité est vraisemblablement le calcaire de Creuilly qui correspond au niveau supérieur de la formation j2b.

D'un point de vue hydrogéologique, le Bathonien constitue un aquifère qui est, d'après la notice de la carte géologique de Caen (feuille 120), directement alimenté par les pluies. Son niveau de base est localement représenté par celui du canal.

A noter que des phénomènes karstiques (conduits karstiques notamment) affectent les calcaires du Bathonien et en particulier les niveaux calcaires au contact avec les bancs argileux des caillasses bathoniennes, c'est-à-dire la base du Calcaire de Blainville (notice de la feuille de Caen).

c. Connaissance des cavités

La commune d'Hérouville Saint-Clair (Calvados) est affectée par bon nombre de carrières en souterrain et à ciel ouvert, pour la plupart ouvertes dans le coteau longé par l'Orne.

La base de données BDCAVITES (www.bdcavites.net) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que certains désordres qui y sont associés. Le résultat de son interrogation à proximité du Bois de la Garenne est présenté sur l'Illustration 3.

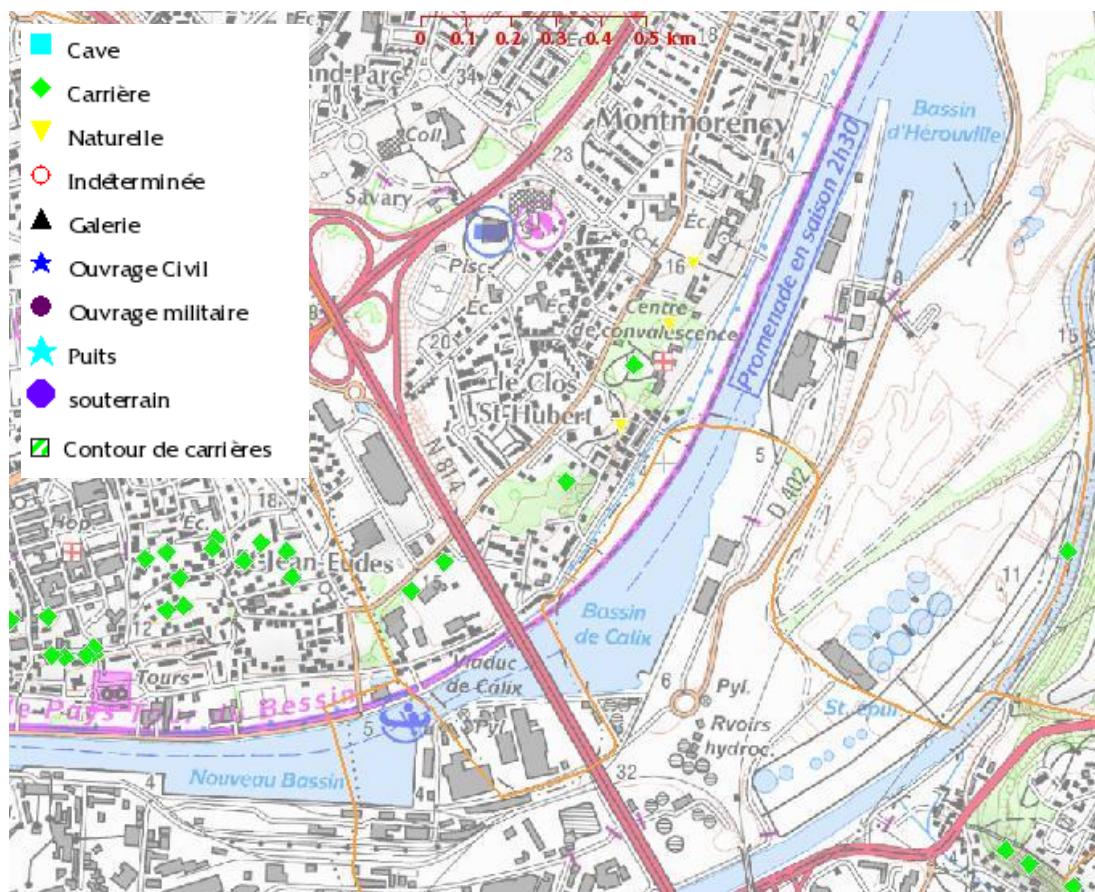


Illustration 3 – Recensement des cavités souterraines à proximité du Bois de la Garenne (www.georisques.fr)

Le Service des carrières de la Ville de Caen (SCVC) a réalisé pour les communes du pourtour de Caen des cartographies de zone de présomption de présence de carrières. Les carrières du Bois de la Garenne, connues des SCVC, sont incluses dans cette zone qui correspond au prolongement de la rue Basse de Caen.

Des effondrements ont eu lieu dans le passé et le sous-sol recèle encore certainement des vides correspondant à d'anciennes carrières non identifiées.

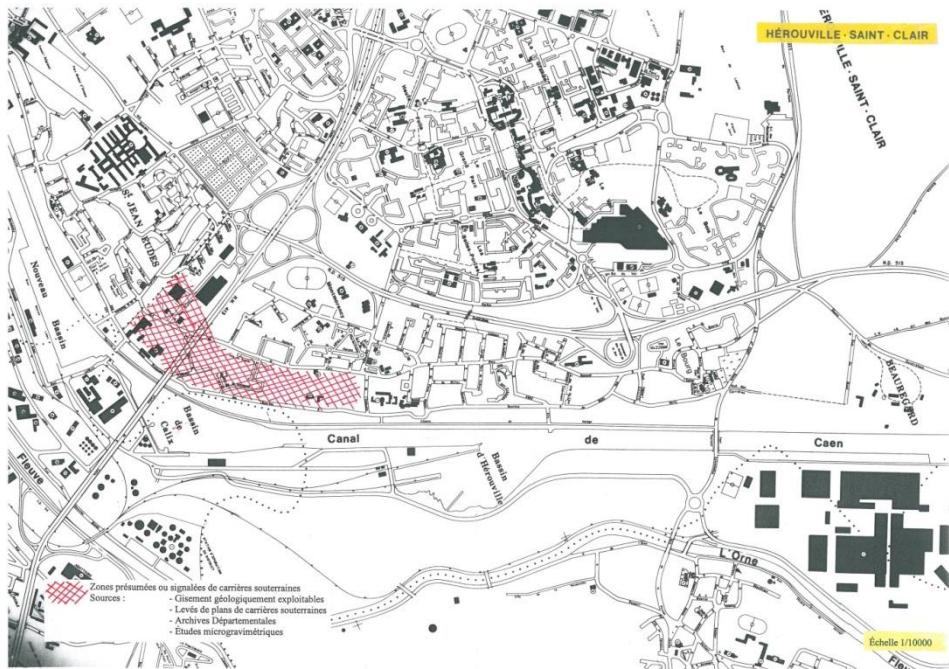


Illustration 4 - Zone de présomption de carrières à Hérouville Saint Clair

d. Données historiques

L'historique des carrières du Bois de la Garenne n'est pas connu avec précision. D'après Dujardin (1991), les quelques éléments à disposition (textes, état des sites, observations et comparaison avec d'autres sites anciens comme celui de la rue Vaubenard à Caen) permettent de penser que l'activité d'extraction dans les carrières du Bois de la Garenne a été très forte autour de la première moitié du XV^{ème} siècle. Cependant, l'exploitation a pu commencer bien antérieurement mais rien ne le montre et il est fortement probable que des réexploitations ont eu lieu après, surtout à ciel ouvert.

e. Données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation

Photo aériennes anciennes

L'observation des photos aériennes anciennes (depuis 1946) mises à disposition sur le site www.geoportail.fr apporte peu d'informations sur l'évolution du site du fait notamment de son boisement, si ne n'est concernant l'urbanisation de la zone. La construction des maisons des parcelles CE 35 remonte à 1979. L'Illustration 5 présente l'état de la zone en 1946.



Illustration 5 - Photographie aérienne de 1946 sur la zone (source : www.geoprtail.fr)

Documents relatives aux cavités souterraines

f. Données géomécaniques

Non recherché.

3. DIAGNOSTIC

Dans le cadre de la présente étude, les investigations (recherche documentaire, visite, etc.) ont porté essentiellement sur les carrières se trouvant au droit d'enjeux (parcelles privées, habitation), à savoir sur les carrières ouest et nord (Illustration 6). A noter que l'ensemble du site aurait pu être considéré à enjeu du fait de son utilisation comme lieu de promenades.

a. Reconnaissances et investigations de terrain antérieures (1988)

Comme mentionné précédemment, les Services techniques d'Herouville Saint-Clair ont fourni au BRGM un rapport datant de 1988 réalisé par l'équipe spéléologique d'Hérouville-Saint-Clair relatif aux carrières du Bois de la Garenne. Ce rapport expose les reconnaissances de terrain réalisées à cette époque et constitue de ce fait un état initial.

Ces reconnaissances, qui auraient fait suite à des leviers topographiques de surface, ont permis de déterminer la géométrie de l'exploitation et réaliser un levier des principales observations (reconnaissance géométrique, désordres, etc.). Ces observations sont détaillées dans le rapport de 1988 et seuls quelques résultats utilisés par la suite sont décrits dans le présent document.

Géométrie de l'exploitation

L'emprise géométrique de l'exploitation a été levée et restituée sur plan au 1/500^{ème} (Illustration 6). Le site est concerné par plusieurs carrières : a minima 5 recensées en 1988 par l'équipe spéléologique d'Hérouville-Saint-Clair.

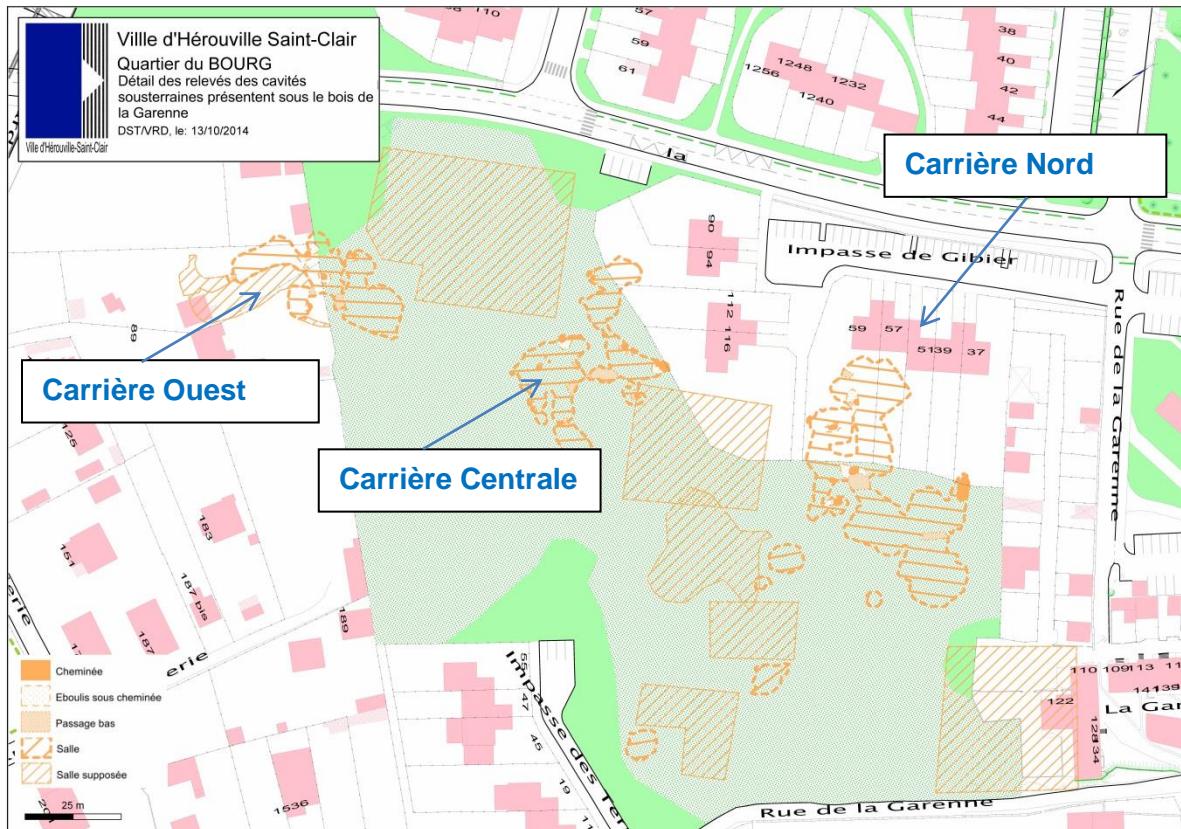


Illustration 6 - Localisation des principales carrières du Bois de la Garenne (dénomination reprise de l'étude de 1988)

A noter que le rapport précise d'une part que « le matériel employé et les conditions de travail difficiles obligent à une certaine réserve sur le positionnement exact des cavités (contours – cheminées – effondrements...) » et d'autre part que « la cartographie réalisée nous paraît fiable (au mètre près) car en la juxtaposant avec le plan fourni par les services techniques de la mairie et réalisé par le cabinet Pinot, géomètre expert, les éléments relevés sous terre (effondrements, cônes d'éboulis) correspondent aux dépressions de surface. ».

Données relatives à la carrière ouest

L'Illustration 7 présente le lever de cette carrière réalisée en 1988.

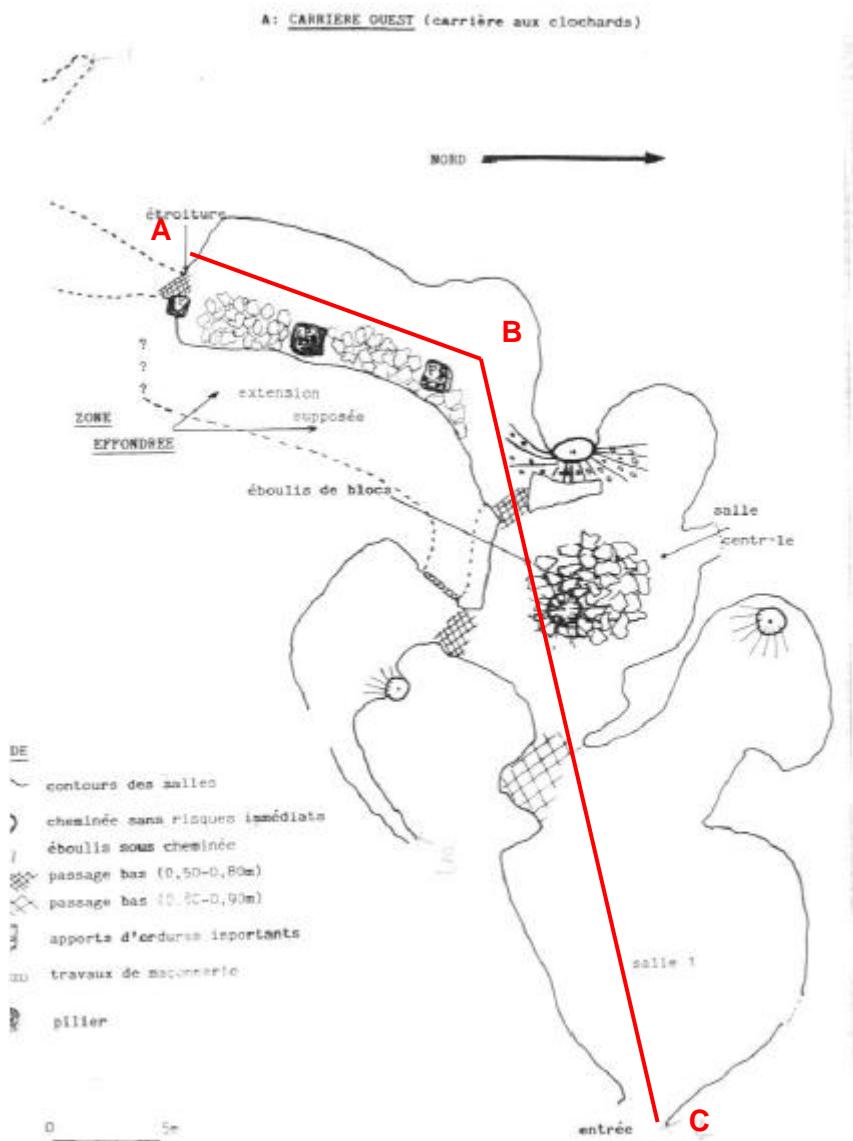


Illustration 7 - Cartographie de la carrière ouest et plan de coupe

D'après l'Equipe spéléologique, la hauteur du plafond actuel de la salle centrale (deuxième salle) de cette carrière est le double de celle existant à la fin de l'exploitation (passage de 3 à 6 m).

Données relatives à la carrière nord

Cette carrière est divisée en plusieurs secteurs présentés ci-dessous (Illustration 8).

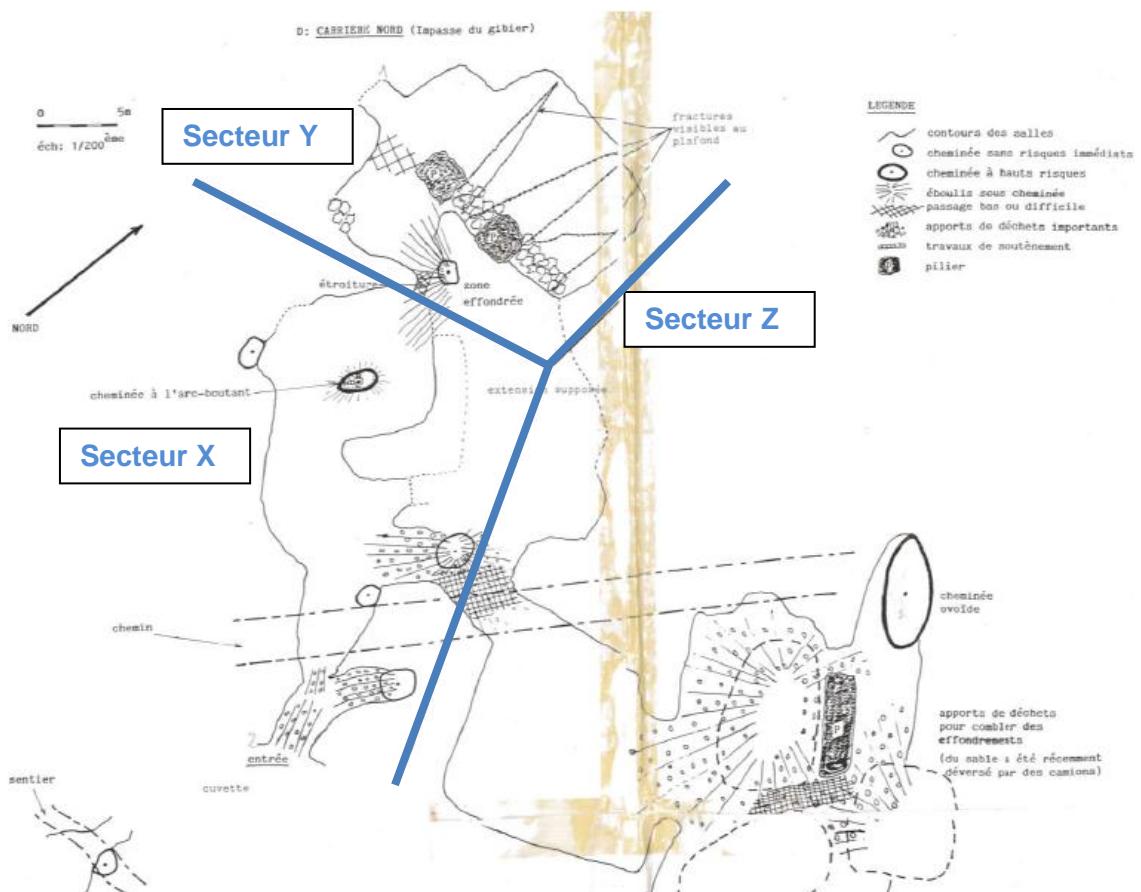
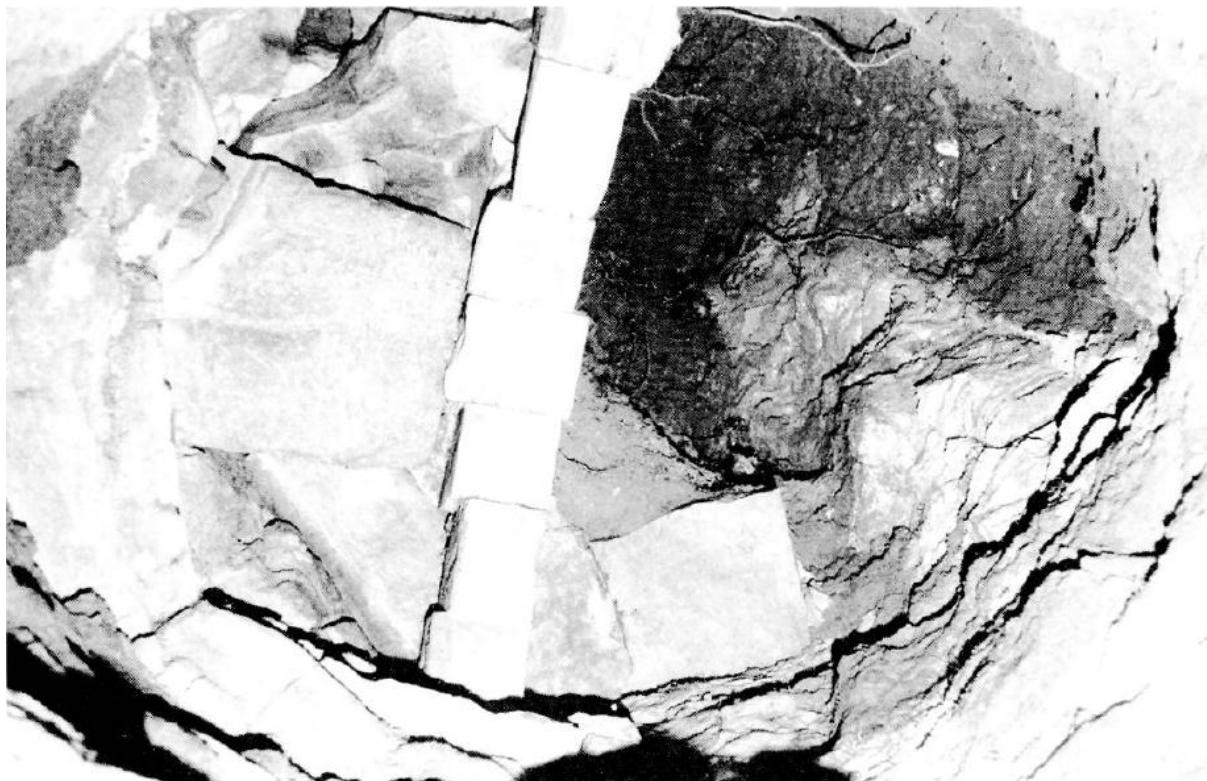


Illustration 8 – Cartographie de la carrière nord (divisée en 3 secteurs : X, Y et Z)

D'après l'Equipe spéléologique, l'extrémité de la carrière se situe à l'aplomb des habitations sur les parcelles cadastrales 35 et 36 (Illustration 6). La cartographie montre que les secteurs sous-cavant ces parcelles présentent des cheminées¹ et des fractures visibles au plafond dans le secteur Y.

Une cheminée située sur le secteur X sous la parcelle correspondant au numéro 59 de l'impasse des Gibiers a été consolidée lors de l'exploitation de manière à en retenir les matériaux de remplissage (argile limon plus ou moins limoneuse). Une partie des travaux de maçonnerie a cédé et l'écoulement des matériaux a repris (Illustration 9).

¹ Il s'agit là de conduits naturels subverticaux, plus ou moins cylindriques, d'origine karstique, initialement remplis des produits de la décalcification du calcaire (argile limon plus ou moins limoneuse).



*Illustration 9 - Cheminée naturelle fermée par un bouchon retenu par un arc en pierre de réemploi
(Dujardin, 1991)*

b. Reconnaissances et investigations de terrain (2014)

Deux visites de terrain ont été organisées avec les services techniques de la ville d'Hérouville :

- une première en date du 17/10/14 en présence des Services techniques d'Hérouville, de du BRGM et de la propriétaire de la parcelle cadastrale CE 35 qui a permis de visiter l'environnement du site (et notamment le jardin de l'habitation de la parcelle 35);
- une seconde en date du 29/10/14 en présence des Services techniques d'Hérouville et du BRGM a consisté en la visite de la carrière de l'ouest.

Faute d'accès praticable (malgré l'intervention des services techniques de la ville d'Hérouville pour ouvrir l'accès au moyen d'un tractopelle), la carrière nord n'a pas pu être visitée.

Visite parcelles cadastrales CE 35/36

Le jardin de la parcelle 35 (feuille CE 01) est affecté de petites dépressions en surface, plus ou moins marquées (Illustration 10). Celles-ci seraient apparues en 2013/2014.



Illustration 10 – Petites dépressions dans le jardin de la parcelle cadastrale CE 35/36

Environnement de surface des carrières

Le Bois de la Garenne est un espace boisé classé dont la topographie est chahutée par la présence de fronts de taille ainsi que de dépressions de plus ou moins grande profondeur et diamètre (de 4 m à une dizaine de mètres de hauteur) correspondant très vraisemblablement à d'anciens effondrements de salles des carrières souterraines. A l'ouest du site et au nord se trouvent quelques maisons d'habitation (au niveau des parcelles cadastrales 35 et 36).

Plusieurs entrées se trouvent sur le site. Elles sont ouvertes au niveau des fronts de taille d'anciennes carrières à ciel ouvert. Certaines sont en partie remblayées (ou objet d'effondrement), d'autres sont munies de grilles qui sont en partie endommagées pour certaines (par vandalisme ou pour les besoins de la visite).



Illustration 11 - Présence de dépressions très marquées sur le site du Bois de la Garenne



Illustration 12 - Présence de fronts de taille sur le site de la Garenne



Illustration 13 - Grille d'entrée d'une cavité sur le site de la Garenne

D'après les services techniques de la ville d'Hérouville-Saint-Clair, le site est fréquenté essentiellement par les habitants du quartier : il constitue notamment un lieu de ballade.

Inspection des souterrains de la carrière ouest, des clochards (ou carrière A)

Dans le cadre des présentes visites, les observations ont été réalisées à partir des plans fournis par l'Equipe spéléologique d'Hérouville-Saint-Clair. Il n'a pas été réalisé de nouveaux leviers géométriques, à l'exception de la hauteur des vides résiduels et de leviers permettant la réalisation de coupes longitudinales. Les observations réalisées étaient relativement conformes aux plans disponibles. L'acquisition de données plus précise nécessiterait l'intervention de géomètres.

L'entrée de la carrière ouest s'effectue au niveau d'une grille qui a préalablement été ouverte par les services techniques d'Hérouville Saint-Clair. La partie visitable de cette carrière est actuellement composée par une enfilade de **3 salles principales** reliées entre elles par des passages bas et **2 salles annexes**. Dans la partie ouest, plusieurs secteurs n'ont pas pu être visités car au moins partiellement remblayés (observation similaire en 1988).

Les salles sont en parties comblées par des apports de déchets contemporains et par des pierres provenant des bancs de toit instables.

L'entrée permet d'accéder à une première salle d'environ 3 m de hauteur (Illustration 14) et d'environ 13 m de diamètre. Cette salle présente un cône de déblais arrivant depuis la surface et quelques chutes de bancs de toit. Une « cheminée », déjà décrite dans l'étude de 1988, est visible au toit de cette salle (Illustration 15). Ce conduit, comblé par des matériaux

argileux est d'origine naturelle. Il s'agit d'un ancien conduit karstique comblé par des argiles de décalcification.



Illustration 14 - Première salle, vue vers l'entrée (vers le sud)



Illustration 15 – Départ de conduit karstique au toit de la première salle

Cette première salle donne accès, à droite, à une petite salle annexe qui présente une hauteur de remblai relativement conséquente et surtout un conduit karstique d'environ 1,5 m de diamètre par lequel un apport de matériaux s'est produit (Illustration 16).



Illustration 16 – Salle annexe au départ de la première salle (à droite) présentant, au toit, une cheminée partiellement décolmatée et une forte épaisseur de remblais

Ensuite, la première salle débouche sur une grande salle de 6 m de hauteur de vides résiduels et de 8,5 m de large et 11 m de long (Illustration 17). Cette salle présente de nombreux conduits karstiques dont le diamètre est généralement compris entre 0,4 et 1 m de diamètre et distant d'environ 2 m les uns des autres (Illustration 18). Certains d'entre eux laissent voir des systèmes racinaires. Cette salle présente également un début de remontée de voûte de type fontis (chute progressive des bancs de toit). Par ailleurs, son toit est traversé par une diaclase pénétrante d'orientation N40°. De nombreuses fissures mécaniques affectent également le toit lui conférant un aspect faïencé. De certaines fissures sortent des racines.



Illustration 17 - Deuxième salle (vue panoramique)



Illustration 18 - Toit de la deuxième salle



Illustration 19 - Vue vers la voûte de la deuxième salle

Cette salle présente un passage rétréci vers une seconde salle annexe caractérisée par un conduit karstique décolmaté sur une hauteur de 3 m à partir de la voûte et par la présence de nombreux remblais en provenance notamment de la surface.

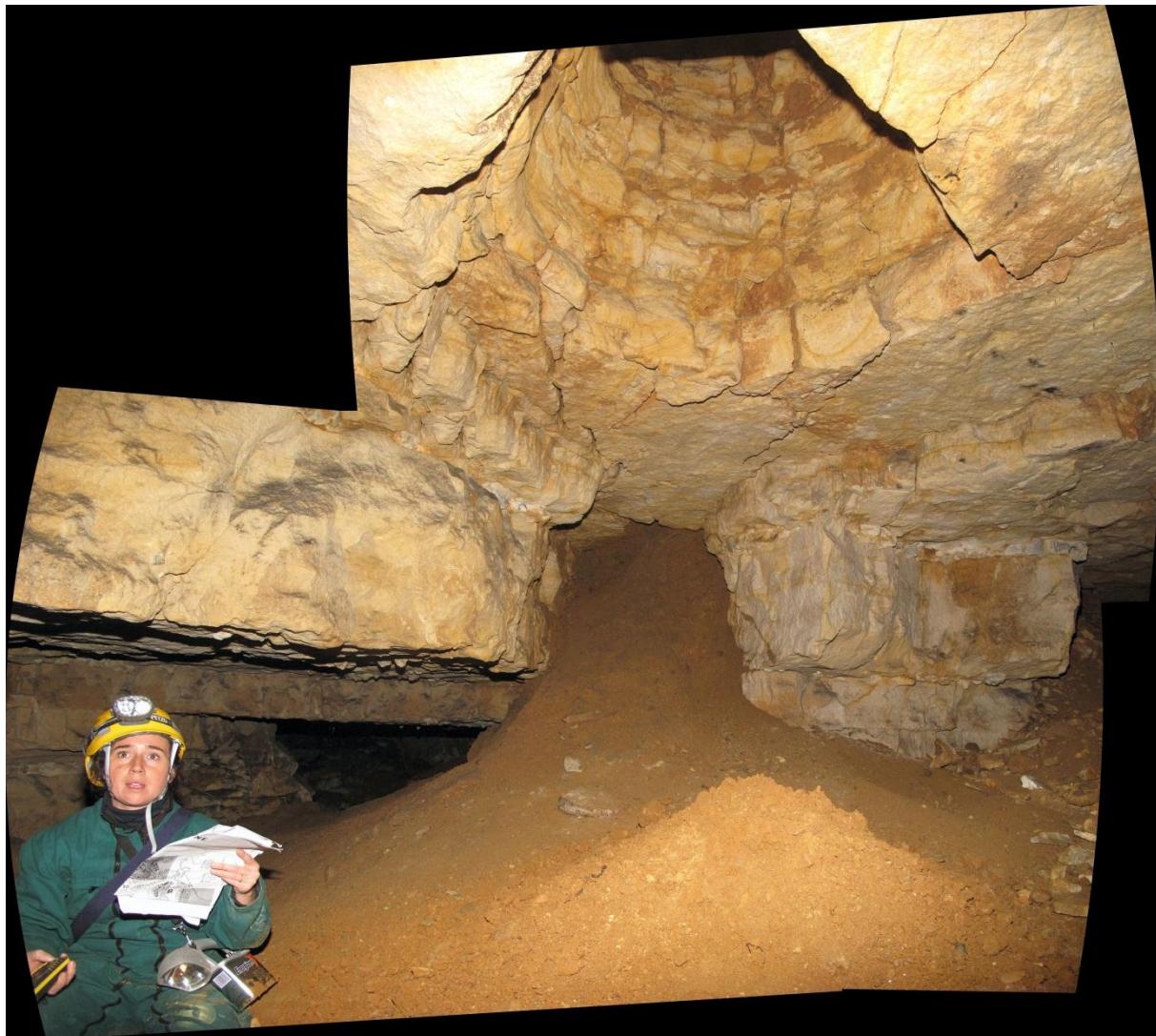


Illustration 20 - Salle annexe au départ de la deuxième salle (à gauche)

A partir de la grande salle un passage de faible hauteur (≤ 1 m) permet d'accéder à la dernière salle. Cette salle présente 3 piliers alignés derrière lesquels se trouve une zone remblayée. De même, il n'est pas possible d'accéder au front de cette dernière salle du fait de la présence de remblais en provenance de la surface. Comme mentionné dans l'étude de l'Equipe spéléologique de 1988, il est probable que cette salle se poursuive. Au niveau du deuxième pilier elle est traversée par une diaclase d'orientation N/S°.



Illustration 21 - La troisième salle depuis la « grande salle »(vue panoramique)



Illustration 22 - Fond de la troisième salle (vue vers l'ouest)

Jardins familiaux

D'après les Services techniques d'Herouville-Saint-Clair, les jardins familiaux situés en contrebas du Viaduc, côté ouest, ont été le siège d'un effondrement (Illustration 23). Une ancienne descenderie située dans le prolongement de l'effondrement, en direction du Nord, d'une largeur de 5 m aurait été comblée. D'après la BDCavité, le site est concerné par une petite carrière exploitée par chambres et piliers dont l'orifice aurait été connu à la date du recensement des cavités du Calvados (source : DDT14).



Illustration 23 – Localisation de l'effondrement situé dans les jardins familiaux

A noter que l'emplacement de la supposée descenderie se trouve dans une parcelle privée avec une habitation (parcelle cadastrale CE 7).

Données géomécaniques

Non collectées.

Présence de chauves-souris

Aucun individu n'a été observé lors de la visite du 29/10/2014 dans la carrière ouest. Cependant, à cette date, peu d'individus ont été vu dans les différentes carrières visitées, probablement en raison de la douceur de la température.

Données acquises sur le long terme (suivi de l'évolution) : Visites régulières, Instrumentation

Néant

c. Traitement des données géométriques et physiques

Carrière ouest

Des coupes longitudinales ont été réalisées au niveau de la carrière ouest. Les leviers ont été réalisés par rapport à certains bancs de silex considérés comme sub-horizontaux. L'Illustration 24 présente la coupe principale réalisée selon la ligne ABC de l'Illustration 7.

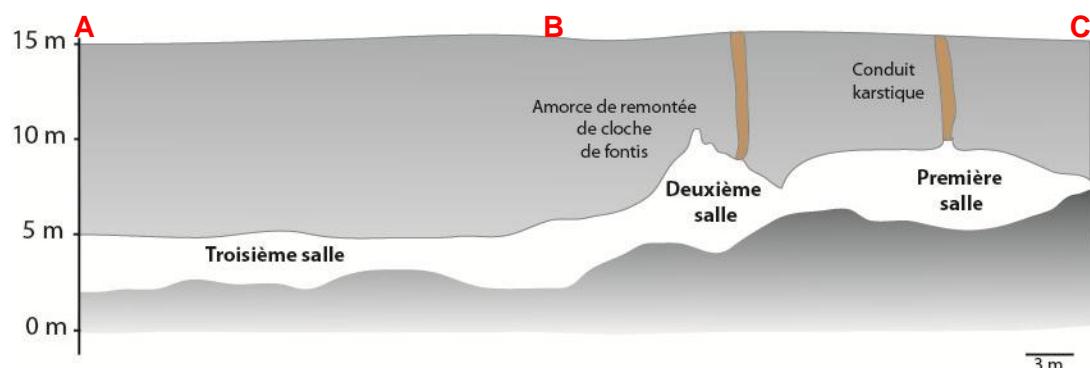


Illustration 24 – Coupe synthétique de la carrière Ouest d'Herouville-Saint-Clair selon la ligne ABC

L'épaisseur de recouvrement a été évaluée à partir des mesures réalisées au niveau de l'entrée de la carrière, en considérant que les terrains de surface sont à peu près horizontaux dans ce secteur. Au niveau des salles 1 et 2, l'épaisseur de recouvrement est d'environ 5 m (à l'exception des aplombs des cheminées). Plus à l'ouest, la carrière s'approfondi sensiblement et l'épaisseur de recouvrement peut atteindre un peu plus d'une dizaine de mètres (hors cheminées et cloches de fontis).

La hauteur des vides varie d'un peu moins de 3 m (dernière salle) à environ 6 m. Afin d'avoir un ordre d'idée, les volumes des vides résiduels (au-dessus du remblai) ont été estimés approximativement. Ils s'élèvent à environ 270 m³ pour la dernière salle (hors zones remblayées), environ 300 m³ pour la grande salle (deuxième salle) et environ 500 m³ pour la première salle.

Compte tenu de leurs caractéristiques géométriques, les salles de la carrière ouest peuvent être le siège de fontis remontant en surface qui pourraient atteindre :

- 9 m pour la première salle et 7 m pour la seconde ;
- 3,5 m dans les autres salles.

De plus, la topographie même du site du Bois de la Garenne indique que des salles d'une hauteur comprise entre 4 et 6 m voire davantage ont subi des effondrements. Ce type de phénomène pourrait donc se produire à l'aplomb des salles visitées (notamment au niveau des deux premières salles).

Enfin, les conduits karstiques peuvent être le siège de déboufrage plus ou moins rapide.

Carrière nord

Comme mentionné, la carrière nord n'a pas pu être visitée. Toutefois, compte tenues des observations réalisées au niveau de la carrière ouest et de la présence de petites dépressions dans le jardin de la parcelle 35, il est probable que le déboufrage des conduits karstiques soit en cours et à l'origine de ces petites dépressions.

Par ailleurs, lors d'une conversation téléphonique avec le président du club de spéléologie, ayant participé au lever des cavités du Bois de la Garenne en 1988 et en poste aux services techniques d'Herouville-Saint-Clair, la carrière souterraine nord était déjà, selon ses souvenirs la carrière la moins praticable, La majeure partie de la cavité présentait une chute des bancs de toit rendant la progression très acrobatique (progression à quatre-pattes) sous une zone à stabilité non assurée.

4. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS

D'une manière générale, compte tenu des observations réalisées, il conviendrait à court terme :

- D'interdire l'accès aux engins lourds à l'aplomb des zones sous-cavées identifiées par l'équipe spéléologique ;
- De nettoyer les entrées des carrières et de les obturer de manière à permettre des visites périodiques pour observer leurs évolutions ; au vu des mauvaises conditions déjà expérimentées par les spéléologues en 1988, il n'est cependant pas certain que l'accès à la carrière Nord puisse être rétabli à l'endroit où il se trouvait ;
- Informer les riverains de l'existence de carrières (à la fois les propriétaires des parcelles impactées mais également les promeneurs).

Un certain nombre de recommandations ont été formulées pour chacune des trois cavités les plus importantes du site ainsi que pour les jardins familiaux. A noter qu'une étude globale des cavités sur ce secteur semblerait la plus pertinente.

Carrière ouest

Etant donné les observations réalisées lors des visites de terrain ainsi que les investigations initiales de 1988, cette carrière pourrait présenter :

- un risque d'effondrement à plus ou moins long terme des deux premières chambres ;
- un risque de déboufrage plus ou moins brutal au niveau des conduits karstiques (cheminées).

Afin de prévenir tout incident à l'aplomb de cette carrière, il conviendrait :

- de faire caler par un géomètre le lever réalisé par les spéléologues en 1988 en localisation avec précision les entrées et en réalisant un certain nombre de points sur le pourtour de la carrière ;
- de contrôler son évolution lors de visites annuelles dans un premier temps, mais dont la périodicité sera adaptée aux évolutions observées ;
- de réaliser des investigations complémentaires au moyen de sondages afin de vérifier la géométrie et l'état des éventuelles chambres inaccessibles qui passent sous la construction au nord et tangentent la construction au sud puis de vérifier si les fondations des maisons d'habitation sont compatibles avec les éventuels désordres attendus ;
- de préconiser aux propriétaires de limiter l'accès au droit des deux premières salles (soit sur une largeur d'environ 7 m au niveau de la parcelle 27 et 25, largeur à adapter en fonction des levers des géomètres).

Carrière nord

Etant donné les investigations réalisées par l'Equipe spéléologique en 1988, cette carrière pourrait présenter à la fois :

- un risque d'effondrement d'une chambre notamment au niveau de la zone Y qui présentait un toit fissuré et des fissures passant au ras des piliers ;
- un risque de débourrage plus ou moins brutal au niveau des conduits karstiques notamment dans la zone X. La chute des matériaux de remplissage (argile) semble s'être bien amorcée au niveau de ces carrières laissant apparaître en surface (dans le jardin du 59 impasse des Gibiers) de petites dépressions.

A noter que certains phénomènes évoqués par l'Equipe spéléologique pourrait s'être d'ores et déjà produits, à savoir : l'ouverture de la cheminée ovoïde lors du passage d'un engin de chantier ainsi que la poursuite des effondrements partiels de la chambre Z.

Malheureusement, les épaisseurs de recouvrement et les hauteurs de vides ne sont pas connues pour cette carrière.

Afin de prévenir tout incident à l'aplomb de cette carrière, il conviendrait, dans l'hypothèse où la désobstruction de son accès n'est définitivement pas envisageable, de s'assurer de sa situation et de son état de stabilité. Cela suppose :

- de réaliser *a minima* un sondage à l'aplomb de la chambre la plus proche de la maison d'habitation (chambre Y, sur la base du plan des spéléologues) ; et un sondage à l'aplomb de la chambre X² ; ces sondages devront être réalisés au moyen d'engins légers afin d'éviter de déstabiliser l'ensemble ;
- de les tuber (ils auront normalement recoupé les 2 chambres) et d'y pratiquer une vidéoscopie suivie de mesures au distancemètre laser, orientées ;
- d'élaborer des mesures de sauvegarde en fonction des résultats obtenus.

Dans tous les cas, une clôture devra être mise en place autour (diamètre 2 m) des dépressions apparues dans le jardin de la parcelle 35, interdisant leur accès.

² L'ouverture d'une cheminée karstique en place d'un forage dans la roche a été envisagée mais elle peut présenter le risque de combler en partie la cavité ne permettant pas l'inspection visuelle attendue.

Carrière centrale

La carrière centrale n'a pas fait l'objet de visite dans le cadre de la présente étude. Le lieu étant utilisé par les voisins pour la promenade, une reconnaissance similaire permettrait de connaître son état et d'adapter au mieux les préconisations sur le site du Bois de la Garenne.

De manière générale pour ces trois carrières, il apparaît que faute d'entretien à venir (ce qui apparaît déjà impossible), leurs accès respectifs en l'état risquent de continuer à se dégrader. Il en découle que leur suivi par des inspections visuelles, ne pourra pas être maintenu sur toute leur étendue de manière pérenne et sécuritaire pour le personnel chargé de ces inspections, et qu'il faudra donc soit trouver des méthodologie de suivi adaptée soit procéder à leur sécurisation définitive.

Jardins familiaux et parcelle cadastrale CE 7 et CE 8

Afin de prévenir tout nouvel incident dans ce secteur, compte tenu de la présence probable d'une ancienne descenderie et de la localisation du site (prolongement de la rue basse, appartenance aux zones de carrières présumées ou signalées du SCVC), il conviendrait de :

- faire une recherche documentaire sur l'existence de cavités dans ce secteur ;
- en fonction des résultats de cette recherche, réaliser des sondages et pratiquer la vidéoscopie suivie de mesures orientées au distancemètre laser.

Autre cavité à Hérouville-saint-Clair

Enfin, la BDCavité mentionne l'existence d'autres carrières à proximité du Bois de la Garenne et notamment au niveau du centre de soin Betharram. Il conviendrait, dans un premier temps, de réaliser une recherche documentaire sur l'existence de cavités dans ce secteur.

5. BIBLIOGRAPHIE

Equipe spéléologique d'Herouville Saint Clair (1988) – Les carrières du Bois de la Garenne. Rapport de l'équipe spéléologique d'Herouville-Saint-Clair.

Dujardin (1991)

RIOULT M., COUTARD J.P., DE LA QUERIERE P., HELLUIN M., LARSONNEUR C, PELLERIN J., PROVOST M. (1989) -Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille CAEN (120) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 104 p. Carte géologique par RIOULT M., COUTARD J.P., HELLUIN M., PELLERIN J., QUINEJUREHELLUINE., LARSONNEURC, ALAIN Y. (1986).

Annexe 2

Cavité d'Aubigny Nord

Carrière d'Aubigny Nord

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'INTERVENTION

L'examen préliminaire de la carrière d'Aubigny fait suite à la sélection des sites réalisée dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. La carrière étant sur une propriété privée, la visite a été réalisée en compagnie du propriétaire du terrain qui a une bonne connaissance des lieux.

Cette visite donne lieu à un diagnostic de Niveau 1+ (cf. rapport).

a. Situation géographique

L'entrée de la carrière visitée est localisée à l'est de la parcelle cadastrale 36 (feuille ZE 01) entre la D658 et la limite communale nord d'Aubigny, à proximité des anciennes carrières de Saint-Pierre-Canivet qui font actuellement l'objet d'une reconnaissance Natura 2000 (Illustration 1). La carrière s'étend pour sa majeure partie, sous un champ mais pourrait atteindre un bâtiment agricole. Par ailleurs, d'après le propriétaire, des galeries passeraient sous la route départementale.

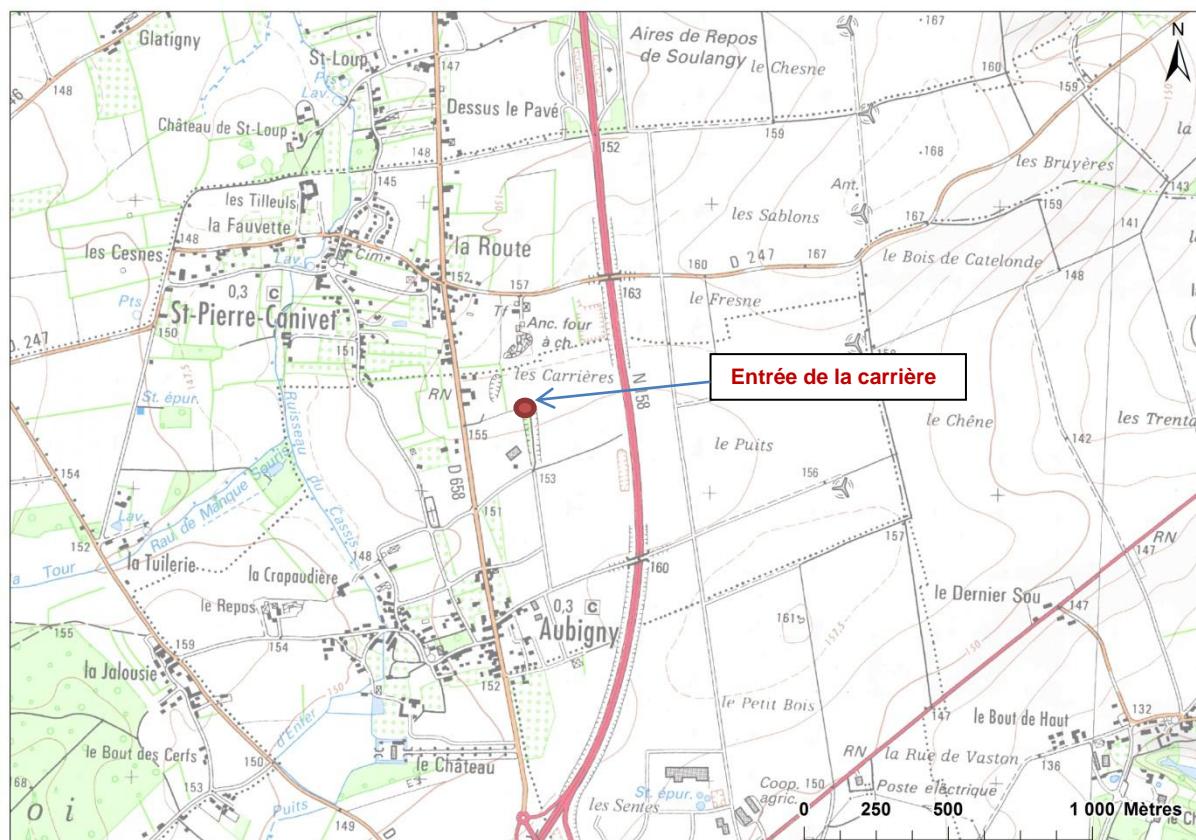


Illustration 1 - Plan de situation de l'entrée de la carrière visitée à Aubigny (fond IGN, scan 25)

b. Données géologiques et hydrogéologiques

Cette ancienne carrière s'inscrit dans une assise géologique du Bathonien moyen (Jurassique). Son entrée se situe dans la formation des Calcaires de Rouvres, de Creully, de Saint-Pierre-du-Mont (Illustration 2).

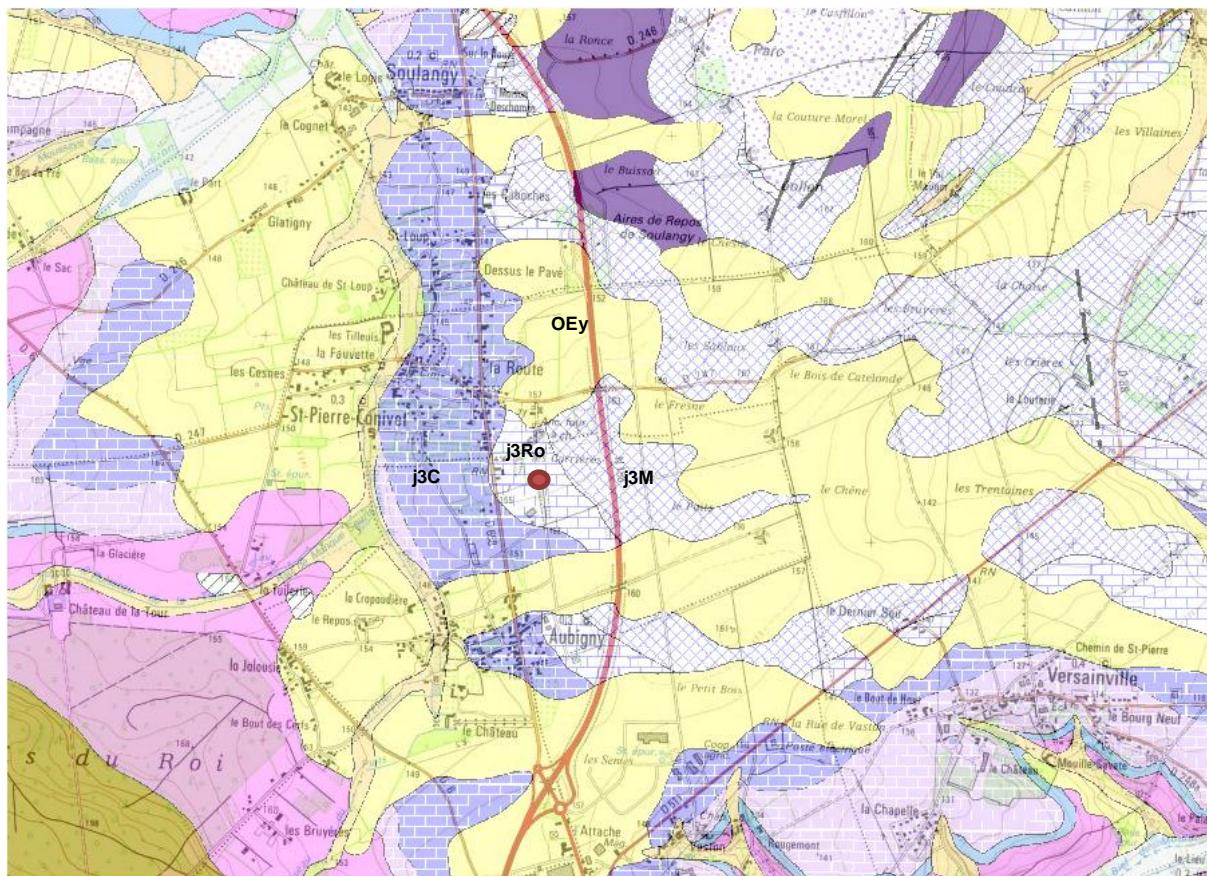


Illustration 2 –Carte géologique harmonisée au niveau du Bois de la Garenne

Il est vraisemblable que le Calcaire de Caen (j3C) et accessoirement sa couverture de Calcaire de Rouvres aient été exploités dans cette carrière souterraine. La notice de la feuille géologique de Falaise mentionne que le calcaire de Caen a été activement extrait dans ce secteur sous le nom de Pierre d'Aubigny. Le calcaire de Caen se développe sur une puissance de l'ordre de 10 à 12 m avec une succession de bancs d'aspect massif, d'une épaisseur variant entre 20 cm et 1 m, et de calcaires tendres, poreux, tachant les doigts. A sa partie supérieure Le Calcaire de Caen passe progressivement au Calcaire de Rouvres avec invasion de bioclastes plus grossiers et d'oolites. Ce dernier se présente en gros bancs de 0,3 à 1 m d'épaisseur montrant un litage oblique. Il présente une puissance d'environ 5 m.

D'un point de vue hydrogéologique, les formations calcaires bajo-bathonniennes constituent un aquifère multi-couches dans lequel les modes de circulation dépendent de la porosité liée au faciès, du degré de fracturation et de la structure générale.

c. Connaissance des cavités

Le calcaire de Caen et accessoirement sa couverture de Calcaire de Rouvres (Bathonien moyen) ont été activement exploités au nord de Falaise, à Aubigny et Saint-Pierre-Canivet où l'extraction s'est faite en carrières souterraines et à ciel ouvert. Le matériau extrait est une belle pierre de taille tendre, la Pierre d'Aubigny, utilisée en pierre de grand appareil dans les constructions anciennes de la ville de Falaise mais également un peu plus loin par exemple comme pierre de dallage (Palais de Justice de Caen).

La base de données BDCAVITES (www.bdcavites.net) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que certains désordres qui y sont associés. Les résultats de son interrogation à proximité d'Aubigny sont présentés sur l'Illustration 3.

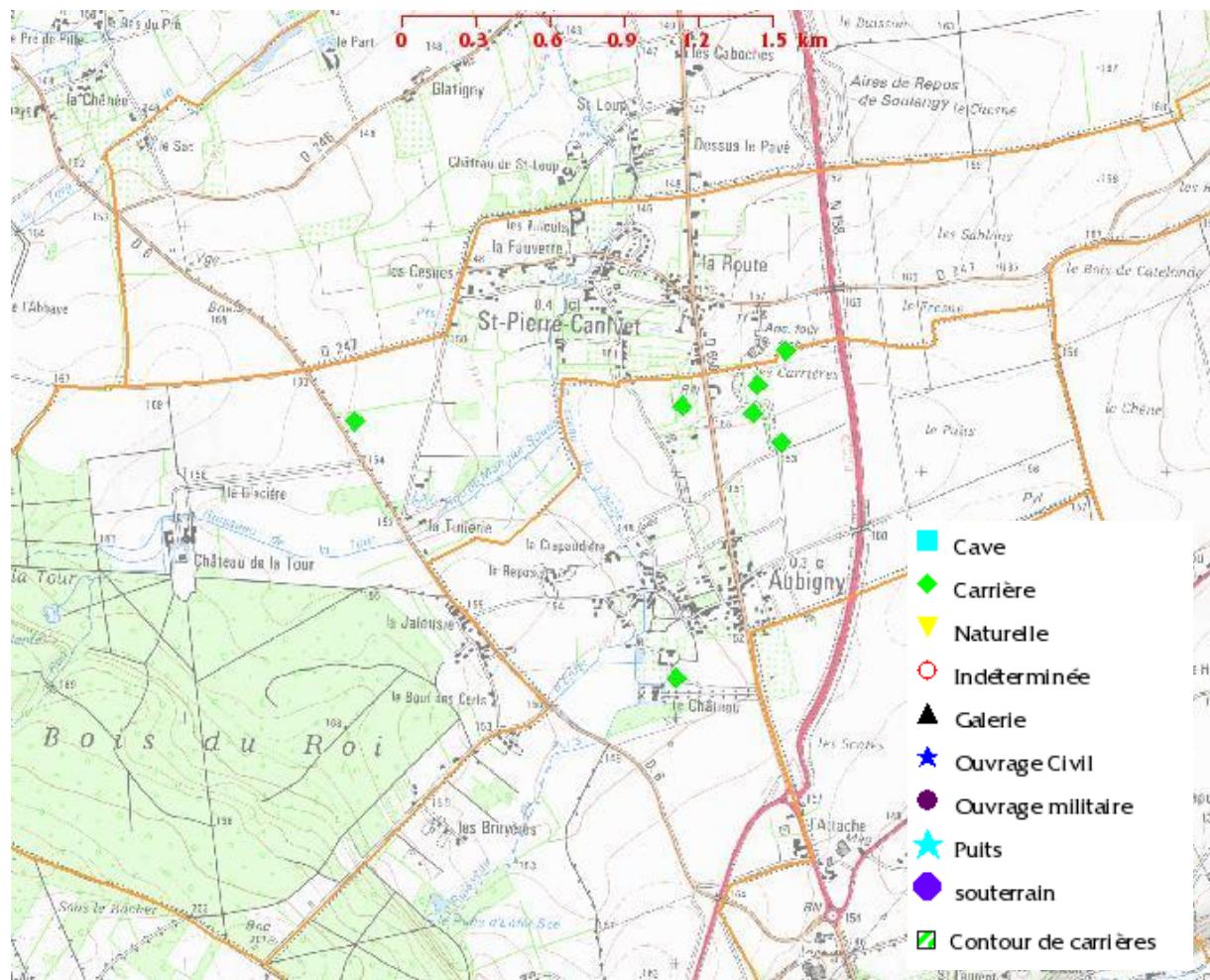


Illustration 3 – Recensement des cavités souterraines dans les environs d'Aubigny
(www.georisques.fr)

En 2011 se sont produits des effondrements à Saint-Pierre-Canivet conduisant au relogement d'une famille et à l'arrêt de travaux de construction d'une habitation au niveau de ses fondations.

Suite à ces effondrements, une étude de recherche des indices de présence de cavités souterraines a été réalisée en 2014 (par Explor-e) pour les communes d'Aubigny, Saint-Pierre-Canivet et Soulanguy et a été en partie restituée le 25/11/14.¹

Un plan retrouvé dans les archives papiers de la BDCavité et vraisemblablement réalisé en 2004 avec le concourt du propriétaire fournit une enveloppe vraisemblablement imprécise de cette carrière. Cette carte montre que la carrière se rapprocherait du hangar agricole (le contour de cette enveloppe n'est pas fermé vers le Nord). Ce plan a été géoréférencé et digitalisé (Illustration 4).



Illustration 4 - Géoréférencement du plan figurant dans la BDCavité (BNOAA0003975)

d. Données historiques

Les données historiques reportées ici sont celles collectées dans le cadre de l'inventaire de la BDCavité. Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été fait de recherche supplémentaire aux archives départementales du Calvados. Des informations complémentaires sont certainement disponibles aux archives et ont dû être consultées dans le cadre de l'étude du bureau d'étude Explor-e (historique non disponible dans le rapport d'étude).

En l'absence d'investigations complémentaires, peu d'informations sont actuellement disponibles : entre autre, l'origine et la fin de l'exploitation ne sont pas connues. Ces exploitations figurent sur des plans du XVIII^{ème} (atlas de Tadraine).

¹ Nous avons pris connaissance de cette étude le 26/11/2014

En 1856, au lieu-dit les Carrières, Aubigny compte trois carrières exploitées en souterrain dont deux en partie à ciel ouvert (courrier du service des mines relatif à la surveillance des carrières, AD14 – S1315).

Des carrières initialement exploitées à ciel ouvert ont été exploitées en souterrain une fois les bancs de pierre dure recherchés atteints. Etant donnée la faible épaisseur des terrains conservés (épaisseur de recouvrement), « des ouvertures carrées en forme de cheminées étaient pratiquées pour donner du jour à l'intérieur et éviter l'emploi de lumière » (rapport de l'ingénieur des mines en date du 30/03/1847, AD14 – S1292).

Si les plans d'au moins une partie de ces carrières devraient avoir été réalisés, une partie des carriers pratiquaient alors le remblaiement à l'avancement (courrier du 2 octobre 1955 adressé à Mr le Préfet par l'ingénieur des mines, AD14 – S1292).

Cette carrière a été ensuite exploitée en champignonnière. Celle-ci semble avoir été hâtivement abandonnée en 2002.

e. Données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation

Cette partie reprend l'ensemble des éléments consultés. A noter qu'une étude plus complète est fournie dans le rapport Explor-e dont l'objectif était le recensement d'indices sur cette commune. Les résultats de cette étude n'ont pas pu être repris dans la présente partie à l'exception du dernier paragraphe.

Atlas de Trudaine - XVIIIe siècle ; généralité d'Alençon - vol. III

L'Atlas de Trudaine pour la généralité d'Alençon a pu être consulté sur le site internet www.culture.gouv.fr. Il s'agit d'un document datant du XVIIIe (1745 – 1780) qui dresse un plan des gestionnaires des routes à l'époque. Sur ce plan sont reportées des carrières au niveau des lieux-dits les carrières sur la commune d'Aubigny, de part et d'autre de la D658 (Illustration 5).

Réalisé à la main et vraisemblablement distordu par le temps et les duplications, ce plan n'est pas exactement à l'échelle et n'a donc pu être géoréférencé qu'avec peu de précision. Toutefois, il est intéressant de constater que semblent y figurer les carrières souterraines. Par ailleurs, d'après cette carte, l'extension des carrières (au moins à ciel ouvert) serait plus importante qu'attendue, notamment vers l'ouest et figurant sur les autres plans. En effet, elles s'étendent jusqu'à la route du Champ Benoit.

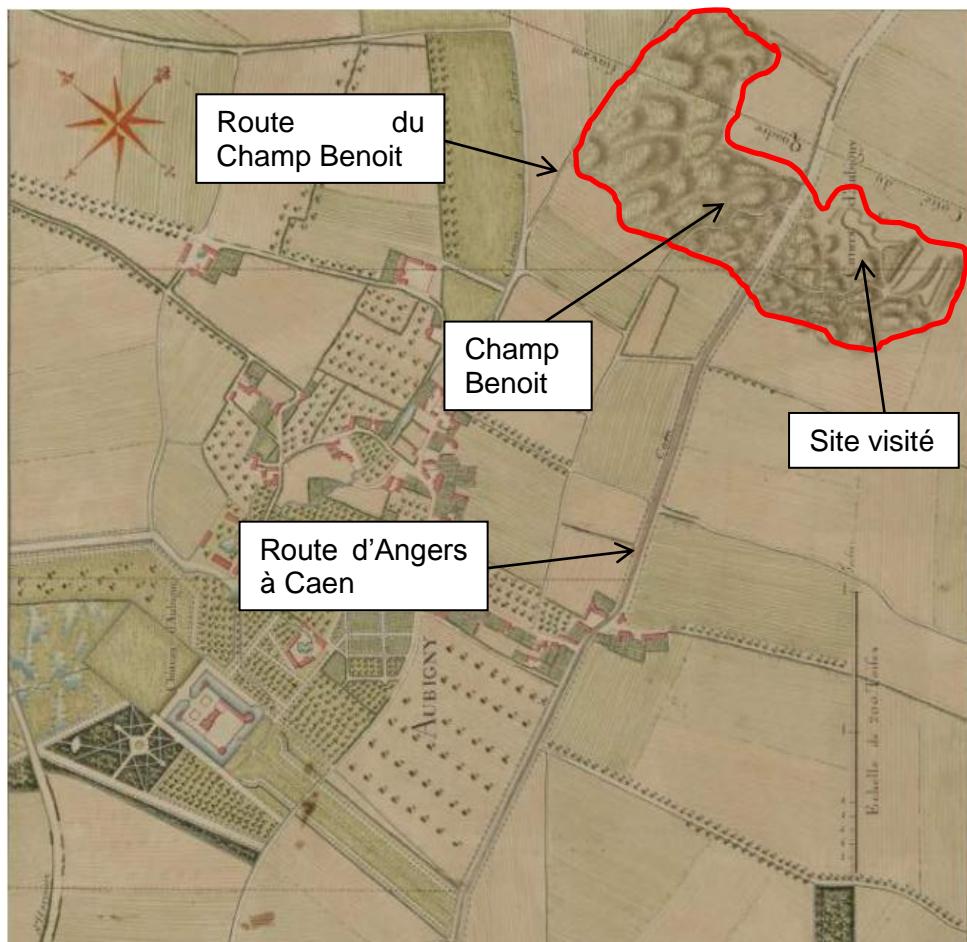


Illustration 5 – Extrait de l'atlas de Trudaine, géoréférencé sur le logiciel Arcgis (www.culture.gouv.fr)

Cadastre napoléonien

Sur le tableau d'assemblage du cadastre napoléonien (qui date de la première moitié du XIX^{ème} siècle et a été levé entre 1807 et 1835 dans le Calvados), au niveau du lieu-dit les Carrières figurent des figurés attestant de l'existence de carrières, sans qu'il soit possible de connaître le type d'exploitation (à ciel ouvert ou en souterrain). A noter que sur ce plan n'apparaît pas la carrière visitée (plus à l'est).

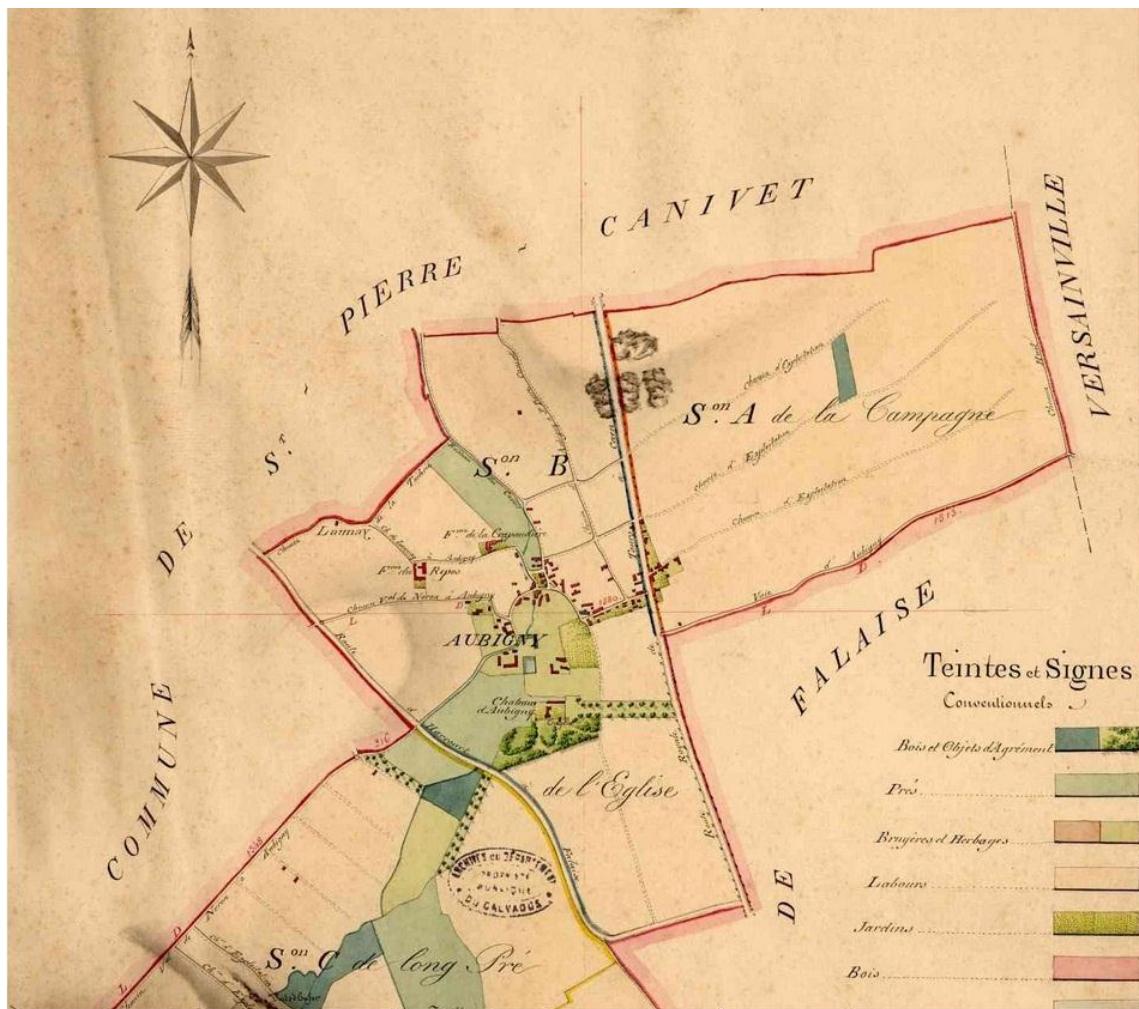


Illustration 6 – Tableau d’assemblage du cadastre napoléonien

Photo aériennes anciennes

L'observation des photos aériennes anciennes (depuis 1946) mises à disposition sur le site www.geoportail.fr apporte de nombreuses informations ou confirmation sur la présence de descenderies, entrées et éventuelles traces d'effondrement. Il n'est pas possible de déterminer avec précision le type d'ouvrage ou manifestations de surfaces visualisées pour toutes les observations réalisées. Cela pourrait être complété par des recherches historiques.

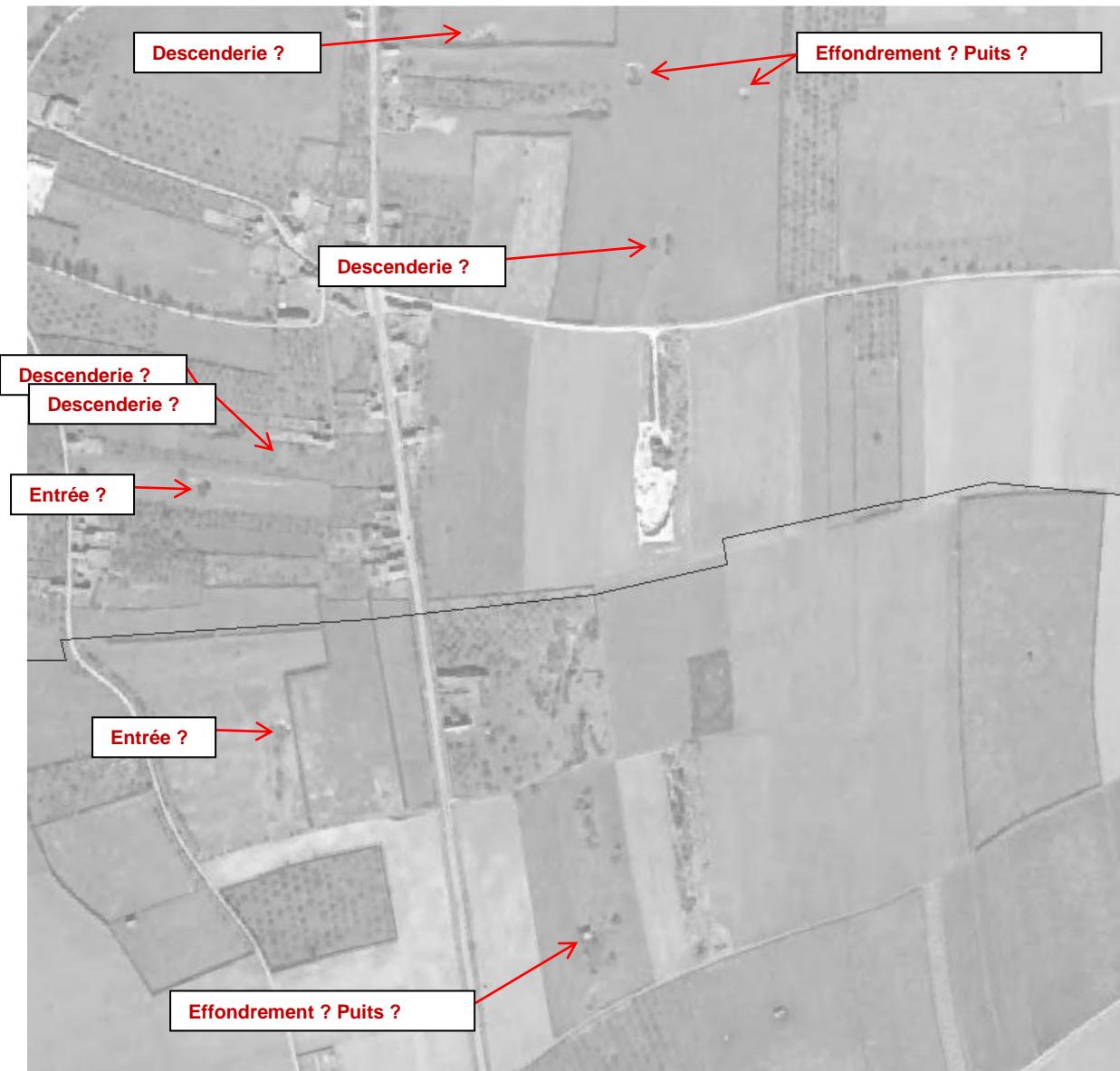


Illustration 7 - Photographie aérienne de 1955 sur la zone (source : www.geoprtail.fr)

**Documents anciens issues des archives départementales du Calvados
(source : étude Explor-e)**

Un plan issu des archives départementales « Aub-056 » a été retrouvé par Explor-e. Il constitue le document le plus précis quant à l'extension de la principale carrière souterraine située sur la commune d'Aubigny. Il s'agit toutefois d'un document datant de 1846 qui ne prend pas en compte la surface totale exploitée.

La présence de limites cadastrale a permis de récolter ce document sur cadastre napoléonien puis sur le cadastre actuel. De même, un autre plan a été retrouvé dans les archives départementales « Aub-070 » par Explor-e.

Les emprises de cavité figurant sur ces documents ont été digitalisées par Explor-e (Illustration 8 et Illustration 9).



Illustration 8 - Géoréférencement du plan d'archives Aub-056 (source : Explor-e).



Illustration 9 - Géoréférencement du plan d'archives Aub-070 (source : Explor-e).

f. Données géomécaniques

La fiche suivante fournit quelques caractéristiques concernant la Pierre de Caen (banc royal au niveau de la Maladrerie). Il est fort probable que les caractéristiques au niveau de la carrière d'Aubigny notamment dans le calcaire de Rouvres soit moins bonnes.

A noter que d'après le Service des carrières de la Ville de Caen, la porosité du calcaire de Caen diminue en direction de Falaise et vaut environ 11 % dans les carrières de Saint Pierre Canivet / Aubigny (contre 20 à 25 % dans les carrières de Caen comme la Maladrerie).

- COMPOSITION CHIMIQUE.

Le calcaire de Caen se compose de gaz carbonique et de chaux (carbonate de chaux CACO 3) et d'une faible quantité d'argile.

La teneur en calcaire dépasse généralement 90 %.

Le calcaire de CAEN apparaît comme une roche sédimentaire, formée de fins débris triturés et composés de tests d'invertébrés marins, cimentés par de la calcite micro ou crypto cristalline dans les couches moyennes et supérieures ou par de la pâte argileuse dans les couches inférieures.

- CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES.

- Porosité moyenne : 25 % à 27 %
- Mesures aux ultrasons : Moyenne 2500 m/s à 2700 m/s.
- Masse volumique réelle : 1,96
- Masse volumique humide : 2,27
- Teneur en eau naturelle : 15,4

RC sec. Résistance à la compression : 15 MPa soit 150 bars.

RC humide. Résistance à la compression : 6 MPa soit 60 bars.

Résistance à la rupture en flexion : 0,54 MPa soit 5,4 bars.

Coefficient d'absorption :
0,76.

Gélivité : L'essai de gélivité consiste en cycle gel/dégel (24 h) avec teneur en eau maxi gel à l'air en chambre froide à - 5 °c. Dégel jusqu'à + 12 °C : Nombre de cycles avant altération visible : 30.

* NOTA : Caractéristiques moyennes du banc royal (Carrières de la Maladrerie. Essais C.E.B.T.P).

2. DIAGNOSTIC

Dans le cadre de la présente étude, les visites ont porté sur la carrière présente au niveau de la parcelle cadastrale 36 (feuille ZE 01). En effet, la descenderie avait été identifiée au sein de la BD Cavité. Plusieurs visites ont été réalisées sur ce secteur. La première en date du 17/10/2014 a permis de repérer l'entrée (fermée à clé), de rencontrer le propriétaire du site et de prendre rendez-vous. Une seconde visite a eu lieu le 27/10/2014 et a consisté en la visite de la cavité souterraine. Enfin, la dernière en date du 28/10/2014 a permis de repérer les abords du site ainsi que les autres indices de carrières.

A noter que compte tenu des échéances de l'étude, la visite a été réalisée antérieurement à l'étude des documents anciens (anciennes photographies aériennes notamment). Cela explique que certains secteurs sur lesquels des indices de surface sont visibles sur les photographies aériennes n'ont pas fait l'objet de visite.

a. Reconnaissances et investigations de terrain au niveau de la carrière de la parcelle cadastrale 36

Environnement de surface de la carrière

La majeure partie de la carrière se situe sous des terres labourées ou des terrains en friche et est limitée au nord par le fond à ciel ouvert de Saint-Pierre-Canivet qui aurait été, d'après le propriétaire des terres de la parcelle 36, remblayé en 1992 lors de la réalisation de la RN. Un bâtiment agricole est également situé dans ce secteur.



Illustration 10 – Environnement de la carrière souterraine visitée à Aubigny (vue panoramique)

Au niveau des terres labourées, le sol est concerné par une cuvette qui pourrait correspondre à un affaissement ou plutôt, d'après le propriétaire, à un tassement survenu au niveau d'un vieux fond à ciel ouvert remblayé (Illustration 10).

L'accès à la carrière se fait par une descenderie fermée par une porte cadenassée. De part et d'autre, débouchent de petites entrées qui auraient servi, pendant la guerre, de lieu de stockage de munitions pour les allemands, d'après le propriétaire (Illustration 12).



Illustration 11 – Entrée de la carrière souterraine visitée à Aubigny



Illustration 12 - Petites entrées de caves latéralement à la descenderie

Hydrogéologie du site

D'après le propriétaire, le toit de la nappe se situe à 6,5 m par rapport au TN. Dans certains secteurs de la carrière (proximité de l'entrée notamment), la proximité de la nappe est confirmée par la présence de remontée capillaires au niveau des piliers. Toutefois, il n'y avait pas d'eau dans la carrière lors de la visite du 27/10/2014.

Inspection des souterrains (entrée à l'est de la parcelle cadastrale 36)

Il n'existe pas à notre connaissance de plans précis de l'exploitation même si pour une carrière d'une telle ampleur exploitée par la suite en champignonnière, un tel plan devrait exister (demande émanant du service des mines en 1858).

L'emprise approximative de la carrière a pu être tracée à partir des aérations repérées en surface et des dires du propriétaire de la parcelle. Elle pourrait mesurer entre 4 et 7 ha. Il est probable que cette carrière se poursuive en direction de la D658. En effet, certains secteurs, présentant une forte épaisseur de remblais, n'ont pas pu être visités dans le cadre de la présente étude. Etant donné l'absence de plan disponible, il est très difficile de se localiser dans ce type de carrière d'extension assez conséquente. Le propriétaire du site a été d'une aide précieuse pour déterminer quelques éléments de repères.

Le sol de la carrière est localement jonché par les restes de l'exploitation des champignons, abandonné visiblement dans la précipitation. Par ailleurs, le toit de la carrière est également marqué par cette exploitation avec la présence de bâches plastiques qui masquent dans de nombreux endroits l'état du toit (Illustration 13).

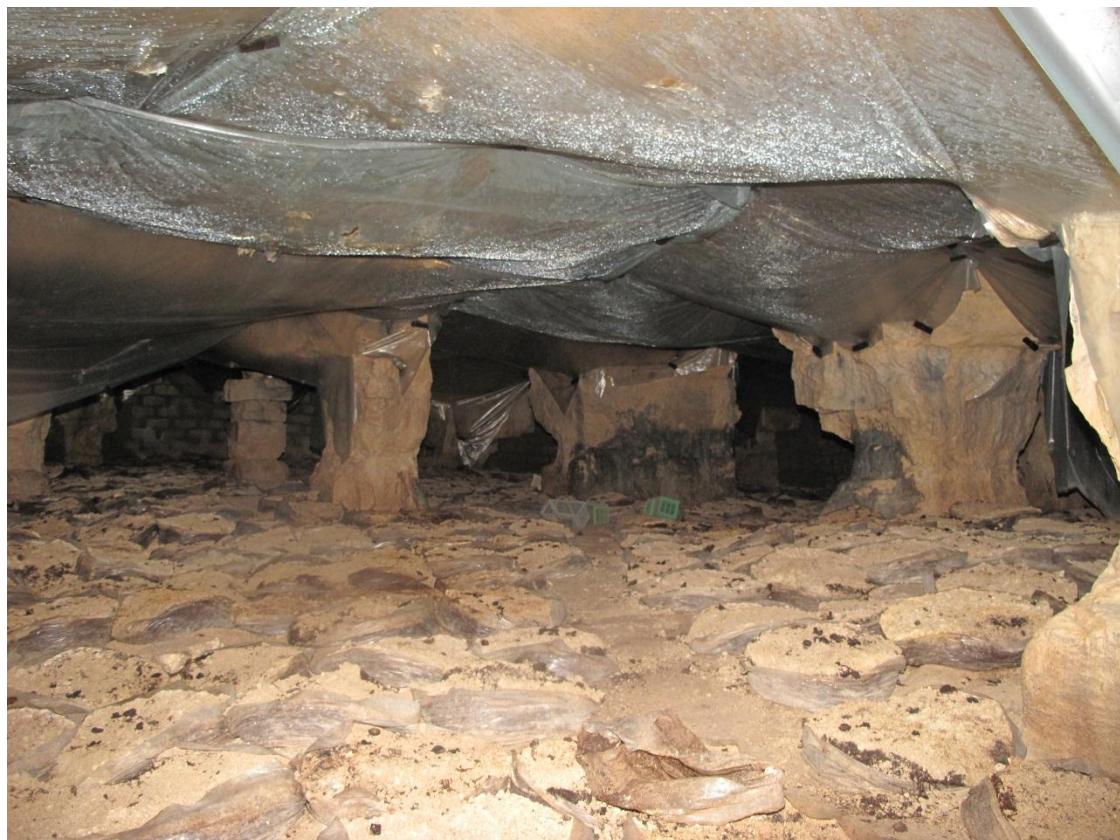


Illustration 13 – Vue d'ensemble d'une partie de la carrière avec trace de l'exploitation en champignonnière (sacs de culture, cagettes et bâche au niveau du toit)

Géométrie – type d'exploitation

Cette carrière a été exploitée à la fois par la méthode des hagues et bourrages et par la méthode des chambres et piliers. L'exploitation, assez hétérogène, voire anarchique par endroit, présente des piliers de différentes natures (piliers tournés, piliers à bras), différente dimensions (de métrique à plurimétriques pour les piliers tournés), comme le montre l'Illustration 14. Par ailleurs, la carrière présente quelques piliers maçonnés, vraisemblablement ajouté pendant la période d'exploitation de la champignonnière, ainsi que des piliers « mixtes » ou « reconstitués » qui devaient être à l'origine des piliers tournés auxquels ont été ajouté un pilier à bras, et des moellons.

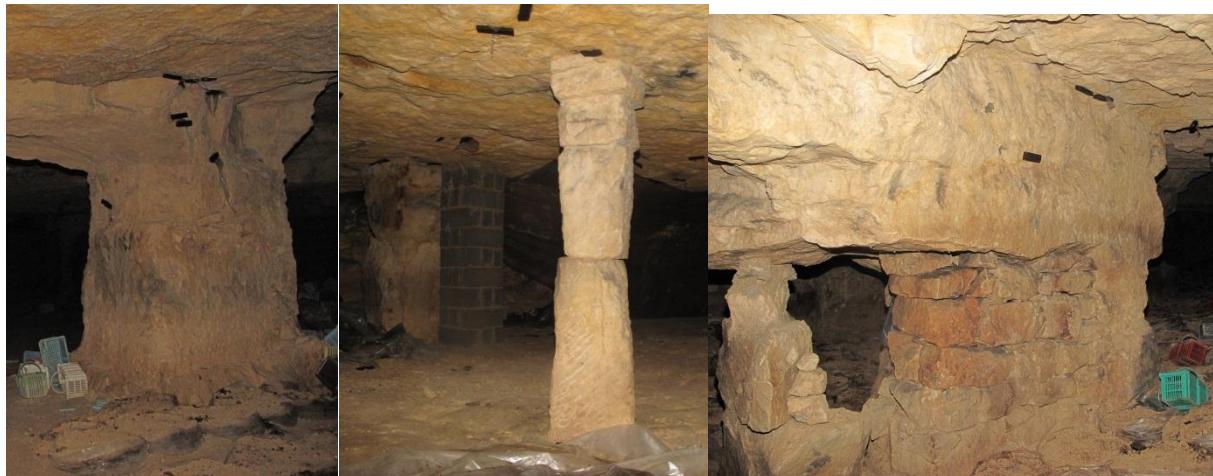


Illustration 14 – Différents types de piliers rencontrés dans la carrière d'Aubigny : pilier tourné (à gauche), pilier à bras et pilier maçonné (au centre), pilier reconstitué (à droite)

Leur espacement est également variable et le plus souvent compris entre 5 m et 9,5 m. Dans certains secteurs, le taux de défruitements (pourcentage de vide par rapport à la surface totale) est supérieur à 90 %. Cela pourrait, dans certains secteurs, résulter d'une surexploitation de la carrière avec suppression de piliers intermédiaires. A noter qu'il existe quelques chambres de dimensions conséquentes présentant des portées très importantes (9,5 m de large et 35 m de long pour la chambre de l'Illustration 16).

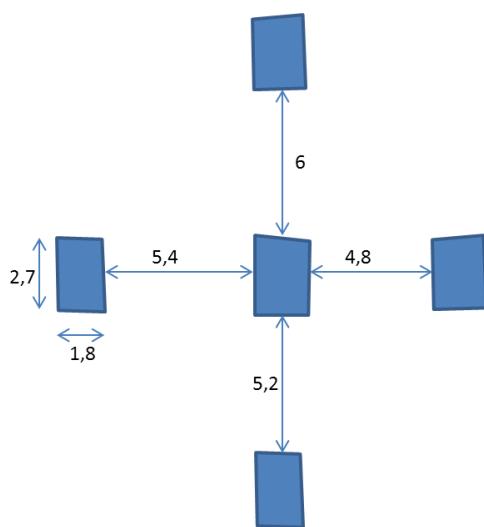


Illustration 15 – Exemple de mesure d'espacement entre les piliers conduisant à un taux de défruitements de 91 %



Illustration 16 – Exemple de chambre de grande dimension (9,5 m de large, 35 m de longueur, 4,3 m de hauteur)

L'épaisseur de recouvrement a été mesurée à 9 m au niveau d'une bouche d'aération située au nord du site et qui a pu être repérée en surface (Illustration 17). Cette hauteur peut être variable en fonction de la topographie de surface, la topographie du sol (ou mur) de la carrière (qui semble varier relativement peu) et des chutes de bancs de toit.



Illustration 17 – Mesure de l'épaisseur de recouvrement au niveau d'une bouche d'aération débouchant au jour

La hauteur des vides est couramment comprise entre 2 m et 2,5 m (cette dernière hauteur correspond généralement à la chute du premier banc de toit) mais peut atteindre localement 4,5 m (au niveau d'une cloche de fontis par exemple). Par ailleurs, quelques secteurs présentent des hauteurs importantes de remblai (hauteur des vides résiduelles comprises entre 0,5 et 1 m) : la méthode employée pouvait alors s'apparenter à la méthode par hagues et bourrages.

Les deux premiers bancs de toit ont une épaisseur de 0,5 pour le premier, puis 0,2 m pour le deuxième (Illustration 25).

Une zone partiellement remblayée (vide résiduel de 1,2 m maximum) située au sud-ouest de la carrière n'a pas été investiguée dans le cadre de la présente étude. Il n'a pas été possible de déterminer son extension mais une mesure vers l'ouest de 14 m minimum au toit des remblais a été réalisée. Il est probable que son extension soit plus importante.

Etat

La carrière est marquée par de nombreuses fractures tectoniques d'orientations principales N10° et N110° visibles au niveau du toit, des parois latérales ou qui traversent les piliers. Certaines galeries suivent ces orientations (notamment, la galerie qui part directement à gauche à partir de l'entrée, dont l'orientation est N110°).



Illustration 18 – Fracture tectonique au niveau du toit de la carrière

Le toit de la carrière présente différents stades de dégradation allant de la fissuration mécanique (Illustration 19) avec quelques décollements du premier banc de toit, à des décollements et chutes partielles des premières dalles de toit (Illustration 21) voire à des amorces de cloches de fontis (Illustration 23). Dans le secteur sud-ouest de la carrière, des racines ont colonisé des fractures mécaniques au niveau du toit (Illustration 20). Ces racines peuvent contribuer à agrandir l'ouverture des discontinuités et constituent un drainage préférentiel de l'eau présente dans les matériaux de recouvrement de la carrière.

Dans certains secteurs remblayés, le premier banc de toit est décollé et repose directement sur les remblais (Illustration 22).

Les secteurs où les portées sont les plus grandes présentent systématiquement des fissures mécaniques au niveau du toit.

Toutefois, il est remarquable que peu de blocs frais (fraîchement tombé) jonchent le sol hormis dans quelques secteurs, à savoir, au nord au niveau de la bouche d'aération située à la limite avec Saint-Pierre-Canivet et au sud-ouest (au nord du hangar), dans la partie de la carrière qui semble la plus ancienne.

Pour rappel, dans de nombreux secteurs, le toit n'a pu être examiné en raison de la présence des bâches d'exploitation de la champignonnière.



Illustration 19 – Fissuration mécanique du toit

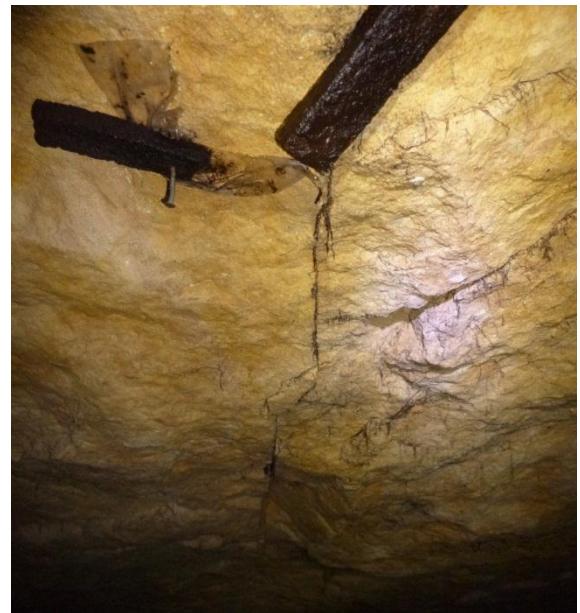


Illustration 20 – Présence de racines au niveau de fractures mécaniques



Illustration 21 – Chute du premier banc de toit d'épaisseur environ 50 cm (« pilier à bras » au fond)



Illustration 22 – Premier banc de toit reposant sur les remblais



Illustration 23 – Amorce de cloche de fontis

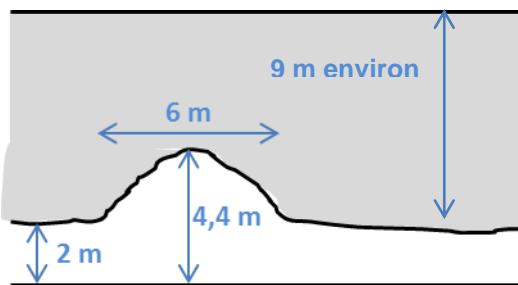


Illustration 24 – Représentation schématique en coupe au niveau de la zone d'amorce de la cloche de fontis



Comme le montrent les illustrations 26 à 32, outre les discontinuités d'origine structurales (fractures tectoniques qui peuvent guider les désordres), les piliers présentent également différents stades d'évolution :

- fissuration plus ou moins profonde verticale ou oblique (cisaillante) d'origine mécanique ;
- écaillement plus ou moins profond ;
- défruitements au niveau de zones de plus faible compétence ;
- défournement de blocs instables ;
- diabolo.



Illustration 26 - Fissuration mécanique du pilier

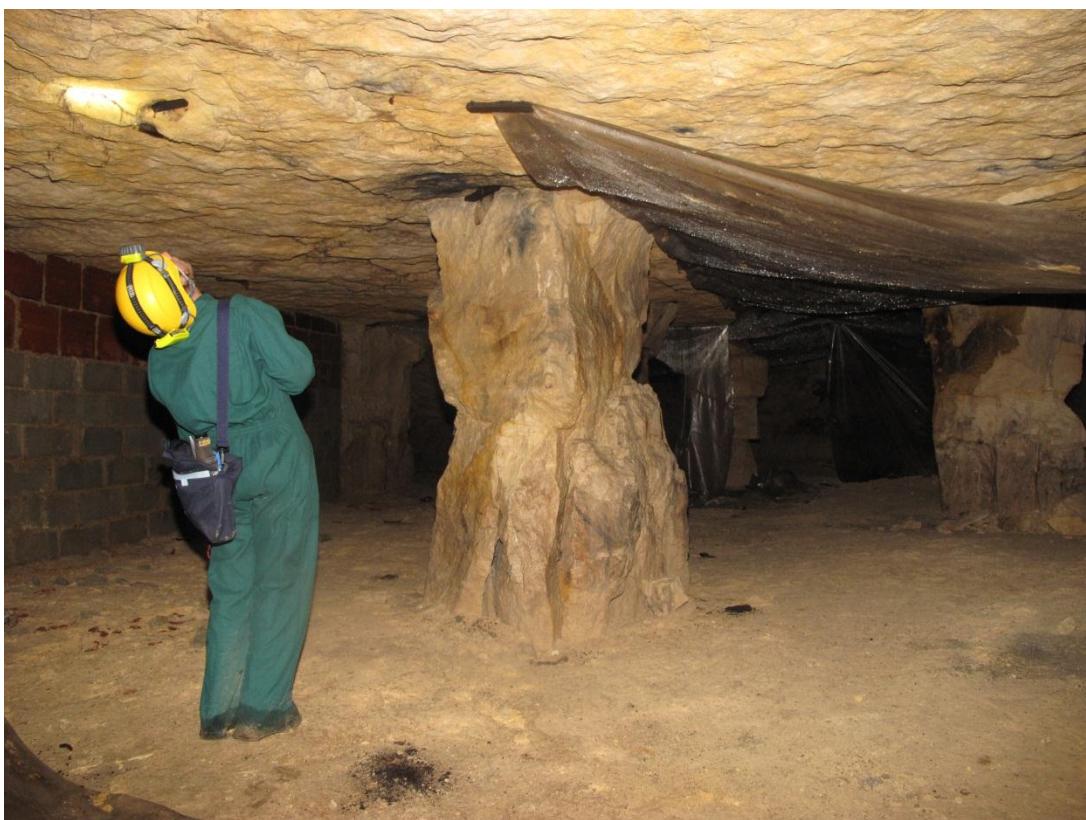


Illustration 27 – Cisaillement du pilier et toit faïencé à proximité

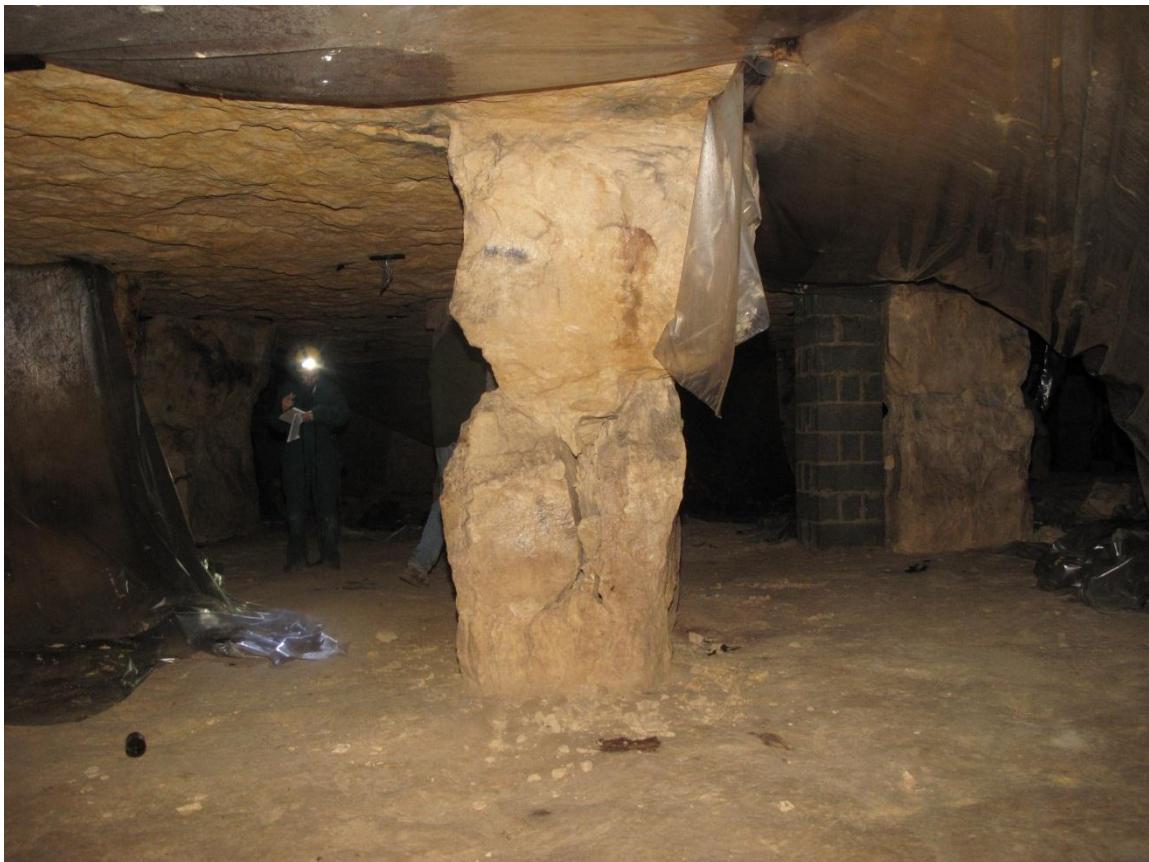


Illustration 28 – Ruine du pilier par compression (fracturation verticale)

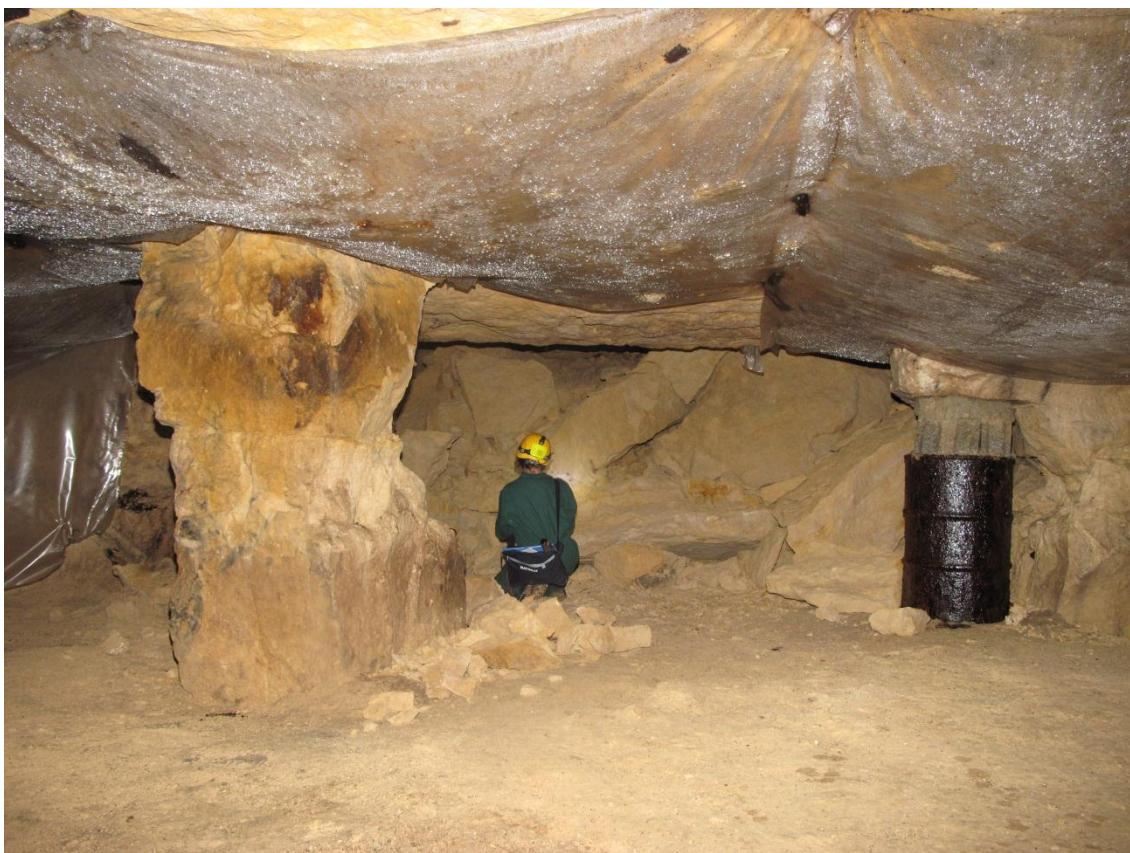


Illustration 29 – Chutes de blocs au niveau du pilier et réduction de section



Illustration 30 - Ecaillage important du pilier conduisant à son défruitelement en tête



Illustration 31 - Ecaillage et défournement de blocs instables



Illustration 32 – Pilier en diabolo au niveau de l'entrée de la carrière d'Aubigny

Divers

La présence de puits rebouchés par remblaiement gravitaire depuis la surface a été constatée (Illustration 33).

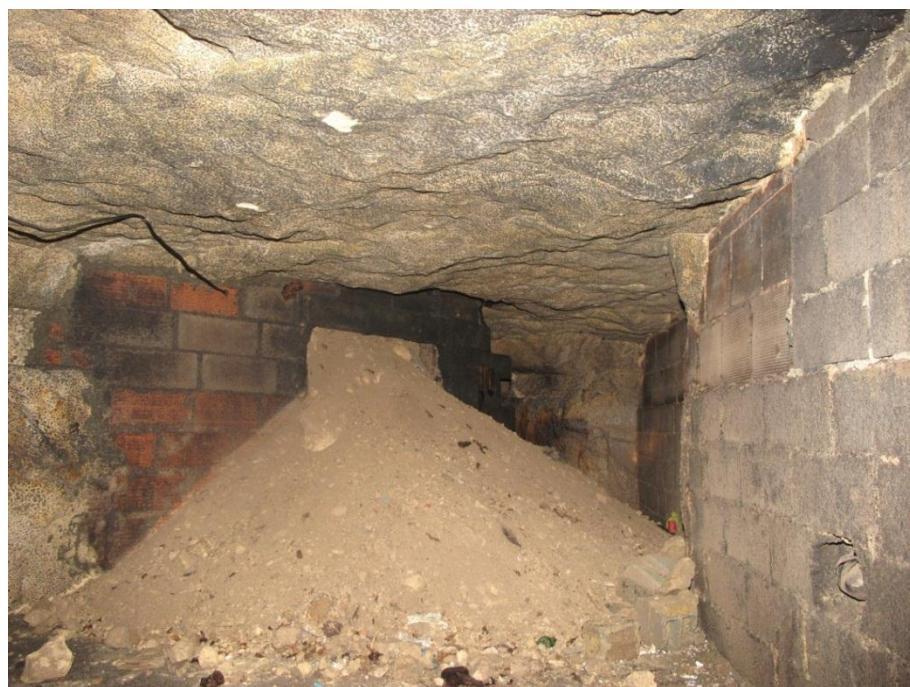


Illustration 33 – Puits rebouché depuis la surface

Quelques piliers de confortement ont été réalisés vraisemblablement lors de l'extraction (piliers reconstitués) et pendant la période d'exploitation de la champignonnière (quelques piliers maçonnés) notamment dans la partie sud-ouest de la carrière.

Données géomécaniques

Non collectées.

Présence de chauves-souris

Lors de notre visite du 27/10/2014, trois individus ont été remarqués dans la carrière souterraine visitée (à noter que les températures étaient encore particulièrement douces pour la saison). Le site a par ailleurs fait l'objet d'une demande Natura 2000.

Données acquises sur le long terme (suivi de l'évolution) : Visites régulières, Instrumentation

Néant

b. Visite des alentours

La visite des alentours en compagnie du propriétaire de la parcelle ZE 36 a permis de repérer différents éléments qui sont en concordance avec les éléments observés a posteriori sur les anciennes photographies aériennes, à savoir :

- de l'autre côté de la D658, à la même hauteur, au niveau du Champ Benoit se trouvent des entrées de cavité souterraines. Compte tenu de la végétation, il n'a pas été possible d'y pénétrer ni même de voir si cette entrée débouche effectivement sur une cavité visitable (Illustration 34) ; le terrain correspondant au Champ Benoit (parcelle 17) présente une topographie chahutée dont l'origine pourrait correspondre à d'anciennes carrières à ciel ouvert.

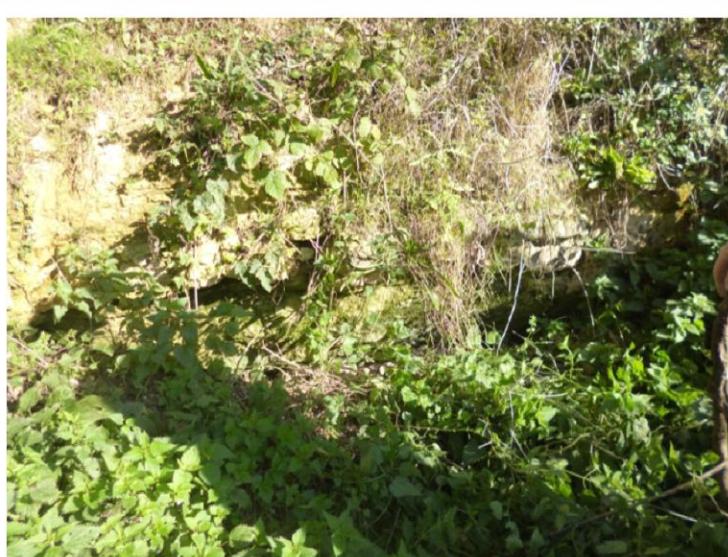


Illustration 34 – Environnement du Champ Benoit (images assemblées en panorama) et entrée potentielle au niveau du Champ Benoit (parcelle 17)

- A Saint-Pierre-Canivet, un chantier de construction d'une maison avec sous sol enterré a été arrêté en raison de la découverte de vides (leur origine n'a pu être retrouvée sur les photos aériennes consultées : 1947, 1955, 1960 et 1972).

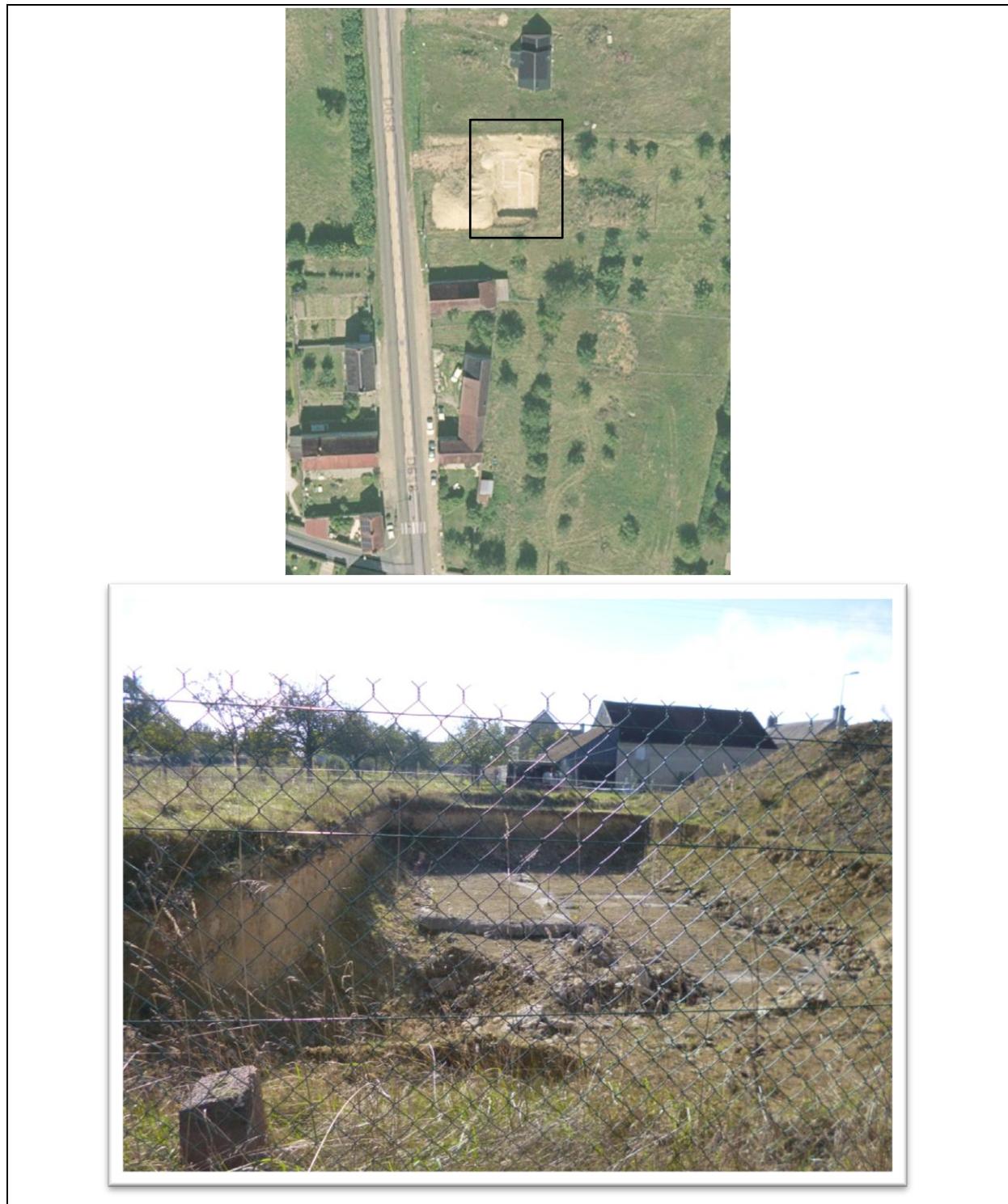


Illustration 35 – Chantier abandonné en raison de la découverte d'une ancienne descenderie

Par ailleurs, le propriétaire de la parcelle ZE 36 nous a mentionné l'existence d'une descenderie au niveau du n°15, le Tilleul à Saint Pierre Canivet ainsi que la présence et la localisation de passages souterrains sous la D658.

c. Traitement des données géométriques et physiques

Compte tenu des données géométriques des cavités, l'ensemble de la carrière visitée pourrait être le siège de fontis remontant en surface. Leur diamètre pourrait atteindre 3 à 4 m de large voire localement jusqu'à environ 7 m (notamment au niveau de la chambre de grande portée de 4,3 m de hauteur).

Par ailleurs, compte tenu de l'état des piliers et des taux de défruitemment, certains secteurs visités (notamment au sud-ouest) pourraient être le siège soit d'effondrement plus ou moins généralisés soit d'affaissement lorsque les vides résiduels sont peu épais du fait du remblaiement partiel (0,6 m et moins), sans qu'il soit possible d'en préciser l'échéance compte tenu des éléments disponibles.

3. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS

a. Carrière visitée

La carrière visitée à Aubigny, dont l'entrée est située à l'est de la parcelle cadastrale 36 (feuille ZE 01), a été exploitée *a minima* au XVIII et XIX^{ème} siècle essentiellement par la méthode des chambres et piliers (quelques secteurs présentent des murs maçonnés et des remblais et s'apparentent à la méthode par hagues et bourrages). Compte tenu des taux de défruitemment conséquents observés, il est possible que cette carrière ait été l'objet de surcreusement *a posteriori* (suppression de pilier après la fin de l'exploitation). Les hauteurs de vides sont généralement comprises entre 2 m et 2,5 m mais peuvent atteindre 4,3 m localement. Une zone partiellement remblayée (vide résiduel de 1,2 m maximum) n'a pas été investiguée dans le cadre de la présente étude. L'ensemble de la carrière présente des signes d'évolution défavorable même si une grande partie de l'exploitation ne présente pas de blocs au sol (pas de chute de blocs ni bancs de toit depuis l'arrêt de la champignonnière dans ces secteurs). Quelques secteurs paraissent en évolution relativement rapide (chute de bancs de toit, chute de blocs au niveau des piliers, etc.) avec un état de stabilité relativement précaire (au sud-ouest de la cavité et au nord). A noter que l'essentiel du site sous-cave une zone d'exploitation agricole mais qu'il est vraisemblable que la carrière se prolonge sous le bâtiment agricole voire sous la D658 (galeries).

Afin de connaître la zone concernée par cette carrière, il conviendrait de faire réaliser un lever de l'emprise de cette carrière par un géomètre et de la zone la plus dégradée située au sud-ouest *a minima* (notamment afin de connaître sa position par rapport au bâtiment agricole). Le site faisant l'objet d'une demande de classement Natura 2000, un lever géométrique sera peut être prévu dans ce cadre. En fonction de la localisation de cette zone, il pourra être nécessaire de prévoir des solutions de mise en sécurité à adapter au contexte.

A l'occasion de ces travaux, il serait particulièrement intéressant de débarrasser le toit des cavités des bâches qui masquent la visibilité au toit, pour permettre un suivi visuel régulier de ce dernier.

b. Autres carrières d'Aubigny et Saint-Pierre-Canivet

Par ailleurs, des documents historiques à notre disposition ainsi que des visites de terrain en compagnie du propriétaire de la parcelle ZE 36 attestent de l'existence d'autres carrières souterraines dans le secteur (notamment une entrée au niveau du Champ Benoit). D'après le propriétaire, des galeries pourraient passer sous les maisons d'habitation et sous la D658. Cela semble vraisemblable compte tenu des observations réalisées au niveau des photographies aériennes anciennes et des documents historiques disponibles. De plus, un

effondrement s'est produit en 2011 et un chantier a dû être abandonné sur la commune de Saint-Pierre-Canivet en raison de la présence de vides.

Compte tenu de l'effondrement de 2012 ainsi que de la géométrie et de l'état de la carrière souterraine visitée à Aubigny, il apparaît nécessaire de réaliser des investigations complémentaires afin notamment d'améliorer la connaissance de l'emprise des anciennes carrières souterraines voire également des carrières à ciel ouvert. Ces investigations complémentaires pourraient porter à la fois sur Saint-Pierre-Canivet et sur Aubigny (en 1958, 9 carrières souterraines ont été visitées par l'ingénieur des mines de l'époque sur les deux communes). Les investigations complémentaires pourraient consister :

- dans un premier temps, à étudier en détail les conclusions de l'étude d'Explor-e ;
- dans un second temps et en fonction des résultats de la recherche documentaire un lever géophysique (georadar par exemple) pourrait permettre, *a minima* au niveau de la D658 et des bâtiments, d'identifier et localiser les galeries souterraines, puis de les examiner par videoscopie (sondages en bordures de RD et des bâtiments) et d'y pratiquer un accès par puits selon les observations réalisées, si l'ouverture des accès obturés du champ Benoit ne permet pas de progresser jusque-là.

Quelques soient les investigations complémentaires acquises ou envisagées, il semble nécessaire de mettre en place un programme de suivi spécifique, adapté aux conditions d'accès aux cavités de manière à détecter à des fins préventives toute évolution pouvant conduire à la mise en danger potentielle de biens et de personnes.

4. BIBLIOGRAPHIE

AD14 – S1315

AD14 – S1292

Atlas de Trudaine - XVIII^e siècle ; généralité d'Alençon - vol. III. (1745/01/01 -- 1780/12/31). Versements des ministères ; Travaux publics. Cote CP/F/14/8452. Consultation en ligne : www.culture.gouv.fr

Servy (2014)- Gestion des risques liés aux cavités souterraines. Recensement des indices de Cavoyés souterraines et à ciel ouvert sur la commune d'Aubigny. Etude du bureau d'étude Explor-e (version A du 31 octobre 2014)

Annexe 3

Cavités de la rue des Roches à Mondeville

Les cavités de la rue des Roches à Mondeville

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'INTERVENTION

L'intervention au niveau des carrières de la rue des Roches fait suite à la sélection des sites réalisées dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. Une première visite sur site en date du 17/10/2014 a permis de localiser les entrées. L'ensemble des carrières étant sur des propriétés privées, une visite au service de l'urbanisme de la ville de Mondeville a d'abord été réalisée et un courrier envoyé à l'ensemble des propriétaires. Deux cavités ont pu être visitées pour un prédiagnostic.

2. CONTEXTE DU SITE D'APRES LES DONNEES EXISTANTES

a. Situation géographique

Les carrières de la rue des Roches à Mondeville font partie des carrières présentes sur la périphérie de Caen (Illustration 1). Elles se situent au nord-est de la commune de Mondeville, à proximité de l'Orne et en bordure du Biez (Illustration 2).

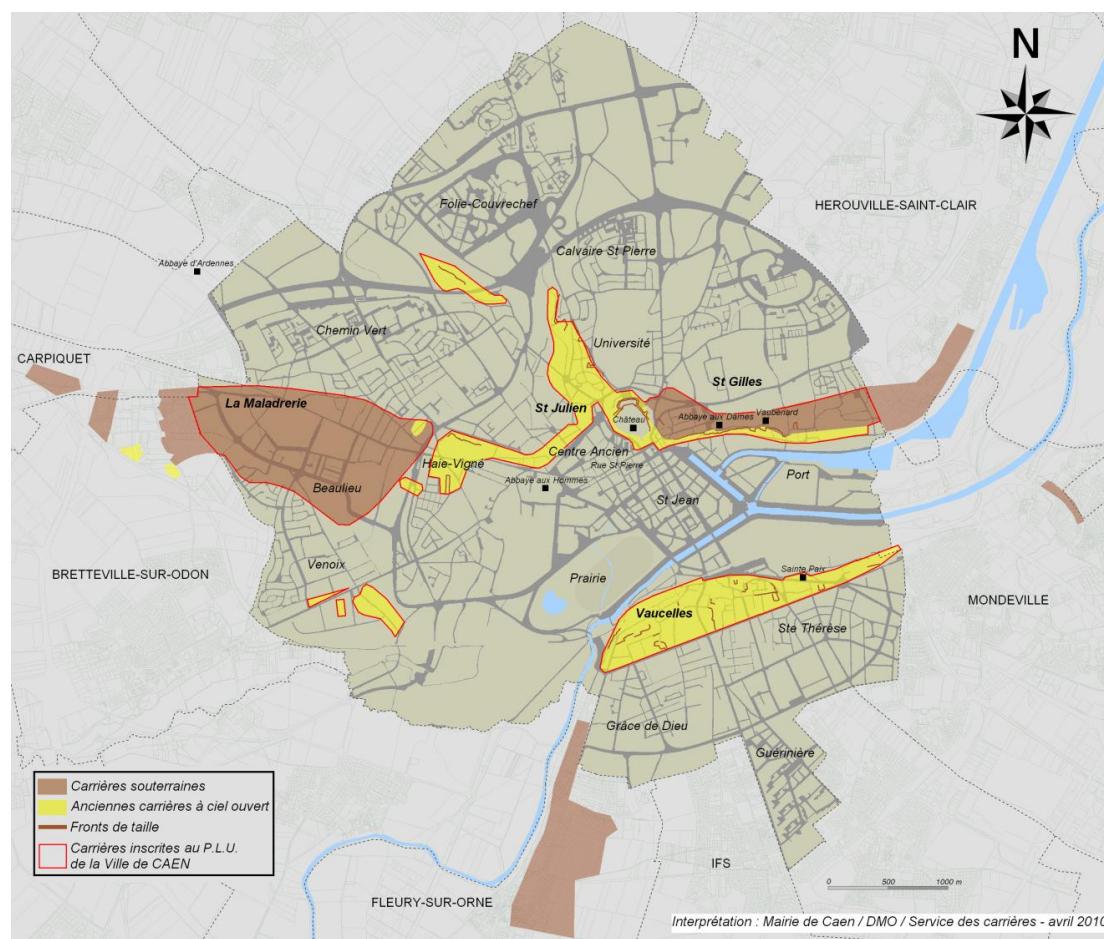


Illustration 1 – Principales carrières de la Ville de Caen et de sa périphérie (source : Service des carrières de la Ville de Caen)

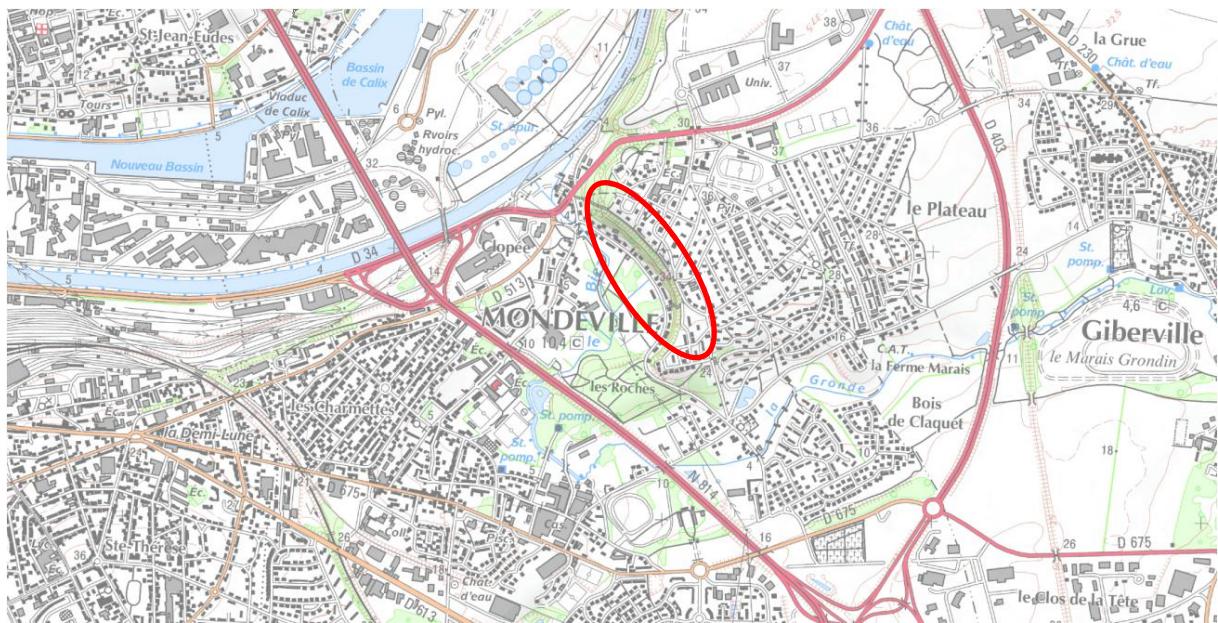
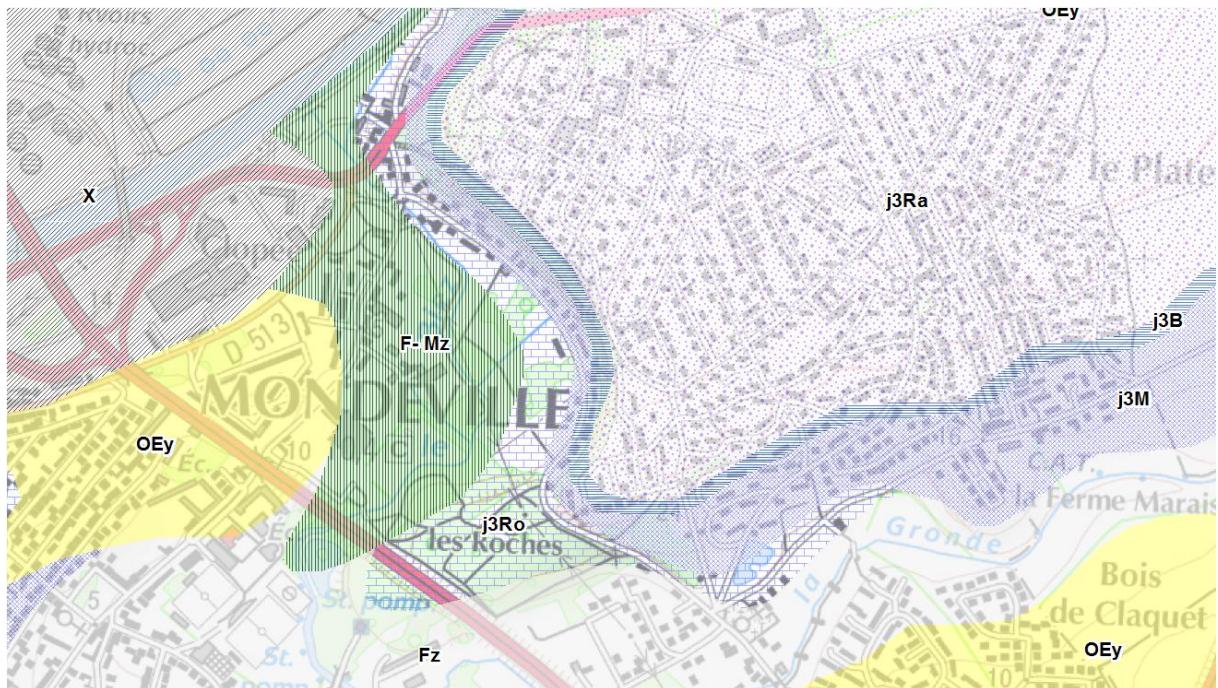


Illustration 2 - Localisation des carrières de la rue des Roches à Mondeville (fond IGN, scan 25)

b. Données géologiques et hydrogéologiques

Les carrières de la rue des Roches sont situées dans les niveaux du Bathonien moyen (Illustration 3).



Légende :

Legendes :

X - Dépot anthropique
Fz - Alluvions récentes

12 Alluvions récentes OEy - Loess weichséliens non carbonatés ou indifférenciés

F- Mz - Dépôts fluvio-marins

1-M2 Dépôts nivo-marin

3B - Caillasse de Blainville

j3M - Calcaires de Bon-Mesnil, de Blainville, de Ver et de Colombiers

Manuscript accepted 2019; available online 2019. © 2019 The Authors. *Journal of Paleontology* © 2019 Society of Paleontology and Mineralogy.

Le faciès exploité est vraisemblablement le Calcaire de Creuilly.

D'un point de vue hydrogéologique, le Bathonien constitue un aquifère qui est, d'après la notice de la carte géologique de Caen (feuille 120), directement alimenté par les pluies.

c. Connaissance des cavités

La base de données BDCAVITES (www.bdcavites.net) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que certains désordres qui y sont associés. Le résultat de son interrogation dans le secteur de la rue des Roches est présenté sur l'Illustration 4.

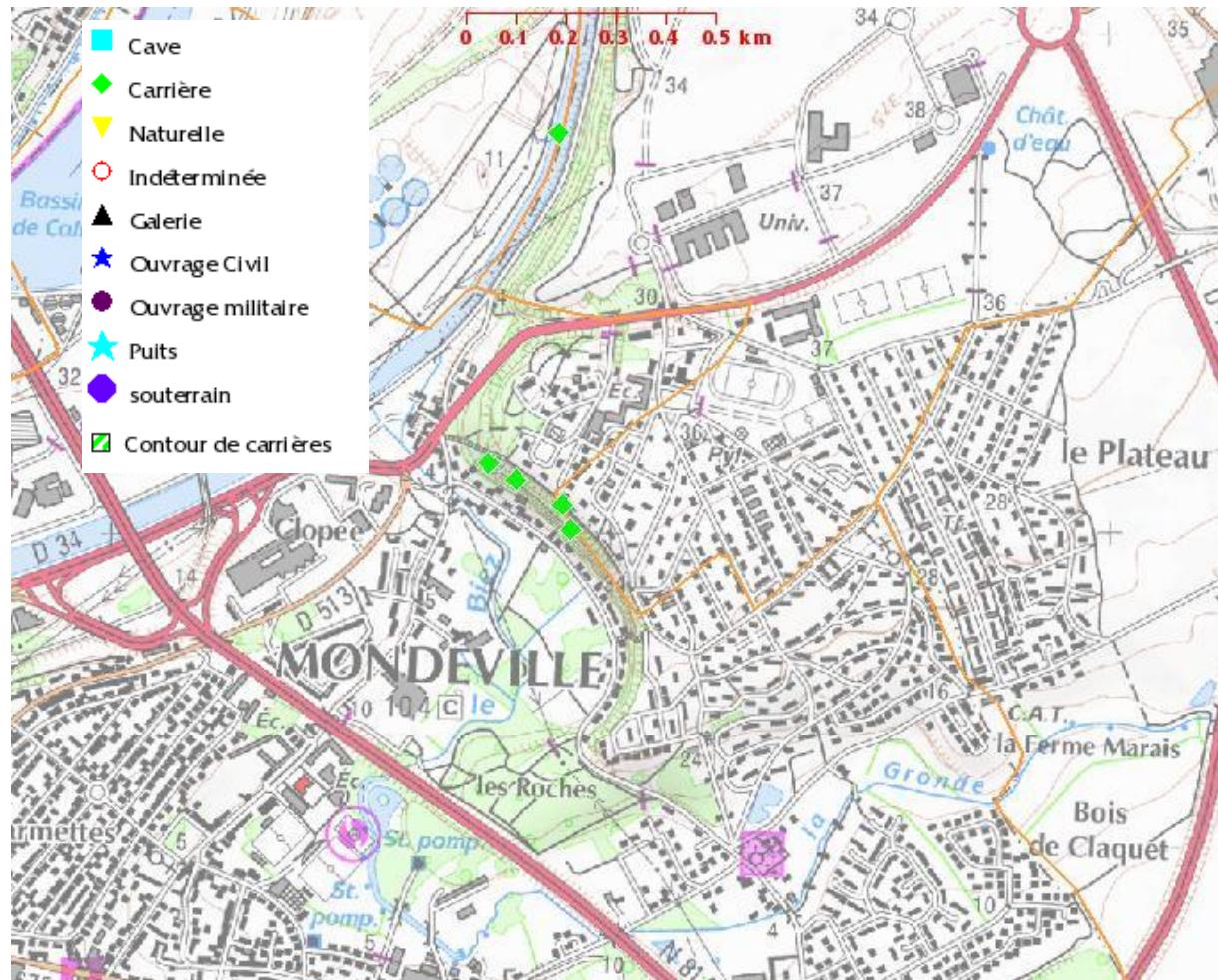


Illustration 4 – Recensement des cavités souterraines à proximité de la rue des Roches (www.georisques.fr)

d. Données historiques

D'après Dujardin et Butaeye (2009), les carrières de Mondeville pourraient dater de l'époque médiévale du fait de «leur dimension réduite et de leur morphologie particulière dépendant des discontinuités de la roche. La proximité de l'Orne en fait une source possible pour la pierre exportée en Angleterre à cette époque.»

Elles ont servi de refuge à des milliers de personnes pendant 6 semaines en 1944 et des commémorations y ont lieu.

e. Données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation

Aucune information complémentaire n'a pu être extraite de l'observation des différents supports cartographiques consultés (cadastre napoléonien, carte d'état-major, carte de Cassini). Par ailleurs, compte tenue de la topographie du site et de la présence de végétation, les photo-aériennes anciennes 'ont été d'aucune utilité.

f. Données géomécaniques

Des données géomécaniques existent probablement pour le calcaire de Creuilly mais celles-ci n'ont pas été récupérées dans le cadre de la présente étude.

3. DIAGNOSTIC

a. Investigations préliminaires

Une fois le site de Mondeville sélectionné dans le cadre de la présente étude, une première visite a eu lieu le 17/10/2014 de manière à confirmer la présence des carrières souterraines, leur accessibilité et d'identifier les environs du site. La totalité d'entre elles étant soit inaccessible (cadenassée, etc.) soit sur propriété privée, une première étape a consisté à identifier les propriétaires des terrains comprenant les différentes carrières. Pour cela, une rencontre avec la responsable du Service de l'Urbanisme de Mondeville a été organisé ; au cours de cette rencontre, le Service de l'Urbanisme a fourni au BRGM les adresses des différents propriétaires des parcelles identifiées. Par ailleurs, ce service disposait d'une carte papier de la localisation précise des cavités résultant de leviers réalisés par un géomètre (Illustration 5), permettant de confirmer la localisation et l'emprise des différentes cavités.

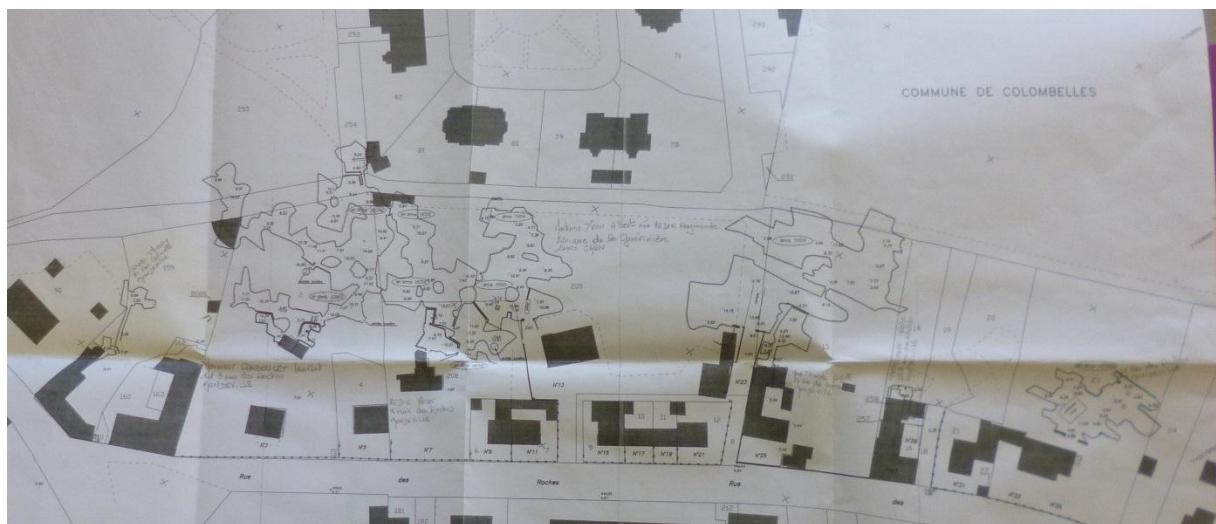


Illustration 5 – Photographie du plan des cavités de la rue des Roches à Mondeville

Suite à une demande réalisée auprès de la Société Geodis, celle-ci a fourni au BRGM les résultats du lever topographique des cavités présentes rue des Roches à Mondeville au format autocad. Ce lever date de 2003.

En parallèle, une recherche des numéros de téléphone des propriétaires sur les pages blanches s'est révélée dans la plupart des cas infructueuse et il a été décidé de faire

parvenir aux différents propriétaires un courrier. Grâce à ce courrier, le BRGM est entré en relation avec 4 propriétaires de cavité et a pu en visiter 2 (cf. tableau ci-dessous).

Num	Rue	Visite	Observation
70	rue Calmette		Aucun échange
3	rue des Roches		Aucun échange
7	rue des Roches	Visite réalisée le 12/11/2014	
13	rue des Roches		Echange eu avec un des propriétaires : visite non permise pour motif de problème de succession
23	rue des Roches		Echange eu avec un des propriétaires : visite non permise pour motif de problème de succession
25	rue des Roches		Visite autorisée mais date incompatible (propriétaire résidant au Havre)
33	rue des Roches	Visite réalisée le 28/10/2014	

Illustration 6 - Synthèse des échanges téléphoniques avec les propriétaires de la rue des Roches

Les deux cavités visitées sont entourées en rouge sur l'illustration 7.



Illustration 7 – Localisation des carrières de la rue des Roches et des zones visitées

b. Environnement de surface des carrières

La rue des Roches, située le long du Biez, longe un versant calcaire d'une trentaine de mètres de hauteur (Illustration 8). Ce versant est relativement redressé dans sa partie inférieure puis de pente moins importante et végétalisée dans sa partie supérieure (Illustration 9). Le massif est affecté par des fentes de décompression, nettement visibles au niveau de l'escalier qui permet de monter sur le coteau au sud de la zone concernée par les cavités (Illustration 10) et la roche est localement largement déstructurée (Illustration 11).



Illustration 8 – Vue d'ensemble de la rue des Roches (vers le nord)



Illustration 9 – Vue de face du coteau de la rue des Roches



Illustration 10 – Vue de profil du coteau et notamment des fentes de décompression du massif calcaire



Illustration 11 – Exemple d'état de fracturation de la roche (destructurée)

c. Inspection des souterrains du n°35 rue des Roches

L'entrée de la cavité située au 35 rue des Roches se fait derrière la maison d'habitation (Illustration 12).



Illustration 12 - Entrée de la cavité du 35 rue des roches

La cavité est de taille modeste (un peu moins de 400 m²) et présente des hauteurs maximales d'environ 5 m (Illustration 13).



Illustration 13 - Vue de la carrière du 35 rue des Roches

Elle consiste en une grande salle de laquelle partent de petites niches au niveau des zones fracturées. En effet, cette cavité est caractérisée par la présence de plusieurs fractures parallèles au versant (fentes de décompression du massif). Elles ont une ouverture d'environ 5 cm et sont espacées d'environ 4 m les unes des autres. Des piliers en béton confortant le toit de la carrière ont été réalisés lorsque la CNM utilisait cette cave comme cellier. On remarque notamment deux fractures situées entre deux piliers en fond de carrière (Illustration 14, Illustration 15 et Illustration 16)(.).



Illustration 14 – Fracture de décompression entre les deux piliers



Illustration 15 – Fracture de décompression en fond de cavité

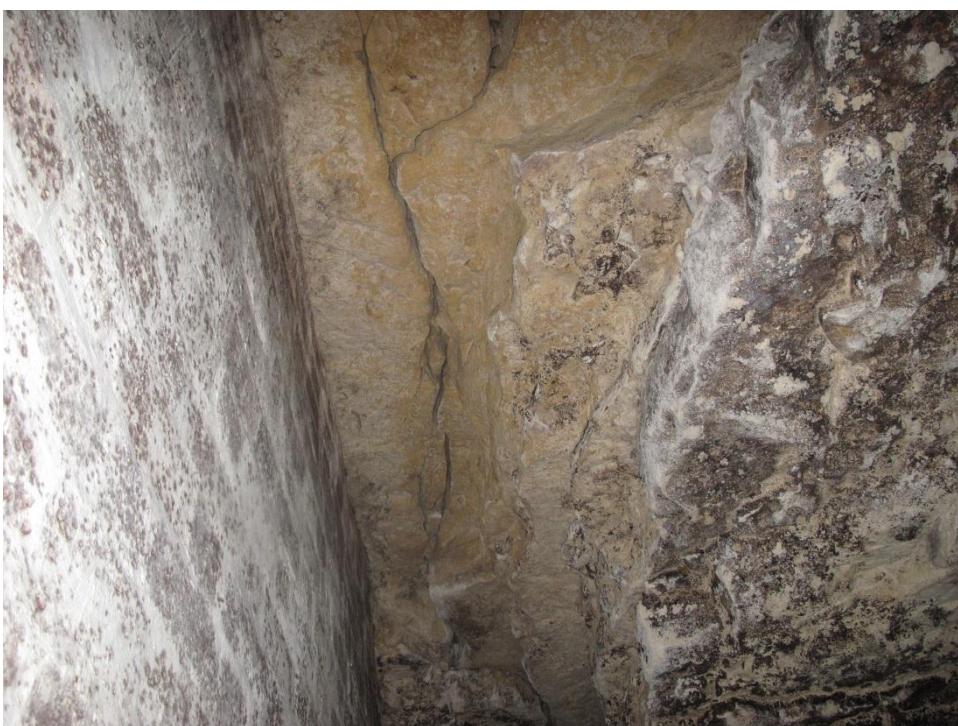


Illustration 16 - Zoom sur la fracture de décompression en fond de la cavité

Comme mentionné, le fond de la cavité est conforté par des piliers maçonnés mais le sommet de ces derniers n'est plus clavé au banc de toit, l'espace résiduel, haut d'au moins 5 cm, héberge chaque année, d'après la résidente, des chauves-souris. A noter qu'un des piliers n'est pas vertical (Illustration 17), il doit être fondé dans les remblais qui recouvrent le plancher de la carrière et ce dernier a dû tasser avec le temps, sous l'effet du poids du chargement du pilier et éventuellement sous celui des battements de la nappe phréatique

(consolidation). De plus, le premier banc de toit de la cavité semble se décoller localement, notamment au niveau des piliers.



Illustration 17 – Léger basculement du pilier



Illustration 18 – Confortement d'un banc de toit par des fers H et des boulons

Par ailleurs, il est à noter que la falaise du pied de versant présente quelques blocs susceptibles de se détacher dont un est situé au niveau de l'entrée (Illustration 19) et un deuxième dans la cour d'environ 3 m³, connu de la propriétaire (Illustration 20). De plus, comme le montre l'Illustration 9, la partie verticale du coteau présente un mur en tête qui est

en partie en surplomb (perte du sol d'assise). Ce mur pourrait à terme s'ébouler dans la cour de l'habitation.



Illustration 19 – Zoom sur l'entrée de la cavité du 35 rue des roches



Illustration 20 – Bloc en cours de désolidarisation du massif

d. Inspection des souterrains n°7 rue des Roches

L'entrée de la cavité du 7 rue des Roches est située dans le prolongement du chemin d'accès à l'habitation (Illustration 21).



Illustration 21 – Entrée de la cavité du 7 rue des Roches

Il s'agit d'une cavité plus profonde que celle du n°35 (un peu moins de 600 m²) qui communiquait initialement avec les cavités voisines mais dont les accès ont été murés. Cette cavité est constituée d'une première salle qui communique avec l'extérieur sur la gauche, vraisemblablement du fait d'un effondrement ancien. Cette première salle présente une ouverture sur la droite vers une salle annexe qui sert d'atelier. Après l'atelier, un deuxième passage vers la droite, s'ouvre sur une deuxième salle en étoile qui se prolonge par un couloir.

La première salle présente des hauteurs de vide comprises entre 2,3 et 4,5 m avec une hauteur de recouvrement moyenne estimée à 3 m à partir de la zone qui communique avec l'extérieur. La deuxième salle, quant à elle, présente des hauteurs fortement variables comprises entre 2,5 et 5 m. Dans cette seconde salle, les épaisseurs de recouvrement pourrait être de l'ordre d'une quinzaine à une vingtaine de mètres (d'après le Scan 25 de l'IGN). Le niveau du toit est hétérogène vraisemblablement du fait d'anciennes chutes des premiers bancs de toit.



Illustration 22 – Vue de la première salle sur le jour



Illustration 23 – Vue d'ensemble de la cavité (deuxième salle)

Cette cavité présente de nombreuses fractures qui correspondent aux fractures de décompression du massif mais également à des fissures mécaniques multidirectionnelles. Ainsi, de nombreux blocs semblent désolidarisés et susceptibles de chuter à partir du toit. Dans la première salle, une fracture d'environ 50 cm de large présente de nombreux blocs désolidarisés (Illustration 24). Le même type de configuration est également observé dans la seconde salle. Par ailleurs, le premier banc de toit est tombé localement (Illustration 25) mais a vraisemblablement déjà bougé dans de nombreux secteurs.

De plus, le passage entre les deux salles principales présente au niveau du toit un gros bloc susceptible de se détacher. Ce passage comporte des étais métalliques à vis (Illustration 26).

A noter que les piliers présentent des épaisseurs en pied relativement réduite du fait du mode d'exploitation mais également de l'écaillage.



Illustration 24 – Fracture avec blocs désolidarisés dans la première salle au niveau du toit



Illustration 25 – Chute du premier banc de toit dans la deuxième salle (en entrant à droite)

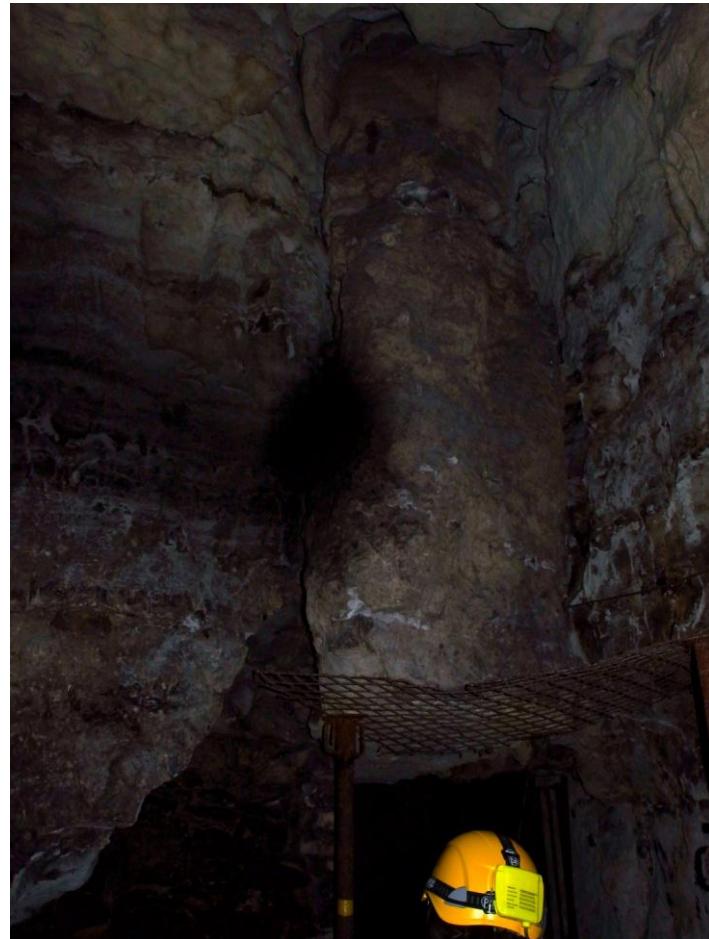


Illustration 26 – Passage entre la première et la deuxième salle

Compte tenues des observations réalisées, cette cavité semble dans un état de dégradation avancé, même si son évolution pourrait être relativement lente.

e. Autres observations

Autre aléa

A noter que lors de notre visite, plusieurs blocs susceptibles de se détacher ont été relevés au niveau du coteau (par exemple : Illustration 27 et Illustration 28).

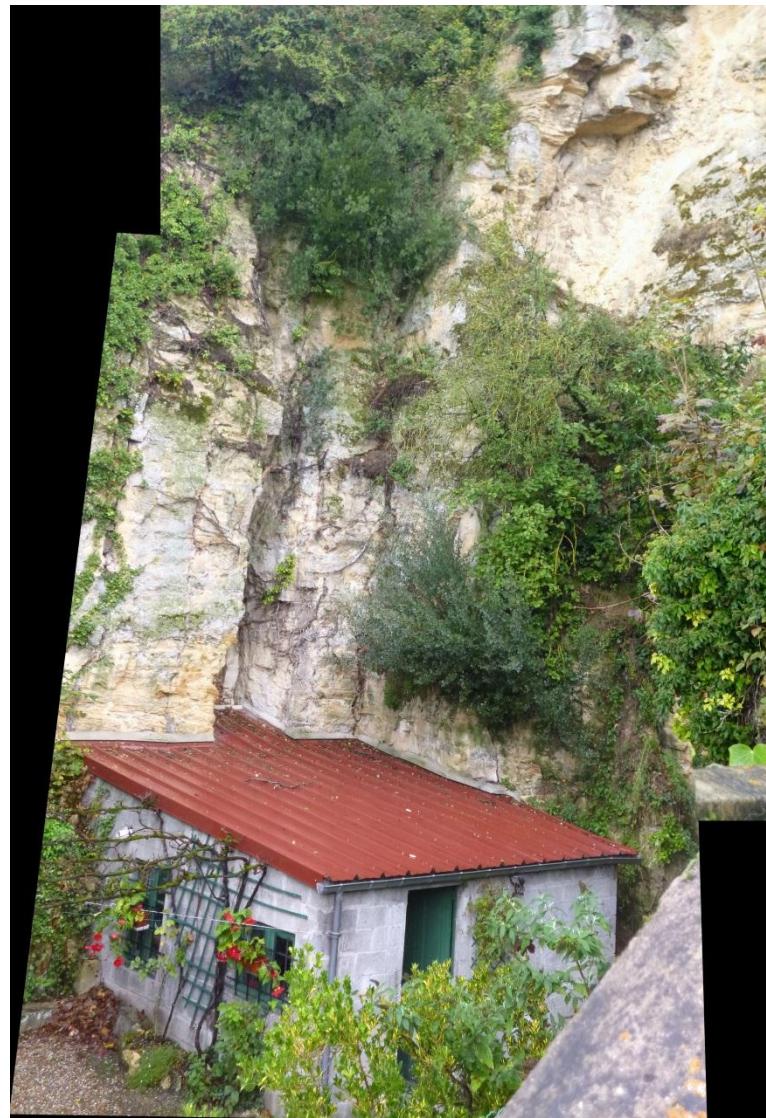


Illustration 27 – Bloc susceptible de se détacher en surplomb d'un appentis (au niveau du n°61)



Illustration 28 – Présence de bloc en surplomb au niveau du 45 rue des Roches

Données géomécaniques

Non collectées.

Chauves-souris

La carrière du n°35 héberge chaque année une petite colonie de chauves-souris. Lors de notre visite, un individu était présent.

Données acquises sur le long terme (suivi de l'évolution) : Visites régulières, Instrumentation

Néant

4. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS

Etant donné les observations réalisées lors des visites de terrain, ces cavités pourraient présenter :

- un aléa de chutes de blocs au niveau des zones de fractures (blocs désolidarisés) ;
- un risque de chute du premier banc de toit au niveau de la cavité du n°35 et des premiers bancs de toit au niveau de la cavité du n°7 ;

- un aléa effondrement plus généralisé du toit comme cela s'est vraisemblablement déjà produit au niveau de la cavité du n°7 (première salle) et au sud dans la rue.

Compte tenues de ces observations, il est recommandé :

- de poursuivre les visites des cavités de la rue des Roches (à noter que certaines autorisations d'accès nécessitent l'intervention de la mairie de Mondeville) ;
- de réaliser un diagnostic de niveau 3 ou 4 de ces cavités (connaissance des épaisseurs de recouvrement, modélisation, etc.) ;
- de réaliser un diagnostic de chute de blocs sur l'ensemble du coteau de la rue des Roches qui doit donner lieu à la mise en œuvre de solution de confortement ou purge des blocs instables.

Par ailleurs, en absence de diagnostic plus complet, il est recommandé :

- de réaliser un suivi régulier de l'état des cavités (tous les 2 ans dans un premier temps puis à redéfinir en fonction des évolutions constatées) ;
- d'utiliser la cavité du 7 rue des Roches uniquement à des fins de stockage et rangement de matériel avec une occupation très temporaire ;
- d'éviter d'utiliser l'appentis situé au n°61 de la rue des Roches.

5. BIBLIOGRAPHIE

Dujardin et Butaeye (2009) – Les réfugiés dans les carrières pendant la bataille de Caen juin-juillet 1944. Ouvrage aux éditions Ouest-France.

Annexe 4

Cavités de l'est de Conteville

Les cavités de l'est de Conteville

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'INTERVENTION

L'intervention au niveau des carrières de Conteville fait suite à la sélection des sites réalisée dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. Une visite sur site a été réalisée le 12/11/2014 en compagnie du propriétaire du terrain. Cette visite donne lieu à un prédiagnostic.

2. CONTEXTE DU SITE D'APRES LES DONNEES EXISTANTES

a. Situation géographique

Conteville est concernée par des entrées de carrières située sur un terrain arboré, à l'est de la commune (cercle rouge).

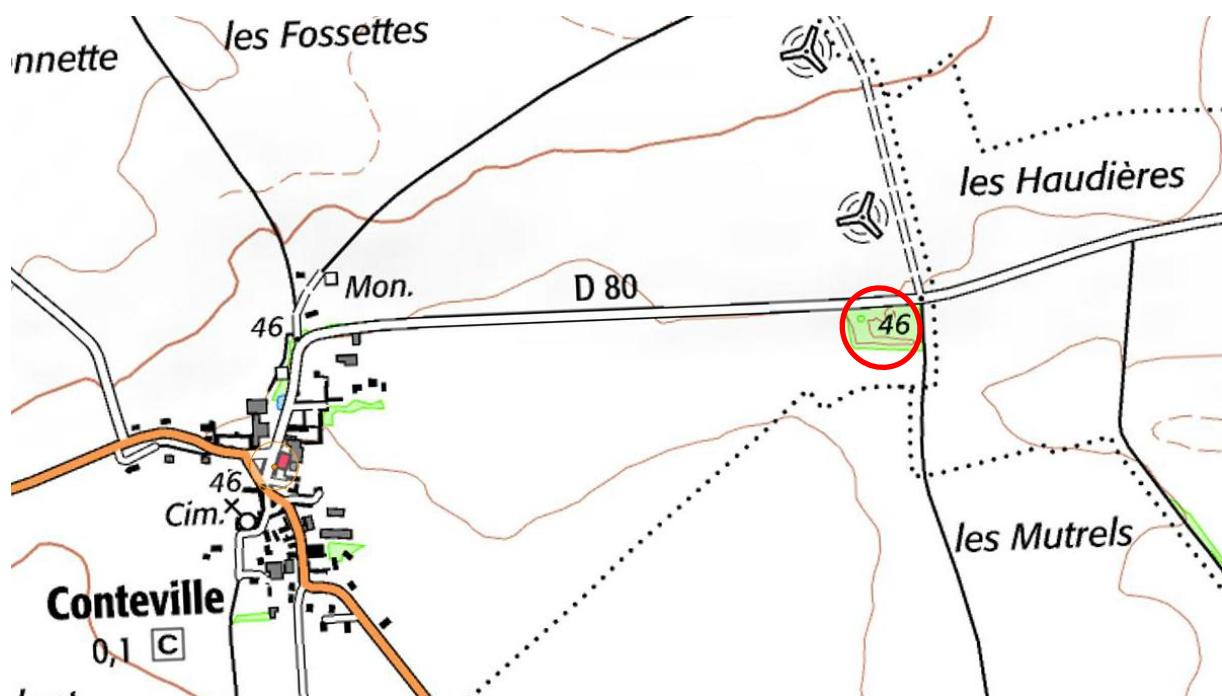


Illustration 1 - Localisation des entrées de cavités (cercle rouge) de l'est de Conteville (fond IGN, scan 25)

La parcelle cadastrale concernée par les entrées de cavités est la parcelle ZD 13.

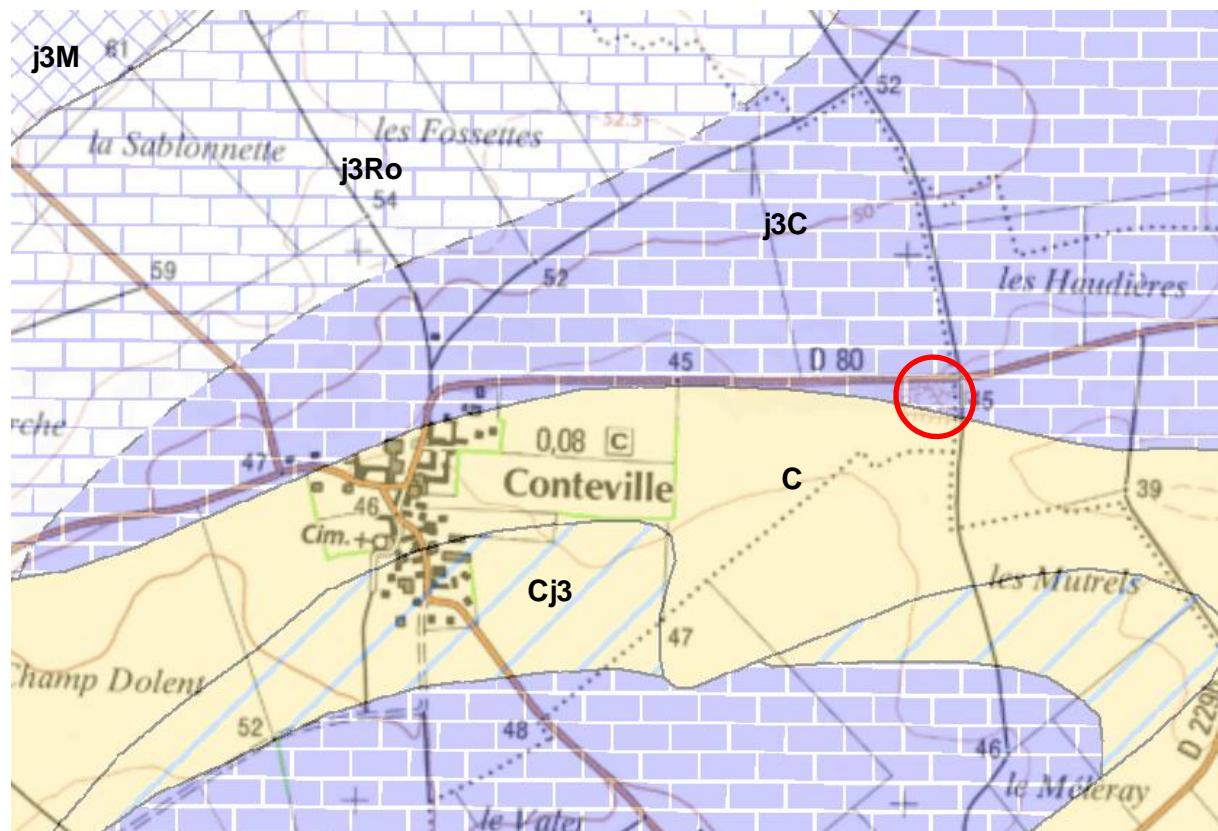


Illustration 2 – Parcellle cadastrale concernée par les entrées de cavités à l'est de Conteville (source : <http://www.cadastre.gouv.fr>)

b. Données géologiques et hydrogéologiques

Les carrières de l'est de Conteville sont situées dans les niveaux du Bathonien moyen (Illustration 3). Le faciès exploité est vraisemblablement le calcaire de Caen.

D'un point de vue hydrogéologique, le Bathonien constitue un aquifère qui est, d'après la notice de la carte géologique de Caen (feuille 120), directement alimenté par les pluies.



Légende :

- C - Colluvions indifférenciées
- Cj3 - Colluvions dérivées du Bathonien
- j3M - Calcaires de Bon-Mesnil, de Blainville, de Ver et de Colombelles
- j3Ro - Calcaires de Rouvres, de Creully, de Saint-Pierre-du-Mont
- j3C - Calcaire de Caen

Illustration 3 – Carte géologique harmonisée au niveau de Conteville

c. Connaissance des cavités

La base de données BDCAVITES (www.bdcavites.net) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que certains désordres qui y sont associés. Le résultat de son interrogation au niveau de Conteville est présenté sur l'Illustration 4. Une seule cavité est mentionnée sur cette commune située à l'est (cavité visitée) mais la commune est mentionnée comme présentant d'autres cavités non cartographiables.

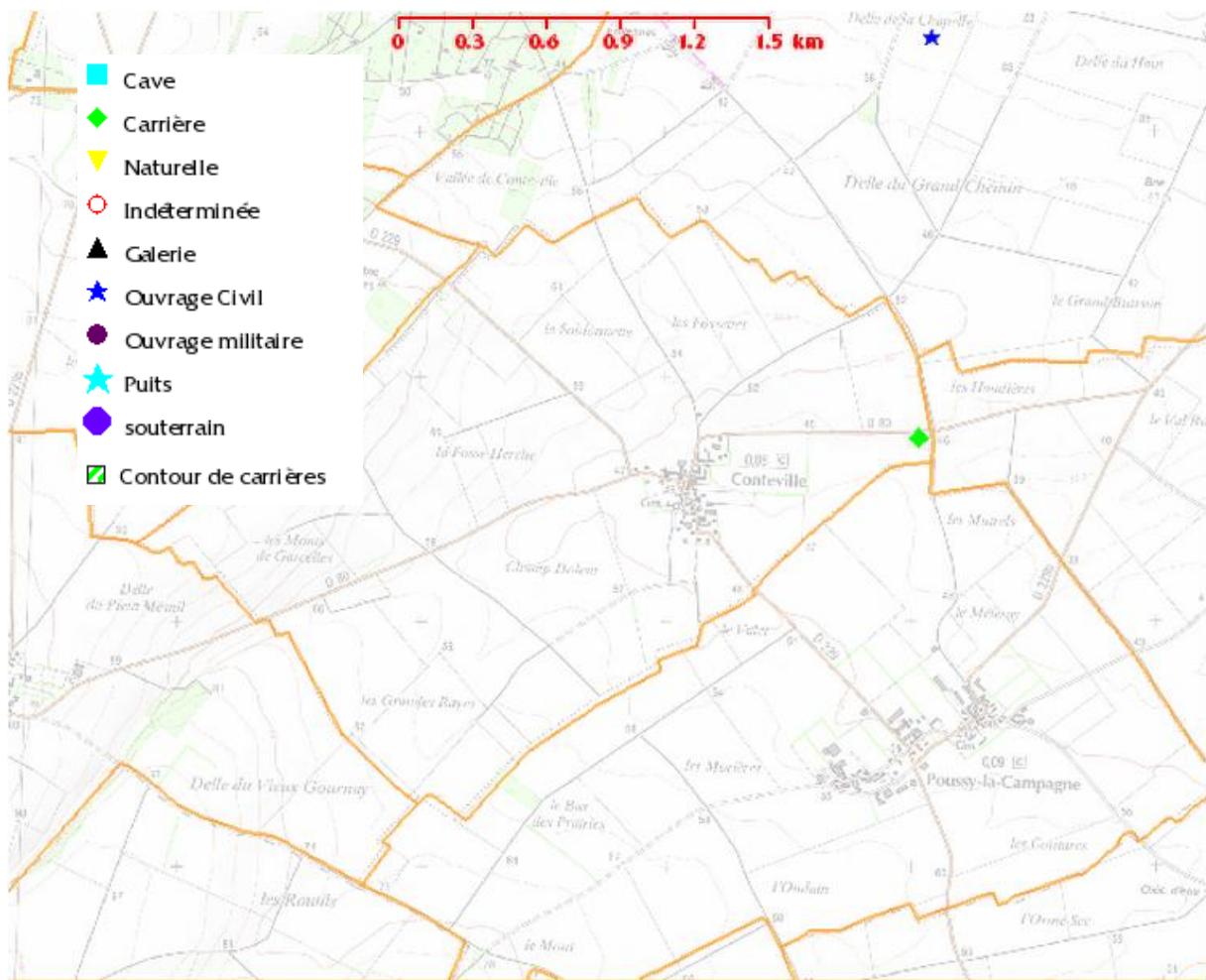


Illustration 4 – Recensement des cavités souterraines sur la commune de Conteville
(www.georisques.fr)

d. Données historiques

Aucune information n'a été retrouvée mais ces cavités pourraient dater du Moyen-âge. D'après le propriétaire du site, ces cavités ont fait l'objet de recherche archéologique dans les années 2000/2004 (équipe de Mr Dujardin), ce qui a pu être confirmé sur place par la présence d'une ancienne fouille archéologique. Ainsi, il est vraisemblable que des données historiques existent pour ces cavités auprès notamment des archéologues.

e. Données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation

Le cadastre napoléonien consulté en ligne sur le site des archives départementales du Calvados mentionne la présence de carrières de l'autre côté de la RD80, « Sur les carrières » (Illustration 5). La carte de Cassini ne fournit aucun renseignements complémentaires alors les cartes d'Etat major pourraient suggérer la présence de descenderie de l'autre côté de la RD80 (Illustration 6). Les anciennes photographies aériennes montrent d'ailleurs à cet emplacement des espaces boisés qui pourraient correspondre à ces descenderies (Illustration 7). Celles-ci sont visibles sur les anciennes photographies jusqu'à celle de 1984 mais ne figurent presque plus car remblayée sur celle de 1991 (Illustration 8) en encore moins sur les plus orthophotographies plus contemporaines (Illustration 9).



Illustration 5 – Extrait du cadastre napoléonien (1912-1929), section A, au niveau des entrées de cavités situées à l'est de Conteville (source : archives numériques des archives départementales du Calvados)



Illustration 6 – Extrait de la carte d'état major sur la commune de Conteville (source : www.geoportail.fr)



Illustration 7 – Extrait d'une photographie aérienne de 1955 (source : www.geoportail.fr)



Illustration 8 - Extrait d'une photographie aérienne de 1991 (source : www.geoportail.fr)

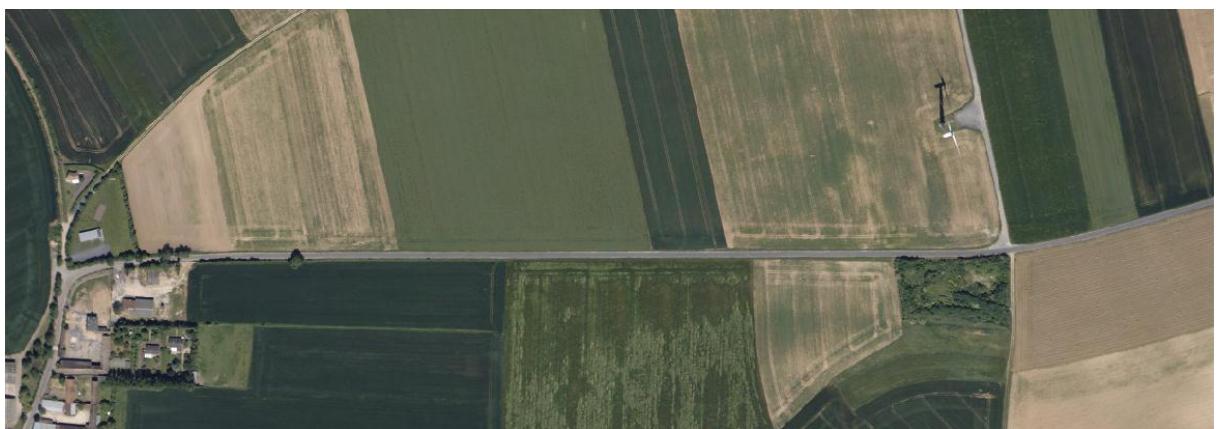


Illustration 9 - Extrait de la BDORTHO 2012 (source : IGN)

f. Données géomécaniques

La fiche suivante fournit quelques caractéristiques concernant la Pierre de Caen (banc royal au niveau de la Maladrerie). A noter que d'après le Service des carrières de la Ville de Caen, la porosité du calcaire de Caen diminue en direction de Falaise et vaut environ 11 % dans les carrières de Saint Pierre Canivet / Aubigny (contre 20 à 25 % dans les carrières de Caen comme la Maladrerie).

- COMPOSITION CHIMIQUE.

Le calcaire de Caen se compose de gaz carbonique et de chaux (carbonate de chaux CACO 3) et d'une faible quantité d'argile.

La teneur en calcaire dépasse généralement 90 %.

Le calcaire de CAEN apparaît comme une roche sédimentaire, formée de fins débris triturés et composés de tests d'invertébrés marins, cimentés par de la calcite micro ou crypto cristalline dans les couches moyennes et supérieures ou par de la pâte argileuse dans les couches inférieures.

- CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES.

- Porosité moyenne : 25 % à 27 %
- Mesures aux ultrasons : Moyenne 2500 m/s à 2700 m/s.
- Masse volumique réelle : 1,96
- Masse volumique humide : 2,27
- Teneur en eau naturelle : 15,4

RC sec. Résistance à la compression : 15 MPa soit 150 bars.

RC humide. Résistance à la compression : 6 MPa soit 60 bars.

Résistance à la rupture en flexion : 0,54 MPa soit 5,4 bars.

Coefficient d'absorption :
0,76.

Gélivité : L'essai de gélivité consiste en cycle gel/dégel (24 h) avec teneur en eau maxi gel à l'air en chambre froide à - 5 °c. Dégel jusqu'à + 12 °C : Nombre de cycles avant altération visible : 30.

* NOTA : Caractéristiques moyennes du banc royal (Carrières de la Maladrerie. Essais C.E.B.T.P).

3. DIAGNOSTIC

Dans le cadre de la présente étude, la visite a porté sur les entrées de cavités situées au sud de la RD80. Cette visite a eu lieu le 12/11/2014 en compagnie du propriétaire du terrain et d'un résident voisin.

a. Environnement de surface des carrières

L'entrée se fait actuellement immédiatement au sud de la RD80. Le terrain concerné est un terrain en partie en friche et en partie planté et comporte de deux descenderies (Illustration 11 et Illustration 11). Seule l'une d'entre elle (celle de gauche sur l'illustration) a été visitée. De l'autre côté de la RD80 se trouve un champ cultivé sur lequel sont implantées des éoliennes (Illustration 12).



Illustration 10 – Photoaérienne au niveau de la parcelle cadastrale ZD13 (source : googlemaps)



Illustration 11 – Terrain au sud de la RD80 accueillant les entrées de cavité



Illustration 12 – Champs cultivé avec éoliennes

b. Inspection des souterrains

L'entrée se fait en face de la RD80 au niveau d'un chemin en pente raide qui a fait l'objet d'un débroussaillage par le propriétaire avant notre venue. Cette entrée est constituée de 3 ouvertures basses donnant sur trois cavités distinctes (la cavité de l'ouest et la cavité centrale communiquent vraisemblablement). Les trois cavités ont été visitées de l'est vers l'ouest. Afin de sécuriser ces visites et compte tenu de l'état des cavités, une personne est restée à l'extérieur pour pouvoir donner l'alerte en cas d'incident.



Illustration 13 – Entrée des cavités de Conteville

Le toit de la cavité est caractérisé par un niveau calcaire hétérogène présentant de nombreux rognons de silex. Ces rognons se retrouvent également au sol car ils sont souvent les premiers à se détacher du toit.



Illustration 14 – Présence de rognons de silex au toit de la cavité

Les cavités présentent une faible hauteur de vide comprise entre 0 et 2,7 m au maximum. Les différences de hauteurs sont dues à la présence de remblais au sol mais également aux chutes des premiers bancs de toit. Au niveau de l'entrée, la hauteur de recouvrement a été estimée à un peu moins de 3 m. La géométrie n'a pas été levée avec précision car celle-ci avait fait l'objet d'un lever dans les années 2000/2004 lors des fouilles archéologiques. Les plans sont vraisemblablement disponibles auprès du propriétaire du site. Nous avons toutefois reporté les levers réalisés sur un plan (Illustration 24).

La première cavité (à l'est) présente une profondeur d'une vingtaine de mètre selon la direction N60° et une largeur d'environ 25 m. Sa hauteur moyenne des vides vaut 1,2 m à 1,5 m (Illustration 15). Cette salle présente 3 piliers de section comprise entre 0,4 m² et 1 m² ainsi qu'un pilier reconstitué (en pierre sèche). Dans la partie centrale de cette cavité est tombé le premier banc de toit d'environ 50 cm d'épaisseur. Le toit de la cavité (notamment au niveau de l'entrée) est caractérisé par de nombreux signes de décollement des premiers bancs de toit (Illustration 17).



Illustration 15 – Vue de la cavité la plus à l'est



Illustration 16 – Chute du premier banc de toit dans la cavité est



Illustration 17 – Plusieurs niveaux de décollement des premiers bancs de toit

La cavité centrale présente une vaste salle d'environ 42 m (dans la direction N160 °) sur 18 m et une hauteur moyenne de 1,4 m. Cette salle conserve, non loin de l'entrée, la trace de fouilles archéologiques. Elle compte sept piliers de 1 m² au maximum. On y constate de nombreuses chutes du premier banc de toit (Illustration 19) ainsi qu'une remontée de voûte au niveau de laquelle le sol est surélevé du fait de la présence des premiers bancs de toit au sol. Le toit y est friable et peu stable (Illustration 20). Cette remontée de voûte paraît toutefois assez ancienne comme en témoigne la présence d'inscription (datant *a minima* de 1859).



Illustration 18 – Vue de la cavité centrale et des traces des anciennes fouilles archéologiques



Illustration 19 – Chutes de blocs en provenance du premier banc de toit dans la cavité centrale



Illustration 20 – Remontée de cloche de fontis dans la deuxième salle

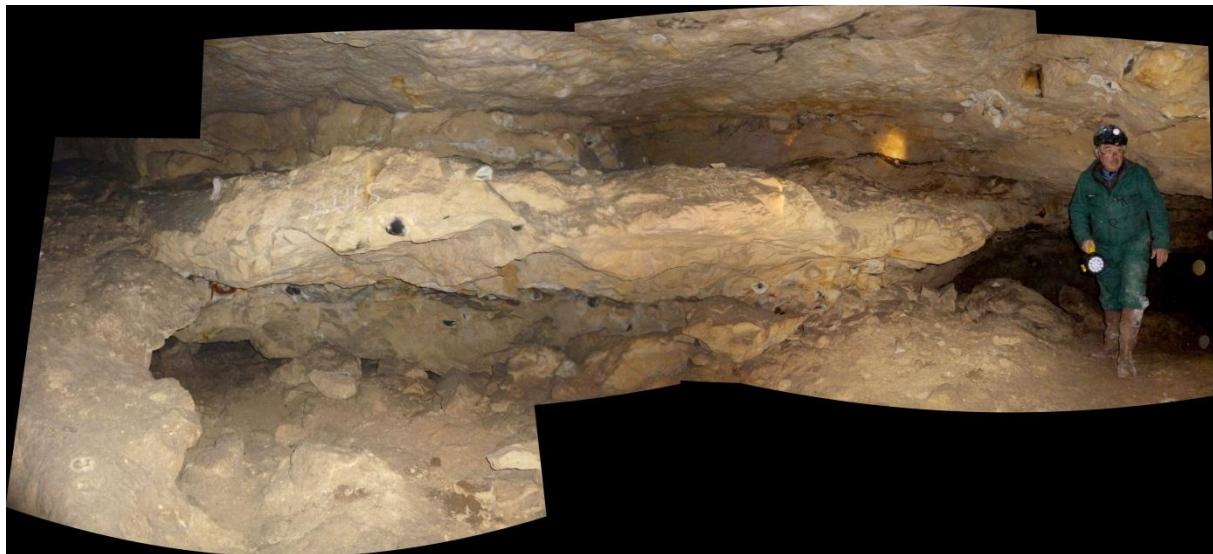


Illustration 21 – Chute des premiers bancs de toit dans la cavité centrale

La troisième cavité, qui part vers l'ouest vraisemblablement sous la chaussée, est constituée d'un couloir de plus de 70 m de long et présente également des blocs au sol en provenance du premier banc de toit, une fracturation du toit et également une remontée de voûte. Compte tenu des conditions d'accès difficiles, la cavité n'a pu être visitée dans sa totalité et il est possible qu'elle rejoigne des cavités au nord de la RD80.



Illustration 22 – Chute de bancs de toit et remontée de voûte dans la troisième cavité (à l'ouest)



Illustration 23 – Chute de bancs de toit et fracturation du toit dans la troisième cavité (à l'ouest)

c. Traitement des données géométriques et physiques

L'Illustration 24 fournit un aperçu très approximatif de l'extension des cavités visitées. D'après cette cartographie, il est très vraisemblablement que ces cavités passent sous la chaussée. D'après celle-ci, ces cavités pourraient représenter environ 1500 m² soit un peu moins de 2500 m³.

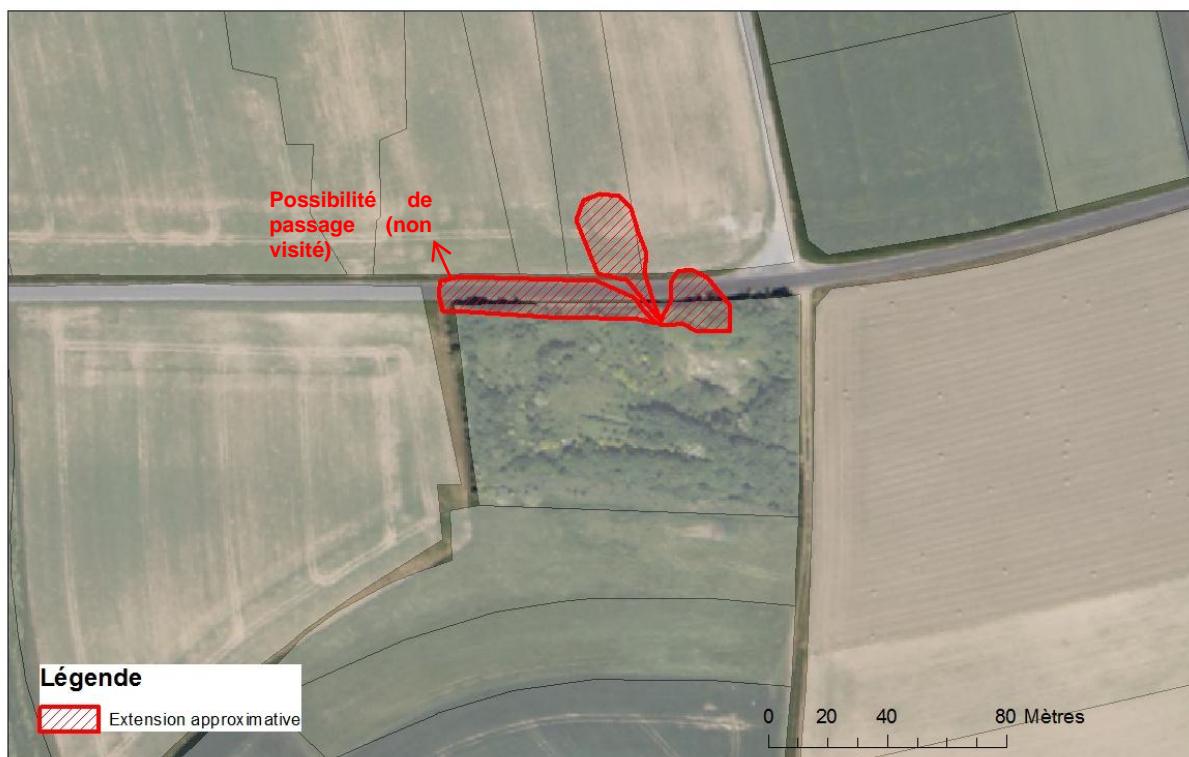


Illustration 24 – Extension approximative des cavités à l'est de Conteville

L'ensemble des cavités visitées peut être le siège de fontis remontant jusqu'à la surface et dont le diamètre pourrait atteindre 9/10 m pour les deux premières salles (à partir de l'est) et 5/6 m pour la troisième salle (à l'ouest).

d. Autres observations

Visite

D'après le propriétaire du terrain, ces cavités ont fait l'objet de visites de personnes non autorisées sur ce site privé.

Tassements

Le champ cultivé au nord de la RD80 est affecté de cuvettes de tassement ou d'affaissement (Illustration 25).



Illustration 25 – Cuvette d'affaissement ou de tassement sur le champs cultivé

De même, la chaussée présente une petite dénivellation au niveau de la limite ouest de la parcelle cadastrale ZD13 (soit au niveau de la zone fracturée de la cavité de l'ouest).

Données géomécaniques

Non collectées.

Chauves-souris

Un individu a été vu lors de notre visite.

Données acquises sur le long terme (suivi de l'évolution) : Visites régulières, Instrumentation

Néant

4. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS

Compte tenues des observations réalisées, les cavités visitées à l'est de Conteville présentent un état de dégradation avancé même si leur évolution serait, selon le témoignage du propriétaire, relativement lente (il jouait dans ces cavités étant petit). Ces cavités sont localisées *a priori* en partie sous la RD80 qui est par ailleurs affectée par une petite dénivellation au niveau de la zone potentiellement sous-cavée.

Compte tenu de ces éléments, il est recommandé de mettre en œuvre des solutions de confortement de manière à prévenir l'apparition, au niveau de la chaussée de la RD.80, de fontis ou plus probablement d'un seuil de quelques décimètres (affaissement dissymétrique). Compte tenu de l'état du toit des cavités, il ne paraît pas approprié de prévoir de nouvelles inspections visuelles de ces cavités à l'exception d'une visite qui consisterait à réaliser un levé plus précis de l'emprise de ces cavités (si le lever réalisé dans le cadre des fouilles archéologiques n'est pas récupéré). Compte tenu de la profondeur de ces cavités, des méthodes géophysiques pourraient également être envisagées afin de déterminer leur emprise sous chaussée. Il est par ailleurs recommandé de ne pas se rendre dans ces cavités et d'ajouter un panneau à l'entrée du site informant du risque encouru lors d'une visite de ces cavités.

Annexe 5

Cavités de Fleury-sur-Orne

Les carrières de Fleury-sur-Orne

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'INTERVENTION

L'examen préliminaire des carrières de Fleury-sur-Orne fait suite à la sélection des sites réalisée dans le cadre de l'étude sur le vieillissement des carrières de Basse Normandie. En effet, les carrières de Fleury-sur-Orne se situent pour l'essentiel sous des zones urbanisées ou en cours d'urbanisation.

Cette étude a pour objectif de réaliser un pré-diagnostic du site sur les secteurs dits à enjeux. Elle s'est appuyée sur l'étude de documents existants et sur des visites de terrain réalisées les 28/10/2014, 30/10/2014 et 12/11/2014.

2. CONTEXTE DU SITE D'APRES LES DONNEES EXISTANTES

a. Situation géographique

L'illustration 1 montre une situation générale de l'ensemble des carrières dont nous avons connaissance sur Fleury-sur-Orne. A noter que certains secteurs avérés de carrière ne figurent sur aucun des plans à notre disposition. La dénomination des carrières a été reprise de celle trouvée dans Dujardin et Butaeye (2009).

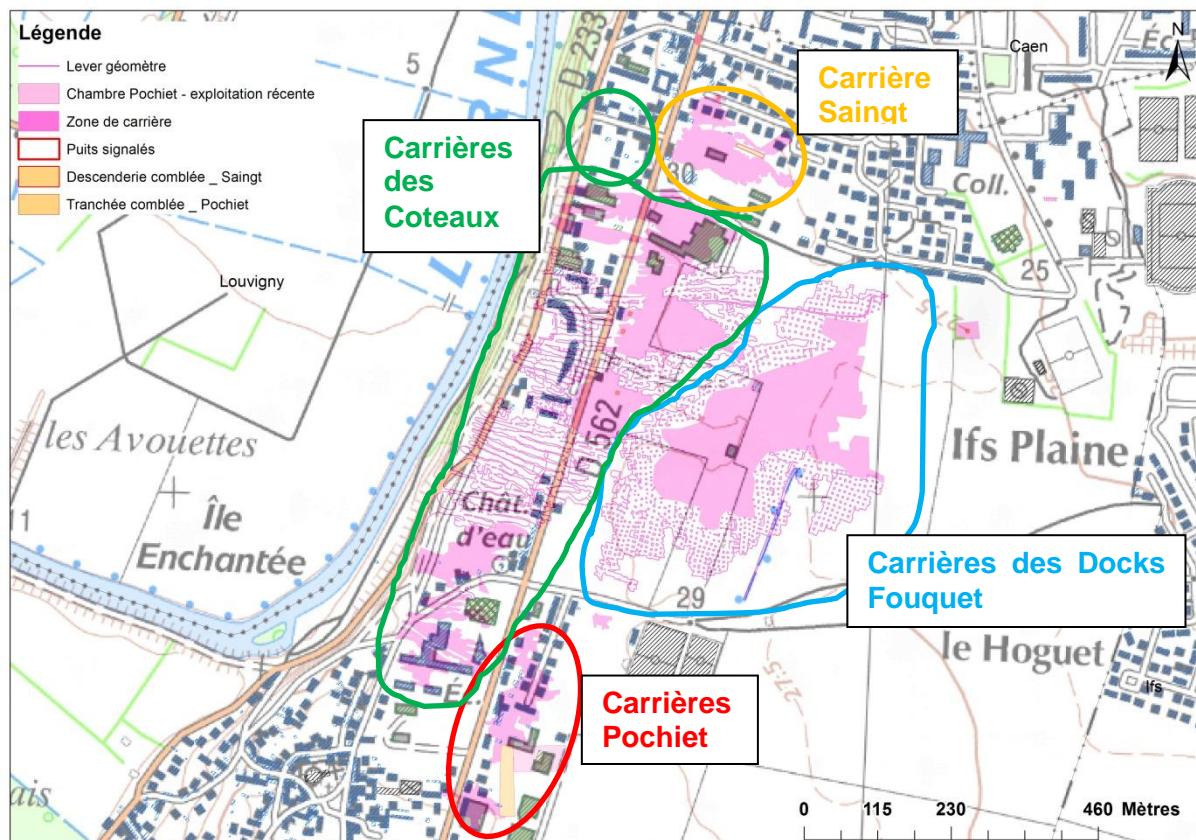


Illustration 1 - Plan de situation des carrières de Fleury-sur-Orne (fond IGN, scan 25)

b. Données géologiques et hydrogéologiques

D'un point de vue géologique, le secteur est concerné par les formations jurassiques du Bathonien moyen. Les carrières de Fleury-sur-Orne ont exploité les Calcaires de Caen (Illustration 2).

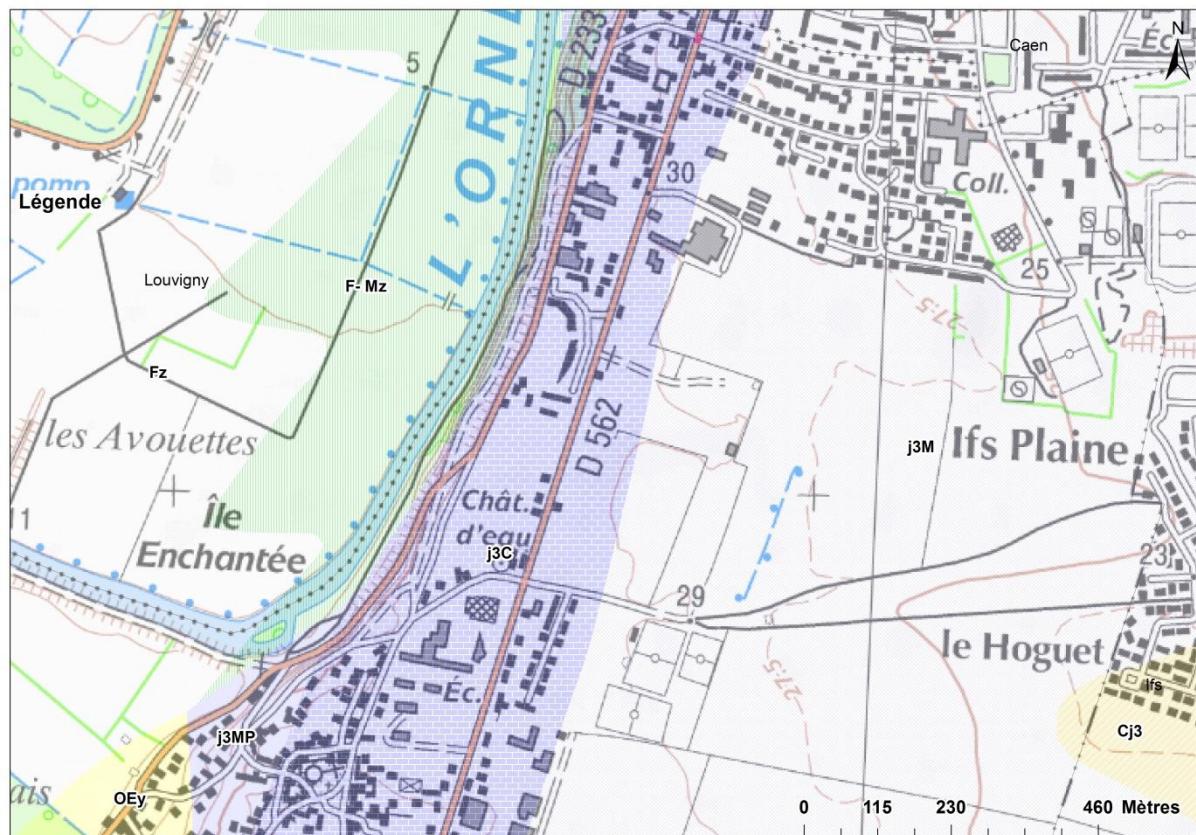


Illustration 2 –Carte géologique harmonisée au niveau de Fleury-sur-Orne

D'un point de vue hydrogéologique, le Bathonien constitue un aquifère qui est, d'après la notice de la carte géologique de Caen (feuille 120), directement alimenté par les pluies.

c. Connaissance des cavités

La commune de Fleury-sur-Orne est concernée par des carrières souterraines sur une partie importante de son territoire. Les accès se font le long de l'Orne pour les exploitations les plus anciennes et par puits ou descenderie pour les carrières situées sous les plaines, à distance des coteaux de l'Orne. Il existe quelques communications qui relient ces différentes exploitations.

La base de données BDCAVITES (www.bdcavites.net) enregistre à l'échelle nationale les informations disponibles concernant les cavités naturelles ou anthropiques, ainsi que

certains désordres qui leur sont associés. Le résultat de son interrogation sur la commune de Fleury-sur-Orne est présenté sur l'Illustration 3.

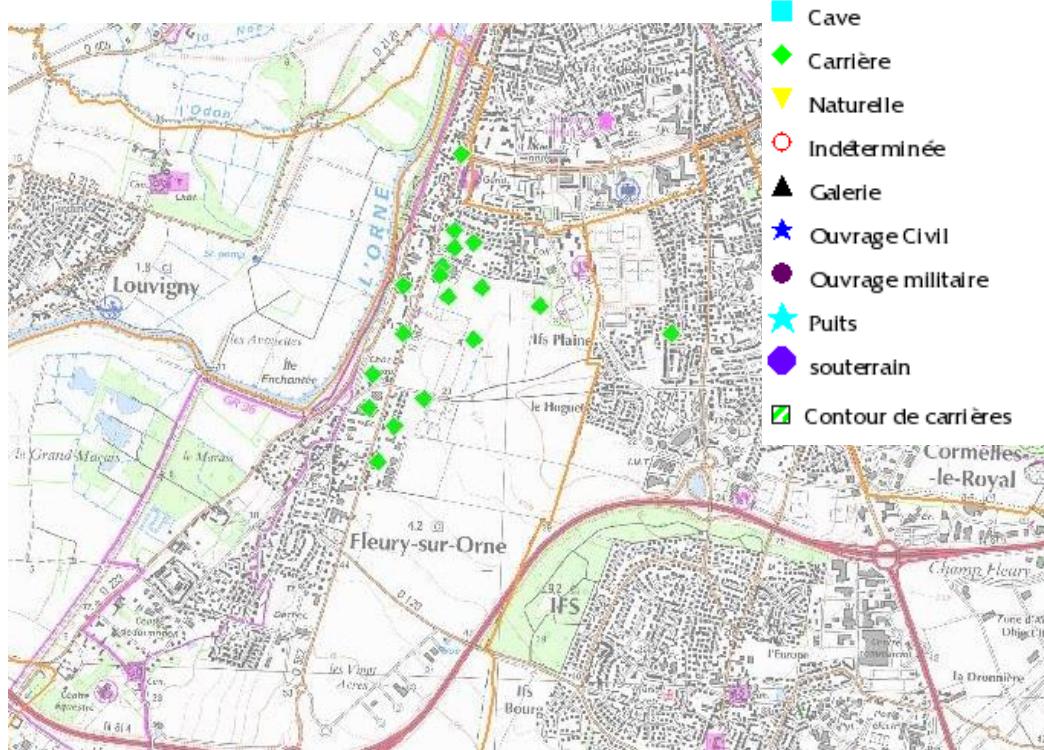


Illustration 3 – Recensement des cavités souterraines à proximité du Bois de la Garenne
www.georisques.fr

Le Service des carrières de la Ville de Caen (SCVC) a réalisé pour les communes du pourtour de Caen des cartographies de zone de présomption de présence de carrières (Illustration 4).

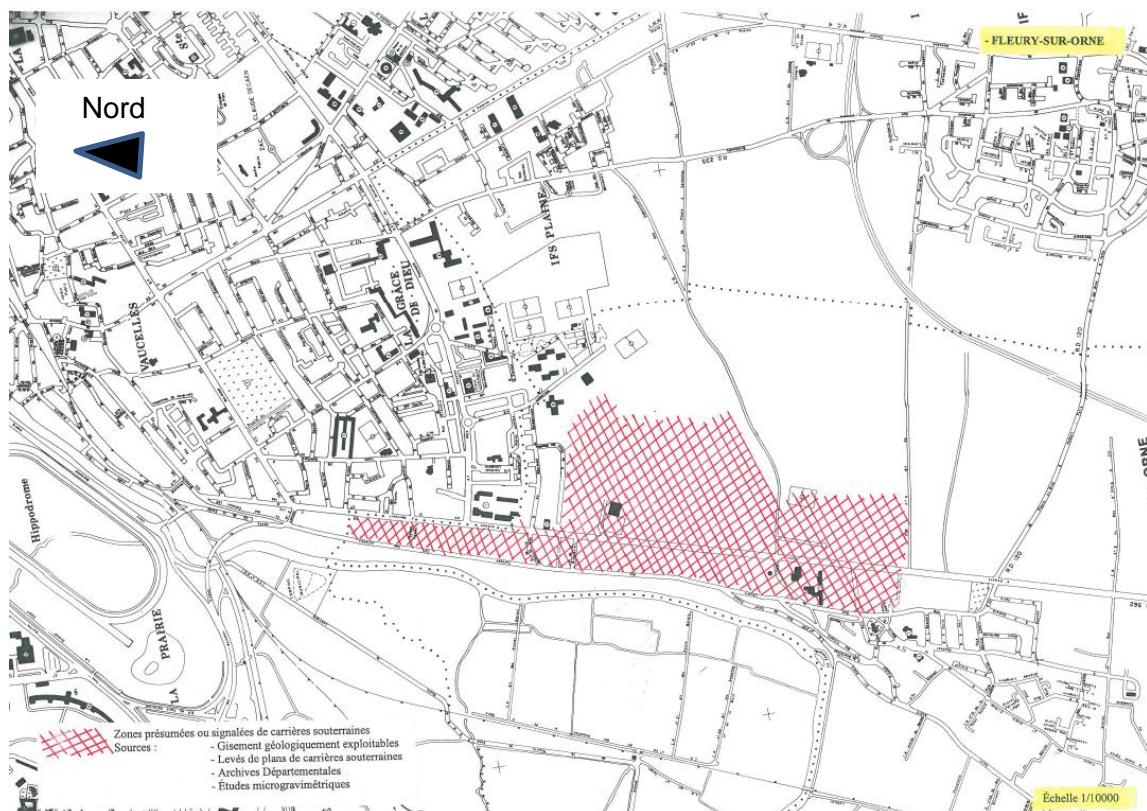


Illustration 4 - Zones présumées ou signalées de carrières souterraines (source : SCVC)

A noter que les deux illustrations précédentes suggèrent qu'il existe des carrières au nord de la carrière de Saingt (*a minima* la carrière référencée BNOAA0004350 dans la BDCavité). Cette carrière n'a pas été visitée dans le cadre de la présente étude.

Etude géotechnique de TECHSOL (1990)

Le document de présentation de la zone d'aménagement des Hauts de l'Orne mentionne l'existence d'une étude géotechnique réalisée en 1990 (TECHSOL). Le BRGM n'a pas eu accès à celle-ci. D'après le document, cette étude a abouti à un état des lieux sommaire des risques :

- « Zone de risque de création de fontis, effondrements, renversements : ces zones excluent les constructions. Elles peuvent présenter, sur certains secteurs, un risque d'apparition de fontis, incompatible avec un usage public (secteur A et B) ;
- Zone de risque limité, compatible avec des constructions de faible charge au sol : elles correspondent aux zones de carrière exploitées de manière traditionnelle depuis le 18^{ème} siècle, dont l'état général est sain, et sur lesquelles il est possible de construire des bâtiments à structure légère, sans travaux lourds de confortement. Des précautions sont à prendre néanmoins (zone D, E et F).
- Zone de carrières à ciel ouvert remblayées : possibilité sur ces zones, de déblais dans l'optique de comblements ponctuels de galeries fragilisées, pour minimiser les transports de matériaux et l'énergie associée (zone C). »

Une synthèse des résultats est fournie sur l'Illustration 5. Par ailleurs, d'après le document de présentation de la ZAC des Hauts de l'Orne, la commune de Fleury-sur-Orne ferait l'objet d'un plan d'exposition aux risques mouvement de terrain. Nous n'avons pas connaissance d'un tel document et d'après Primnet (« ma commune »), Fleury-sur-Orne est uniquement concerné par un PPR inondation.

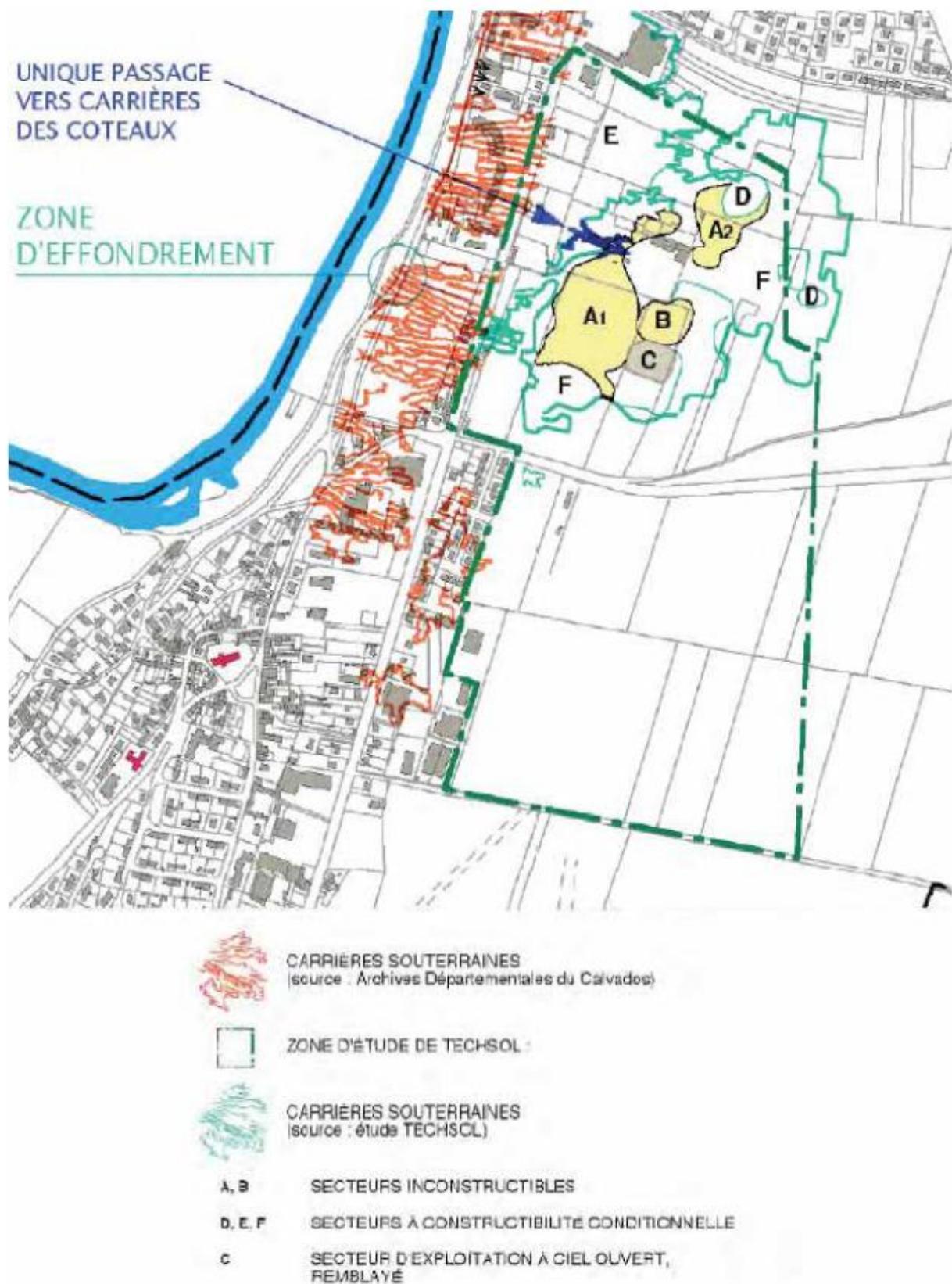


Illustration 5 – Extrait des résultats de l'étude TECHSOL (source : document de présentation de la ZAC des Hauts de l'Orne)

d. Données historiques

Ce paragraphe fournit quelques éléments historiques essentiellement extraits de Dujardin et Butaeye (2009)¹. Dans le cadre de la présente étude, une recherche détaillée sur l'historique des carrières de Fleury n'a pu être réalisée.

Au XI^{ème} siècle, le carreau d'Allemagne (ancien nom de Fleury-sur-Orne) était l'un des principaux lieux d'extraction de la pierre de Caen. L'exploitation se faisait à ciel ouvert et à partir de boyaux à flanc de coteaux (carrière des Coteaux). A partir du XIV^{ème} siècle, les carrières souterraines s'approfondirent sous le plateau grâce à des puits creusés à l'est de la route d'Harcourt vers la Grâce de Dieu puis deux descenderies creusées au XIX^{ème} siècle (la tirée des carrières Fouquet et la tirée de la brasserie Saingt).

Au déclenchement et au cours de la seconde guerre mondiale, seules les carrières « industrielles » des Docks Fouquet et de Pochiet sont encore en activité à Fleury-sur-Orne. Certaines carrières de cette commune servent de champignonnières (carrière des Coteaux), certaines sont abandonnées et une autre sert de cave à des Brasseurs, les frères Saingt.

Les différentes carrières de Fleury-sur-Orne ont accueilli des réfugiés pendant la seconde guerre mondiale.

A l'issue du conflit, les carrières des Docks Fouquet et de Pochiet sont réexploitées (exploitation de nouveaux front de taille et des bancs de plancher) pour produire des pierres à bâtir et de la chaux pour les chantiers de la Reconstruction.

L'extraction de la pierre prend fin dans les années soixante-dix.

Les carrières des Coteaux

Les carrières des Coteaux s'ouvrent au bord de la vallée de l'Orne et s'étendent sous le plateau de Fleury. Le fleuve a eu un double rôle puisqu'en creusant son lit, il a dégagé un accès presque direct à la pierre tout en lui offrant une voie pour son exportation.

Il s'agirait des premières carrières de Fleury-sur-Orne.

Le début de l'exploitation des carrières des Coteaux n'est pas daté avec précision mais remonterait à l'époque médiévale. L'exploitation présente une configuration particulière puisqu'elle a été réalisée sous forme de couloirs parallèles (plus d'une quarantaine) de 3 à 6 m de hauteur sur 6 à 7 m de large et qui s'enfoncent sur plus de 200 m en direction de l'est (longueur variable). Il existe de nombreuses entrées à partir du coteau permettant l'accès à ces carrières. A l'intérieur, des passages existent entre les couloirs qui restent cependant assez bien cloisonnés.

Depuis le XIX^{ème} siècle, les carrières des Coteaux ont été le lieu de la culture de champignons.

Pendant la seconde guerre mondiale, ces carrières ont joué un rôle fondamental en abritant jusqu'à 12 000 réfugiés, un hôpital souterrain et des pièces d'artillerie allemandes.

¹ Lorsque la source est différente, celle-ci est précisée.

La carrière Saingt

Située au nord de la commune, la carrière de Saingt est une carrière isolée d'environ 2 ha qui était accessible par une tirée (comblée pour la construction de logements) et un puits qui traverse toute la carrière pour descendre jusqu'à la nappe. Exploitée au XIX^{ème} siècle, elle a hébergé les caves de la brasserie Saingt (stockage de la bière) entre le début du XX^{ème} siècle et les années 1940, remplacée par les caves en surface jusque dans les années 1980. Ainsi, « un secteur de la carrière est maçoné, bétonné et anciennement électrifié ».

Cette carrière a également accueilli des réfugiés pendant la guerre.

La carrière des Docks Fouquet

La carrière des Docks Fouquet doivent leur nom à l'usine Fouquet qui produisait pierre de taille, chaux dans les fours situés en surface et briques silico-calcaires. Ces carrières occupent plusieurs hectares en partie centrale de la commune. Outre les deux communications avec les carrières des Coteaux, deux accès à la carrière des Docks Fouquet ont été utilisés : un grand puits d'une dizaine de mètres de profondeur situé à l'aplomb des fours à chaux et une descente droite en pente douce (la tirée) creusée au XIX^{ème} siècle pour permettre la sortie des blocs de pierre de la carrière sur des chariots tirés par des chevaux.

Dans un premier temps, les carrières des Docks Fouquet furent exploitées pour la pierre de taille, essentiellement au XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle. La dernière phase d'exploitation, exclusivement destinée à la production de chaux, a été effectuée aux dépens des bancs inférieurs du calcaire, inadaptés à la production de pierre de taille. Ce surcreusement a conduit à des hauteurs sous plafond de plus de 10 m par endroits et à la mise à nu de la nappe du bathonien. L'exploitation a cessée dans les années 1970.

La carrière a été utilisée durant l'été 1944 par les réfugiés civils et par les allemands.

La carrière de Pochiet

La carrière de Pochiet (ou plutôt les carrières de Pochiet) se situe au sud de la zone exploitée, non loin du bourg de Fleury-sur-Orne.

Elle est constituée de deux secteurs dont l'un, situé au sud, est actuellement inaccessible. Même si elles ont été creusées indépendamment, la carrière Pochiet (secteur nord) communique par un couloir avec les carrières des Coteaux. La pierre extraite ici a été évacuée par une grande tranchée de plus de 100 m de longueur et profonde de 20 m, actuellement comblée. Le secteur nord, accessible, a été réexploité après la guerre puis réutilisé en champignonnière (comme la carrière des Coteaux à partir de laquelle on y accède).

D'après l'inventaire des souterrains et carrières souterraines de France établi par l'armée allemande (Wehrmacht) durant la seconde guerre mondiale, il aurait existé plusieurs puits dans le secteur des maisons les plus au sud de Fleury, à l'est de la nationale.

e. Données issues des supports cartographiques et de la photo-interprétation

Photos aériennes anciennes

L'examen des photos aériennes anciennes (depuis 1946) mises à disposition sur le site www.geoportail.fr permet à la fois de visualiser les installations de surface, les anciennes descenderies ou tranchées comblées et éventuellement de retrouver des puits non signalés sur les cartographies disponibles (par exemple au sud de Fleury-sur-Orne, au niveau des carrières Pochiet). Toutefois, sur certaines photographies aériennes, il est parfois difficile de différencier un puits, d'un impact de bombe ou d'un artefact photographique et il est nécessaire de coupler les informations qu'elles fournissent avec des données historiques.

L'illustration 6 qui fait figurer l'emprise connue des travaux sur une photographie aérienne de 1946 permet de visualiser l'ancienne tranchée de Pochiet, actuellement comblée.

Les illustrations 7 et 8 présentent les photos aériennes de 1946 et 1963 au niveau de l'usine des Docks Fouquet. Ainsi figure la descenderie (tirée), a priori un puits situé à proximité de celle-ci, l'exploitation des terrains de surface (au sud et au nord-est), etc.



Illustration 6 - Photographie aérienne de 1946 au niveau des carrières Pochiet et travaux souterrains
(source : www.geoportail.fr)

Vieillissement des carrières souterraines en Basse-Normandie (année 2014)



Illustration 7 - Photographie aérienne de 1946 au niveau des carrières des Docks Fouquet et travaux souterrains (source : www.geoportail.fr)



Illustration 8 - Photographie aérienne de 1963 au niveau des carrières des Docks Fouquet et travaux souterrains (source : www.geoportail.fr)

Compte tenu de l'ampleur du site, du temps nécessaire au traitement fin des photos aériennes anciennes et du niveau de diagnostic requis dans le cadre de la présente étude, le traitement de ces photos n'a pu être exhaustif.

Documents relatives aux cavités souterraines

f. Données géomécaniques

La figure ci-dessous présente quelques caractéristiques moyennes de la Pierre de Caen fourni par le SCVC.

- COMPOSITION CHIMIQUE

Le calcaire de Caen se compose de gaz carbonique et de chaux (carbonate de chaux CACO 3) et d'une faible quantité d'argile.

La teneur en calcaire dépasse généralement 90 %.

Le calcaire de CAEN apparaît comme une roche sédimentaire, formée de fins débris triturés et composés de tests d'invertébrés marins, cimentés par de la calcite micro ou crypto cristalline dans les couches moyennes et supérieures ou par de la pâte argileuse dans les couches inférieures.

- CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES

- Porosité moyenne : 25 % à 27 %
- Mesures aux ultrasons : Moyenne 2500 m/s à 2700 m/s.
- Masse volumique réelle : 1,96
- Masse volumique humide : 2,27
- Teneur en eau naturelle : 15,4

RC sec. Résistance à la compression : 15 MPa soit 150 bars.

RC humide. Résistance à la compression : 6 MPa soit 60 bars.

Résistance à la rupture en flexion : 0,54 MPa soit 5,4 bars.

Coefficient d'absorption :
0,76.

Gélivité : L'essai de gélivité consiste en cycle gel/dégel (24 h) avec teneur en eau maxi gel à l'air en chambre froide à - 5 °c. Dégel jusqu'à + 12 °C : Nombre de cycles avant altération visible : 30.

* NOTA : Caractéristiques moyennes du banc royal (Carrières de la Maladrerie. Essais C.E.B.T.P).

La densité et la porosité de la Pierre de Caen varient d'un banc à l'autre et d'une carrière à l'autre. D'autre part, la résistance à l'écrasement diffère si la pierre est sèche ou mouillée. La notice de la feuille de Caen fournit les indications suivantes :

Carrières souterraines	Poids en kg au m³		Résistance à l'écrasement en kg/cm²	
	sec	mouillé	sec	mouillé
Fleury-sur-Orne (moyenne sur 6 échantillons)	1 929	2 147	200	108
La Maladrerie (moyenne sur 7 échantillons)	1 924	2 214	156	110

D'après cette notice, la saturation en eau augmente le poids de 11% et diminue la résistance de 46 % à Fleury-sur-Orne. A Fleury, la roche est moins poreuse qu'à la Maladrerie, mais elle est plus argileuse et tend à se délayer en donnant une boue.

3. DIAGNOSTIC

La superficie couverte par les carrières de Fleury-sur-Orne a nécessité de faire des choix de visites. Ceux-ci ont été orientés d'abord par la situation des enjeux en surface mais également par la présence ou non d'accès aux carrières praticables.

a. Reconnaissances et investigations de terrain de la carrière des Docks Fouquet (2014)

Du fait de l'absence d'enjeux actuels (si ce n'est la présence de visiteurs au niveau de la tirée et de l'entrée de la carrière), cette carrière n'a pas été visitée dans sa totalité, ni en détail. Les observations sont celles réalisées le 28/10/2014 depuis « la tirée » jusqu'à une partie des carrières des Coteaux. Par ailleurs, il est prévu, dans le cadre de l'aménagement des Hauts de l'Orne (Caen La mer) que des études géotechniques soient réalisées sur ce site avant travaux.

Environnement de surface

Cette carrière souterraine s'étend sous les anciens terrains de l'usine Fouquet, en friche. Actuellement, ces terrains font l'objet de fouilles archéologiques vraisemblablement réalisées dans le cadre du projet des Hauts de l'Orne.

Hydrogéologie du site

La nappe du bathonien inonde une partie de la carrière des Docks Fouquet du fait du surcreusement de son plancher.



Illustration 9 – La nappe du Bathonien dans la carrière des Docks Fouquet

Visite sommaire des souterrains

Comme mentionné, une toute petite partie de cette carrière a été visitée dans le cadre de la présente étude. Les observations formulées ici doivent donc être considérées comme très parcellaires.

A l'exception de la zone de l'entrée et de quelques secteurs comportant de grands stots, la zone visitée présente une configuration relativement homogène – exploitation selon la méthode des chambres et piliers - avec des piliers d'environ 3 m de large espacés d'environ 7,5 m. La hauteur résiduelle des chambres est variable et dépend de leur état de remblaiement (par les déchets de la taille des blocs) et du surcreusement du plancher *a posteriori*. La carrière s'approfondie globalement vers l'ouest. Les hauteurs résiduelles des chambres sont globalement comprises entre 3 m et 8 m. Par ailleurs, l'épaisseur de recouvrement est d'une dizaine de mètre (déduite à partir des leviers topographiques disponibles et des mesures de hauteur de vide réalisées au distancemètre laser).

Hormis la zone de l'entrée (Illustration 11), les zones visitées montrent un toit relativement sain : quelques fractures tectoniques plus ou moins karstifiées ont pu être visualisées, notamment entre les deux puits (direction N150°) et au niveau du couloir de passage vers les carrières des Coteaux (direction N40°), mais il n'a pas été observé de fissures mécaniques nettes, ni de chutes de banc de toit.

A noter que la zone visitée correspond aux secteurs F de l'état des lieux de TECHSOL, soit aux secteurs à constructibilité conditionnelle. Les secteurs notés A et B par TECHSOL (secteurs inconstructibles à risque de création de fontis, effondrements, renversements) n'ont pas été vus.





Illustration 14 – Passage vers les carrières des Coteaux

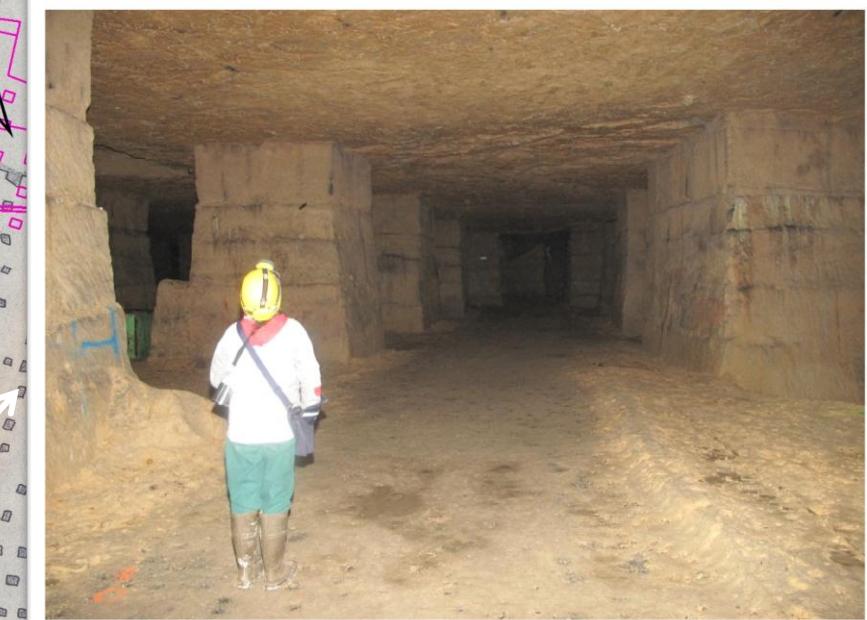
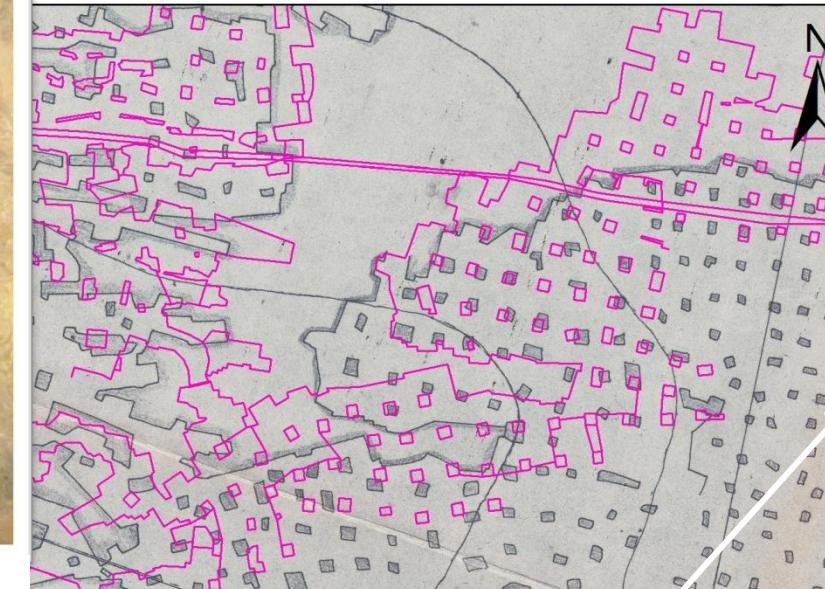


Illustration 15 – Zone d'exploitation globalement régulière (pilier de 3 m, distance entre pilier de 7,5 m et hauteur de 4,4 m) au Docks Fouquet



Illustration 16 – Surcreusement du plancher de la carrière pour la fabrication de chaux (limite entre l'exploitation pour pierre en tête et l'exploitation plus récente en pied de pilier)

b. Reconnaissances et investigations de terrain de la carrière Pochiet (2014)

Plans disponibles

Dans le cadre des présentes visites, les observations ont été réalisées à partir des compilations des plans fournis par le SCVC. Il n'a pas été réalisé de nouveaux leviers géométriques de façon systématique, à l'exception de la hauteur des vides résiduels et de quelques mesures de distances. Sur ce secteur, les observations réalisées étaient relativement conformes aux plans disponibles. L'acquisition de données plus précises nécessiterait l'intervention de géomètres.

Environnement de surface des carrières

L'environnement du site est constitué principalement de maisons individuelles et de bâtiments commerciaux.

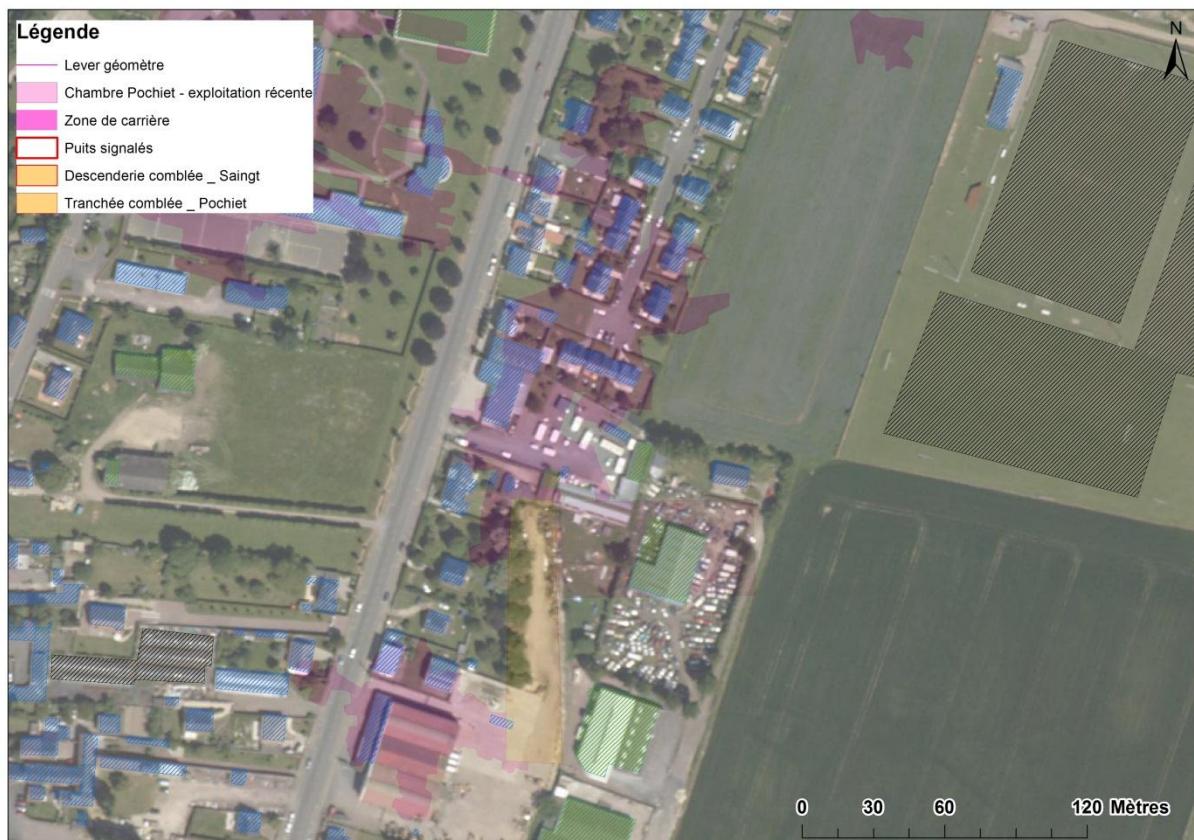


Illustration 17 – Environnement de surface au niveau des carrières de Pochiet

Inspection des souterrains de la carrière de Pochiet nord

L'entrée de la carrière de Pochiet (secteur nord) s'effectue à partir de la carrière des Coteaux au niveau d'une porte cadenassée (Illustration 18). La clé a été remise par les Services techniques de Fleury-sur-Orne. A partir de la carrière des Coteaux, un unique accès (« couloir ») conduit à la carrière de Pochiet.



Illustration 18 - Entrée de la carrière de Pochiet (partie nord) à partir de la carrière des Coteaux (section sud)

Contrairement aux carrières des Coteaux, la carrière Pochiet a été exploitée par la méthode des chambres et piliers, comme les carrières des Docks Fouquet.

Afin de faciliter la lecture, le secteur nord de la carrière de Pochiet (seul visitable d'après Dujardin et Butaeye, 2009) a été divisée en 6 zones (notée A à F sur l'illustration 19).

A noter que le secteur nord de la carrière de Pochiet présente des configurations relativement hétérogènes au sein d'une si petite carrière (inférieure à 1 ha). L'objectif de la présente description consiste à fournir un panorama des différentes configurations rencontrées.

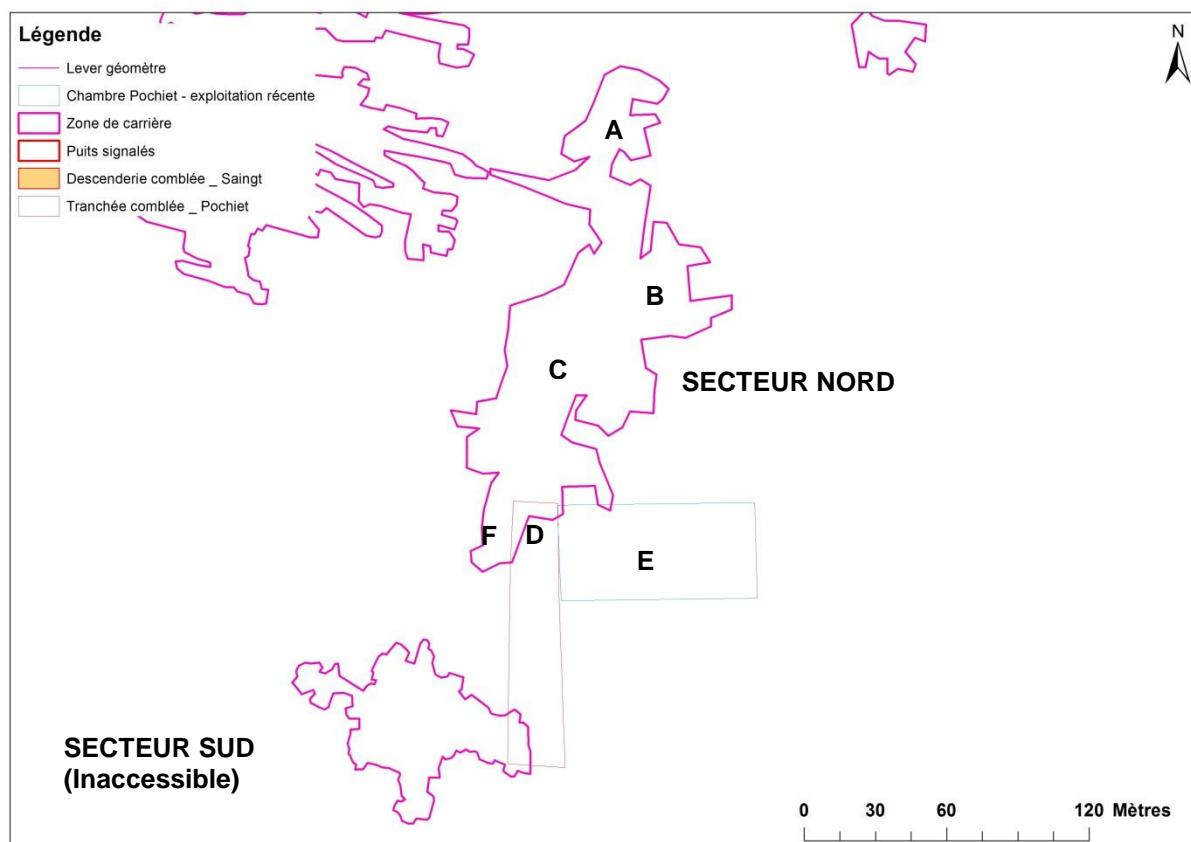


Illustration 19 - Découpage du secteur nord de la carrière de Pochiet en différentes zones (notées A à F)

Le couloir de la carrière des Coteaux conduit au secteur nord de la carrière de Pochiet dans une vaste salle (notée A). Cette salle est constituée d'un calcaire massif, en gros bancs. Le toit, souvent masqué par les bâches liées à l'exploitation en champignonnière, présente quelques fractures karstifiées dont l'ouverture est inférieure à 10 cm.

En se déplaçant vers le sud (zone B), la hauteur de la carrière est d'environ 4,5 m. Dans ce secteur, la section des piliers se réduit. Certains piliers semblent moins sains et même argilisés. Des traces de carottages y sont visibles, les prélèvements ainsi réalisés ont vraisemblablement fait l'objet d'essais en laboratoire pour connaître leurs caractéristiques mécaniques.

Plus au sud, la partie centrale de cette carrière est affectée par un énorme dépotoir de déchets divers (Illustration 20) qui empêche le passage vers le front est de la carrière. En limite sud des déchets se trouve une zone de remblais poussés avec des hauteurs de vides résiduels de 1 à 2 m (Illustration 21).



Illustration 20 – Tas de déchets dans la partie centrale de la carrière



Illustration 21 - Zone de remblais poussés en partie centrale de la carrière de Pochet (secteur nord)

Immédiatement au sud, dans la zone notée D, se trouve un cône de remblais (Illustration 22) semblant provenir de la surface (objets divers constatés en tête de remblai) qui paraît ne pas être complètement stabilisé (présence de terre humide, indice de mouvement). Il pourrait s'agir de l'ancienne tranchée remblayée d'après Dujardin et Butaeye (2009), les plans consultés et les témoignages du voisinage. Des murs en parpaing en grande partie détruits (à l'exception d'un vers l'est) ceignent la zone. Il n'est pas possible de savoir avec certitude s'ils ont été mis en place de manière à limiter les apports de remblais mais il est vraisemblable qu'ils aient été détruits du fait de la poussée exercée par ceux-ci. Comme mentionné, un des murs à tenu jusqu'ici mais il est probable qu'il cède à son tour sans qu'il soit possible d'affirmer quand, en produisant un fontis ou un affaissement en surface.



Illustration 22 – Cône de remblai déversé depuis la surface

De part et d'autre de ce cône de remblai se trouvent deux zones aux caractéristiques marquées par rapport au reste de la carrière (zones E et F).

A l'est (zone E), se trouve une vaste chambre, d'environ 40 m de large dans le sens N/S sur au moins 50 m de long dans le sens E/W (une mesure réalisée à 80 m semble peu fiable d'après nos souvenirs) et de très grande hauteur (entre 12 m et 14 m). L'état des parois latérales laissent suggérer une exploitation beaucoup plus récente à la haveuse (vraisemblablement ré-exploitation après-guerre). Les fronts périphériques sont verticaux et présentent, en tête, des ouvertures suggérant qu'il était prévu de poursuivre l'exploitation. Au niveau de l'entrée de la chambre, le toit présente quelques IPN (poutrelles en I). La forte

dénivellation du sol dans cette chambre et la présence d'une quantité importante de débris de calcaire sur le plancher n'ont pas permis de la visiter dans sa totalité. Ainsi les observations sont-elles énoncées à partir des éléments visibles depuis la première rangée de piliers. Cette vaste chambre comporte 4 piliers dans la direction N/S et 5 dans la direction E/W. La largeur des piliers et leurs espacements semblent relativement constants et valent respectivement 3 à 3,2 m et 5,6 à 6 m. Ainsi, cela correspond à un taux de défruitement d'environ 90 % et à un volume de vide d'eau moins 23 500 m³. Les piliers, de très grande hauteur, s'écaillent abondamment et de nombreux blocs « défournés » sont présents à leurs pieds (Illustration 23). Les piliers visibles semblent également présenter, outre les réductions de section due à l'écaillage, des fissurations profondes (Illustration 24) permettant de penser qu'ils présentent un état de dégradation avancé.

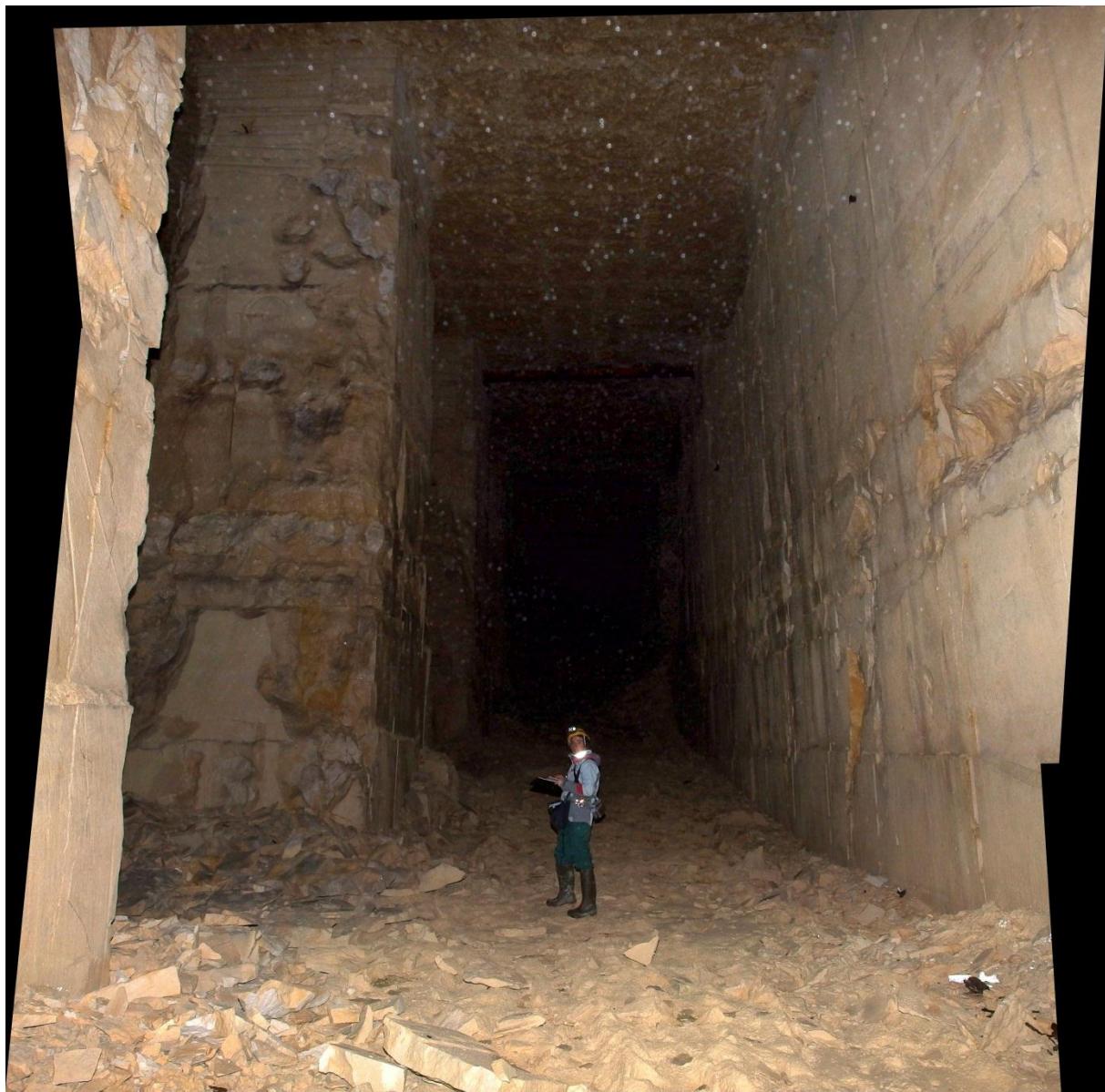


Illustration 23 – Configuration de la chambre de la zone E dans la carrière de Pochet (secteur nord)

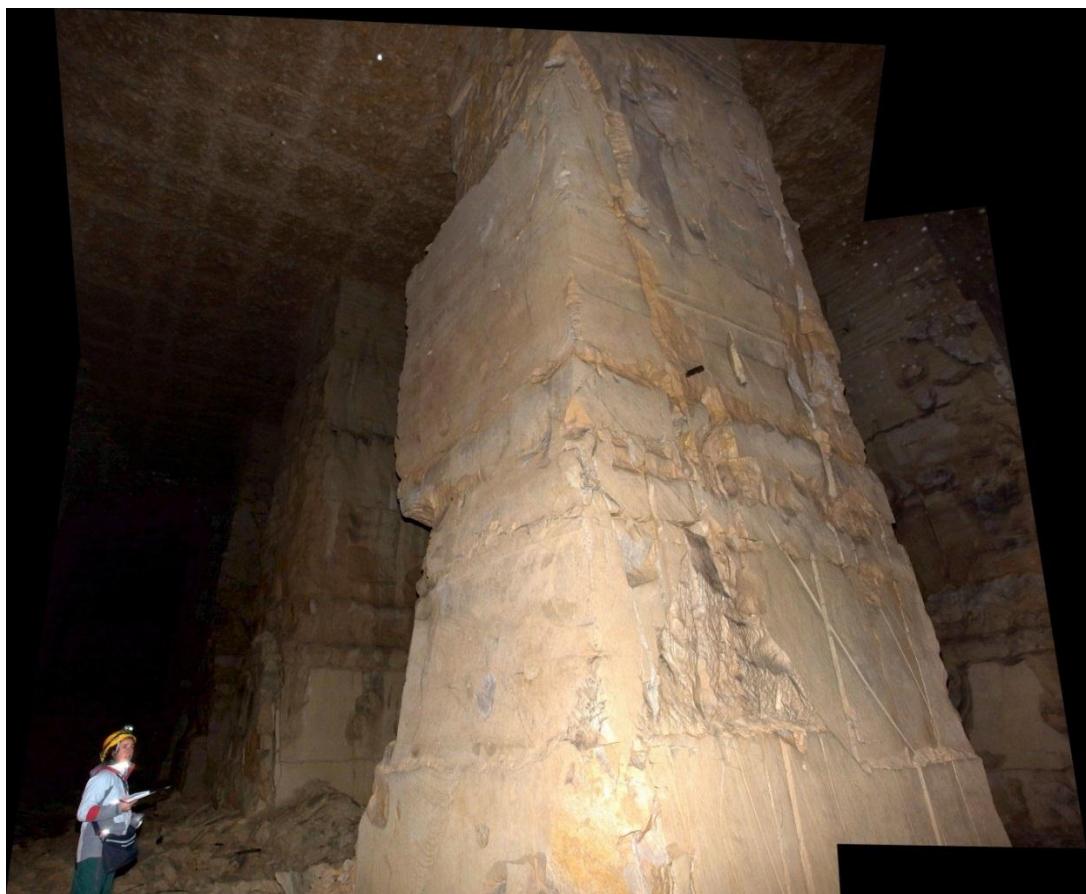


Illustration 24 – Ecaillage et fissuration d'un pilier dans la zone E de la carrière de Pochiet

Enfin, le toit de cette chambre présente de nombreuses fissures et le premier banc de toit, de 20 à 30 cm d'épaisseur est localement tombé.

A l'ouest du cône de remblai se trouve une zone (F) où l'exploitation semble nettement plus ancienne. Dans ce secteur, au contraire de la chambre de la zone E, l'exploitation est anarchique. La hauteur de toit atteint 7 m. Cette zone semble présenter également un état de dégradation avancée : les piliers se défrument à la fois en partie basse et haute (Illustration 25 et Illustration 26), le toit est faïencé et présente en différents endroits une chute de son premier banc voire une remontée de cloche de fontis (Illustration 27).

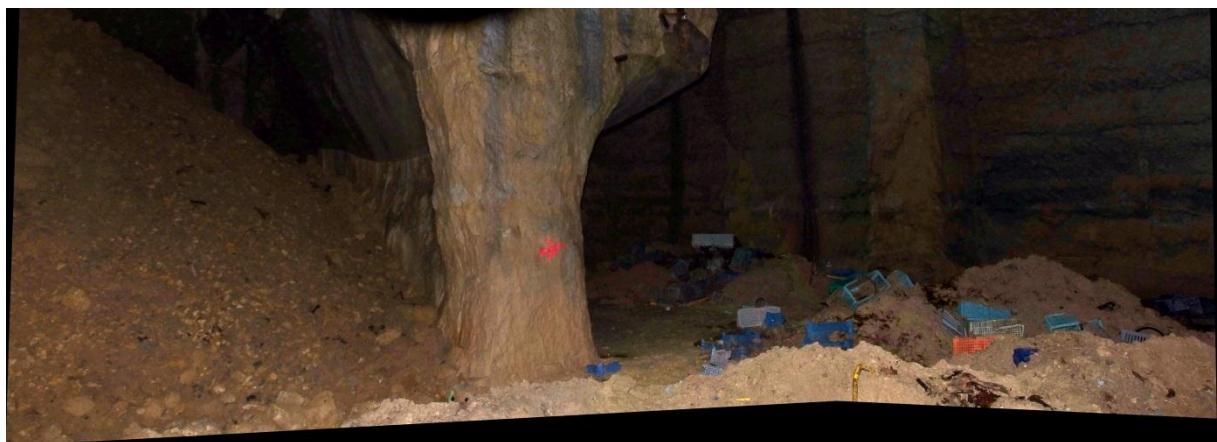


Illustration 25 – Pilier en diabolo dans la zone F de la carrière de Pochiet

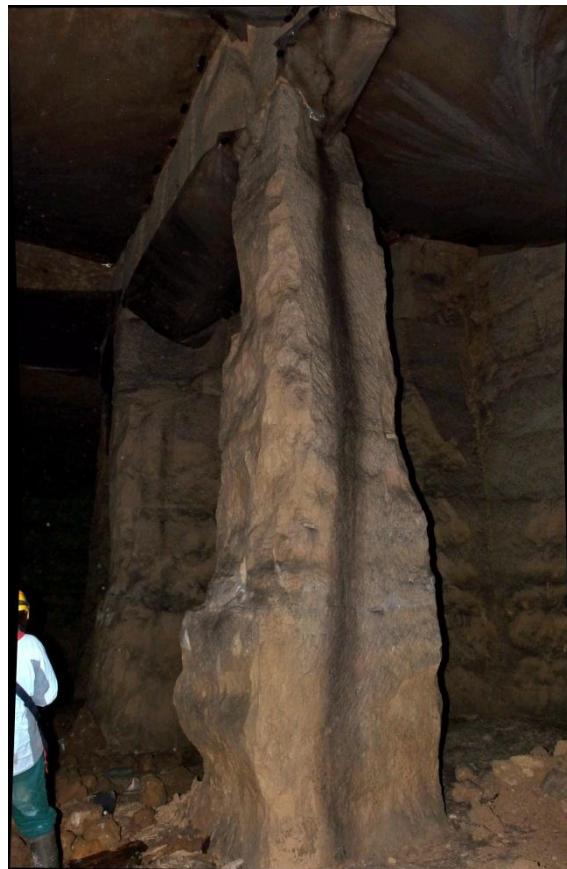


Illustration 26 – *Etat d'un pilier dans la zone F de la carrière de Pochet*



Illustration 27 - *Chute du premier banc de toit dans la zone F de la carrière de Pochet (secteur nord)*

Inspection des souterrains de la carrière de Pochet sud

D'après Dujardin et Butaeye (2009), cette carrière aurait été remblayée et ne serait donc plus accessible. Aucune entrée n'a été identifiée sur le terrain.

c. Reconnaissances et investigations de terrain des carrières des Coteaux (2014)

Du fait de la superficie de ces carrières, les visites ont porté prioritairement sur les secteurs à enjeux. Par ailleurs, certaines entrées ont été découvertes (pas de plan disponible) sur le terrain et ont donné lieu à des visites. Malheureusement, l'ensemble du site n'a pas pu être visité.

Plans disponibles

Aucun plan à notre disposition ne fournit une cartographie de l'ensemble des carrières des Coteaux. Ainsi, certains secteurs ont été visités alors qu'ils ne figuraient sur aucun plan à notre disposition (par exemple au niveau de la rue de la Brasserie). L'Illustration 28 fournit une vision d'ensemble de ces carrières. Sur cette illustration, les carrières des Coteaux ont été nommées arbitrairement du nord au sud, de manière à pouvoir se retrouver dans les descriptions réalisées. La numérotation poursuit celle entreprise sur l'Illustration 19.

Environnement de surface

L'environnement de surface est un milieu urbain peu dense avec quelques maisons individuelles, des immeubles récents, un centre commercial, un groupe scolaire, etc.

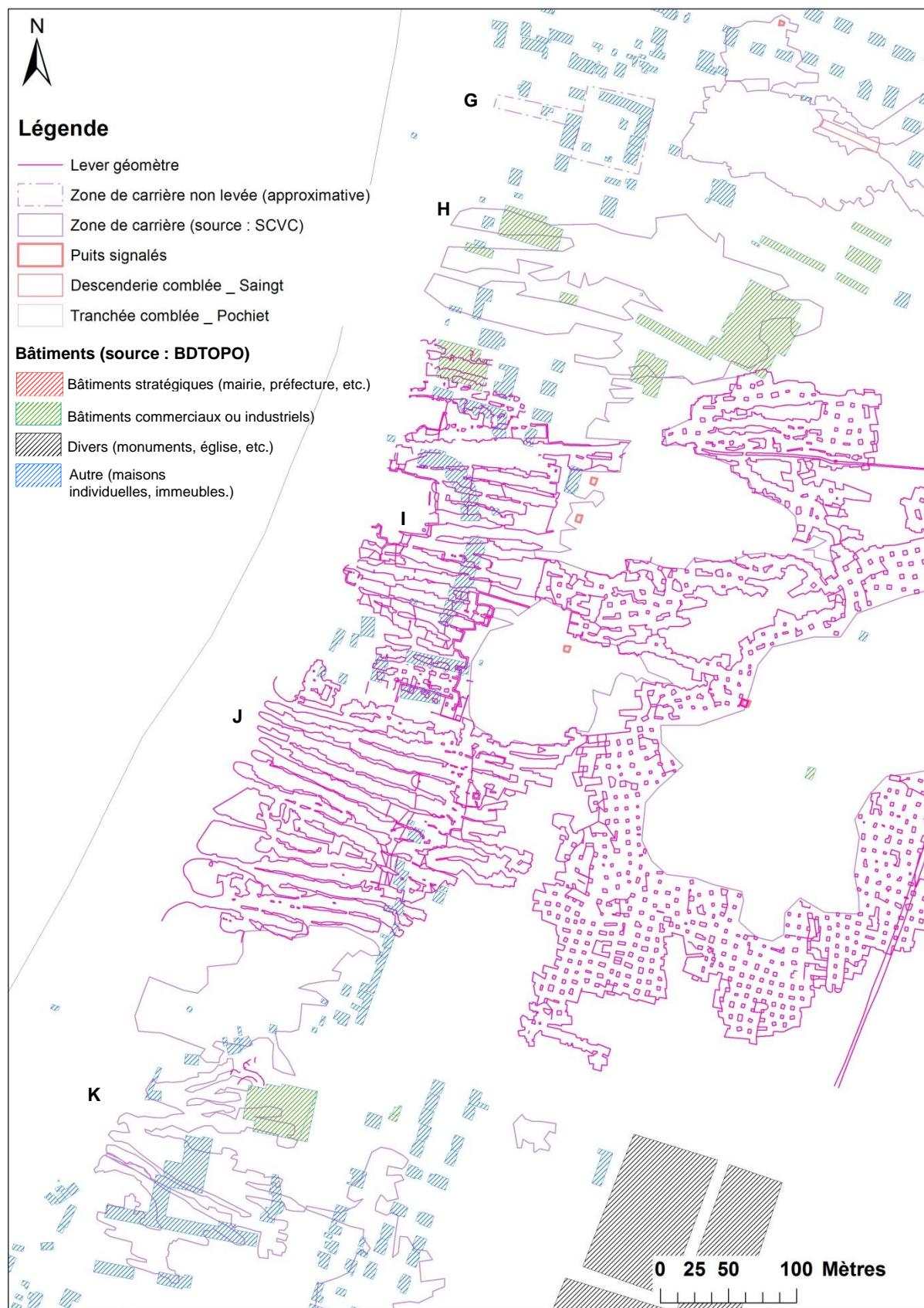


Illustration 28 – Plan de situation des Carrières des Coteaux

Entrée des carrières

Il n'existe pas une mais de nombreuses carrières des Coteaux. Ces carrières présentent une configuration sous forme de grands couloirs plus ou moins parallèles les uns aux autres et perpendiculaires à la vallée de l'Orne. Il existe de nombreuses entrées à flanc de coteaux (Illustration 29), certaines étant encore praticables, d'autres ayant été rebouchées.



Illustration 29 – Une entrée à flanc de coteau dans une carrière des Coteaux

Durant l'été 1944, treize zones avaient été identifiées dans les carrières des Coteaux et chacune était identifiée par une entrée propre désignée par un numéro datant du XIX^{ème} siècle (Dujardin et Butaeye, 2009).

Géométrie des exploitations

Les couloirs présentent des largeurs moyennes de 6/7 m et des hauteurs globalement comprises entre 3 et 6 m. Ils s'enfoncent, pour certains d'entre eux, sur plus de 200 m au cœur du massif rocheux, sous le plateau. Certains couloirs débouchent sur de vastes salles exploitées par chambres et piliers. Parfois, le mode d'exploitation n'est pas très lisible (couloirs / chambre et pilier). Des passages existent entre certains couloirs soit parce qu'ils ont été créés au cours de l'exploitation, soit parce que le voile qui les sépare s'est éboulé. Par ailleurs, certains passages ont été murés, vraisemblablement pendant l'exploitation des champignonnières.



Illustration 30 – Géométrie commune d'une carrière des Coteaux (avec carcasse de voiture), prise au niveau de la zone notée J



Illustration 31 – Vue d'un couloir d'une carrière des Coteaux (zone notée J)

Par ailleurs, il existe au sein des carrières des coteaux de grandes disparités dans le niveau du sol. En effet, dans certains secteurs, la hauteur de remblaiement est très variable pouvant conduire à des « marches » de plusieurs mètres et ainsi à des hauteurs de vides très contrastées.



Illustration 32 – Différence du niveau du sol au sein des Carrières des Coteaux (zone notée I)

Etat général

Ce paragraphe fournit des généralités à partir des observations réalisées sur les seuls secteurs visités (cf. Illustration 59). Par ailleurs, dans de nombreux secteurs, le toit des carrières n'était pas visible du fait de la présence de bâches.

Les carrières des Coteaux sont concernées par de très **nombreuses discontinuités** :

- des **failles** (miroir de failles, etc.) d'origine tectonique et surtout **de très nombreuses fractures de décompression du massif** (appelées encore failles de versant) qui peuvent l'affecter **sur plus d'une centaine de mètres**. Elles ont été levées de façon systématique dans les zones G et H afin de fournir une idée de leur densité. A noter que ces fractures se poursuivent dans toutes les carrières des Coteaux mais sont plus ou moins marquées selon les secteurs. Les failles et/ou fentes de décompression (parfois difficile à distinguer sur le terrain) présentent des degrés d'ouverture variables allant de quelques centimètres à un mètre, voire dans certains cas à une zone broyée de plus d'une vingtaine de mètres (cas d'une succession rapprochée de plusieurs fractures d'ouverture métrique). Certaines discontinuités d'ouverture pluricentimétrique à métrique sont le siège de chutes de blocs dont la taille, fonction de l'ouverture de la fracture, peut être métrique (Illustration 33).
- **localement des fissures mécaniques** dans toutes les directions (notamment longitudinales aux couloirs) qui recoupent les fractures de décompression.



Illustration 33 – Chute de blocs au niveau d'une fracture de décompression (zone notée J)

Les discontinuités affectent principalement le toit des carrières des Coteaux mais peuvent également recouper des piliers (Illustration 34).

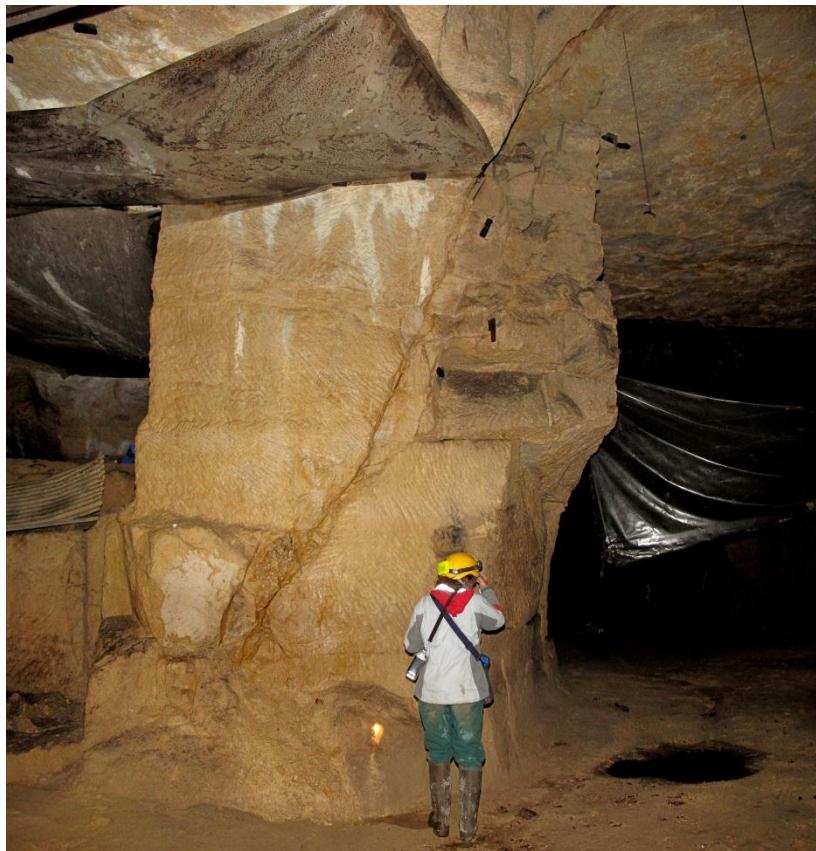


Illustration 34 – Discontinuité structurale traversant un pilier (zone notée H)

Par ailleurs, les carrières des Coteaux sont également concernées par des chutes du premier banc de toit et des remontées de cloche de fontis. Enfin, certaines zones à flanc de coteaux sont en grande partie effondrées (Illustration 35).



Illustration 35 – Zone en cours d'effondrement (zone notée J)

D'une manière générale, les carrières des Coteaux peuvent être considérées comme dans un état de dégradation avancée (plusieurs secteurs en état de post rupture).

Les paragraphes suivants fournissent un certain nombre d'observations (non exhaustives) faites dans les différentes carrières des Coteaux visitées. Les lettres font référence à l'Illustration 28.

Principales observations réalisées dans les carrières des Coteaux notées G et H

Les carrières des Coteaux notées G et H sont situées immédiatement au sud de la rue de la Brasserie. La carrière des Coteaux notée G ne figure sur aucun plan à notre disposition. Or cette carrière se situe sous une zone urbanisée. Un couloir a été visité ; celui-ci débouche dans une salle exploitée par chambres et piliers dont la géométrie n'a pas été mesurée. Le fond de la carrière a été atteint (distance de 114 m par rapport à l'entrée).

La visite a consisté à lever, à la boussole et au distancemètre laser, les principales discontinuités au sein de la carrière (couloir puis chambre) afin d'avoir une idée de leur densité, leur orientation et leur répartition par rapport au bâti. Il s'agit ici, selon nous, des caractéristiques principales régissant la stabilité de ces carrières. Les discontinuités ont été

reportées sur un fond cadastral (les levers réalisés au niveau de la carrière H ne coïncident pas avec le plan disponible qui est vraisemblablement erroné dans ce secteur (nous ne disposons pas de lever topographique précis)).

L'Illustration 36 présente schématiquement la localisation des différentes discontinuités. A noter que certaines directions n'ont pas été mesurées et ont été reportées perpendiculairement aux couloirs, ce qui constitue une approximation réaliste).

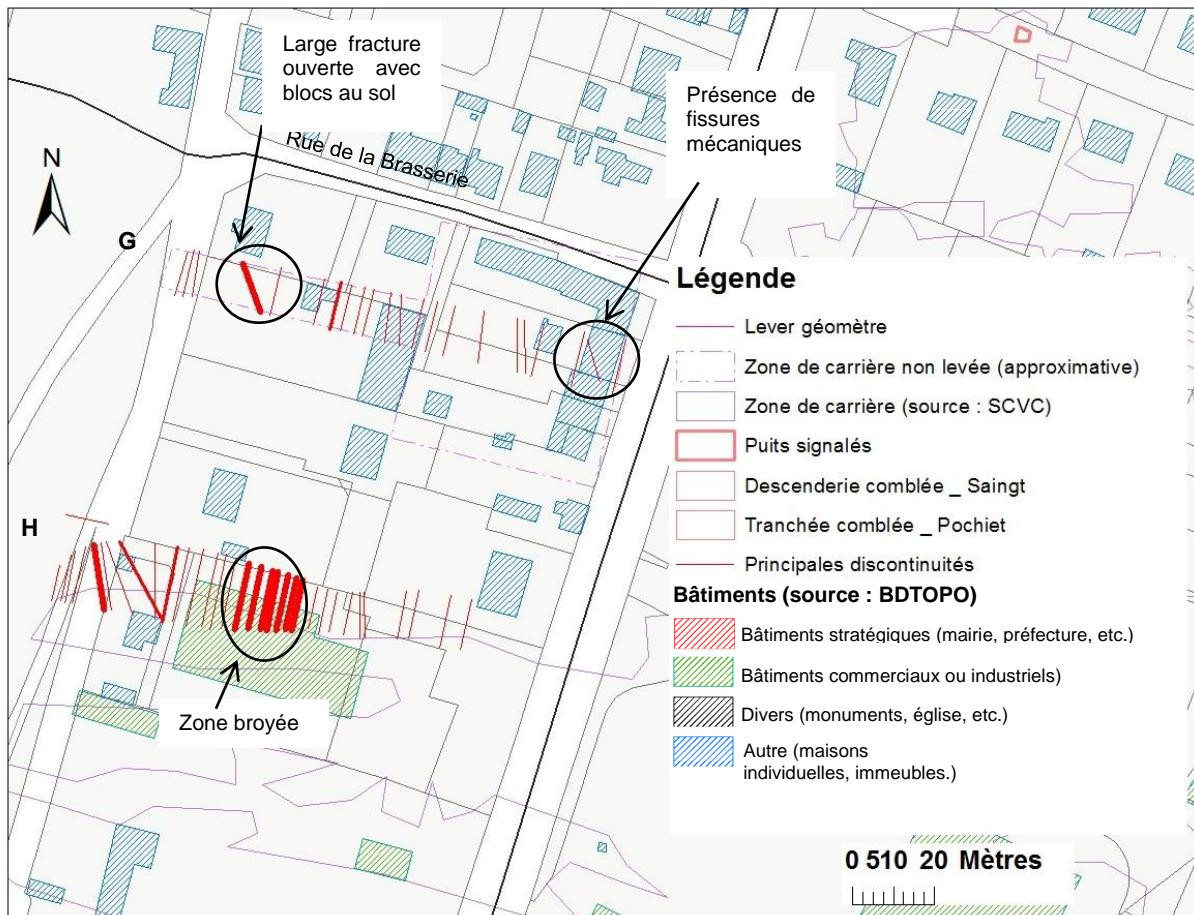


Illustration 36 – Représentation schématique des discontinuités

Dans la zone du front de taille, au fond de la carrière G (à 114 m de distance par rapport à l'entrée) se trouvent deux diaclases (à 104 et 114 m) recoupées au toit par des fissures mécaniques. Cette zone sous-cave plusieurs maisons individuelles. A 22 m de l'entrée de cette carrière, une large diaclase ouverte d'environ 1 m est le siège de chute de blocs et pourrait voir se détacher des gros blocs d'environ 1 m³ (Illustration 37).



Illustration 37 – Chutes de blocs au niveau d'une diaclase (zone notée G)

De même, à une distance comprise entre 45 et 61 m de l'entrée de la carrière des Coteaux notée H on observe une zone en très mauvais état (~ broyage) sur une longueur d'une quinzaine de mètres. Cette zone sous-cave le magasin Aldi.

Principales observations réalisées dans la carrière des Coteaux notées I

La carrière notée I est celle qui communique directement avec la carrière des Docks Fouquet. Elle est constituée de couloirs plus ou moins longs (jusqu'à 160 m) débouchant sur un secteur en chambres et piliers. Elle est caractérisée par la présence de deux immeubles récents en surface.



Illustration 38 – Immeubles constitués au dessus de la carrière notée I

Cette zone est principalement caractérisée par des piliers fortement dégradés et des voiles fins séparant les différents couloirs. Des piliers maçonnisés ont été ajoutés dans les zones qui étaient fortement dégradées (Illustration 39) et au moins l'un d'entre eux est fissuré verticalement et ses faces sont bombées (Illustration 43) ; ces piliers paraissent avoir été mis en place par les champignonistes. Par ailleurs, la partie exploitée par chambres et piliers (en recul par rapport au coteau) présente des hauteurs relativement importantes, qui peuvent atteindre 8 m. Localement, le toit est affecté de fissures mécaniques multidirectionnelles dont certaines laissent apparaître des racines qui descendent jusqu'à 2 m du sol (mur) de la carrière. La présence de ces racines indique que ces fissures affectent la totalité du recouvrement calcaire de la carrière.



Illustration 43 – Pilier en diabolo et pilier maçonné fortement dégradé (zone I)



Illustration 39 – Zone confortée par des piliers maçonnés (zone I)



Illustration 40 – Pilier maçonné de part et d'autre d'une diaclase (zone I)

- Annexe 5 – p.34

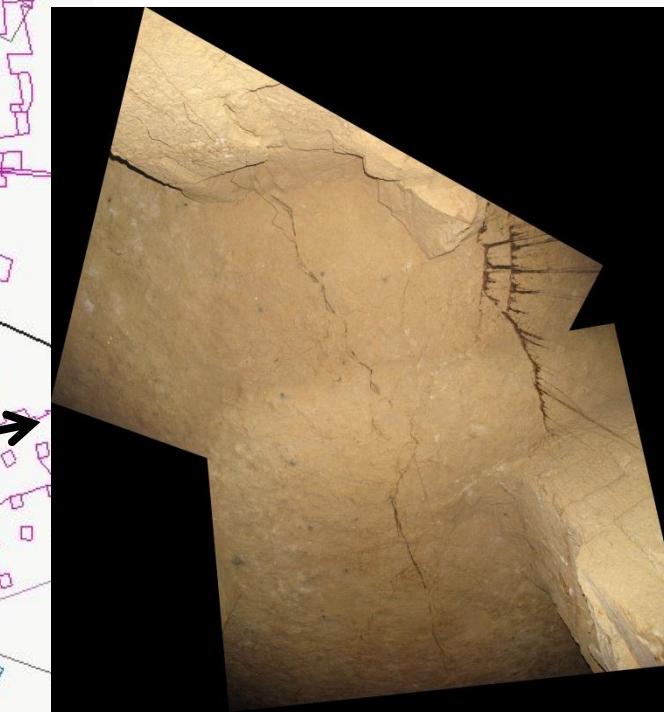


Illustration 41 – Vue du toit présentant des fissures mécaniques avec racines (zone I)

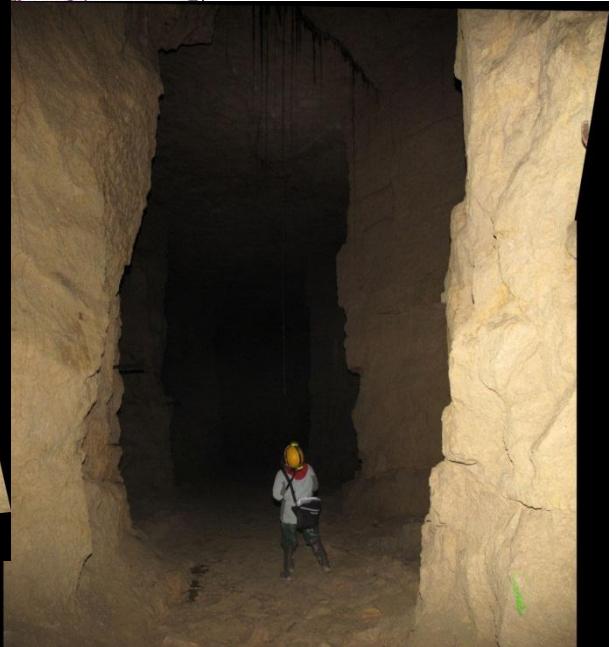


Illustration 42 – Présence de racines dans des fentes de tension (zone I, hauteur 8 m)

Principales observations réalisées dans la carrière des Coteaux notées J

Cette carrière a été visitée de manière à tenter de rejoindre les zones sous cavant les habitations au sud. Ne disposant pas du plan détaillé au moment de la visite, il ne nous a pas été possible de regagner ces secteurs. La présente partie décrit très brièvement les principales observations réalisées au niveau du chemin des Coteaux.

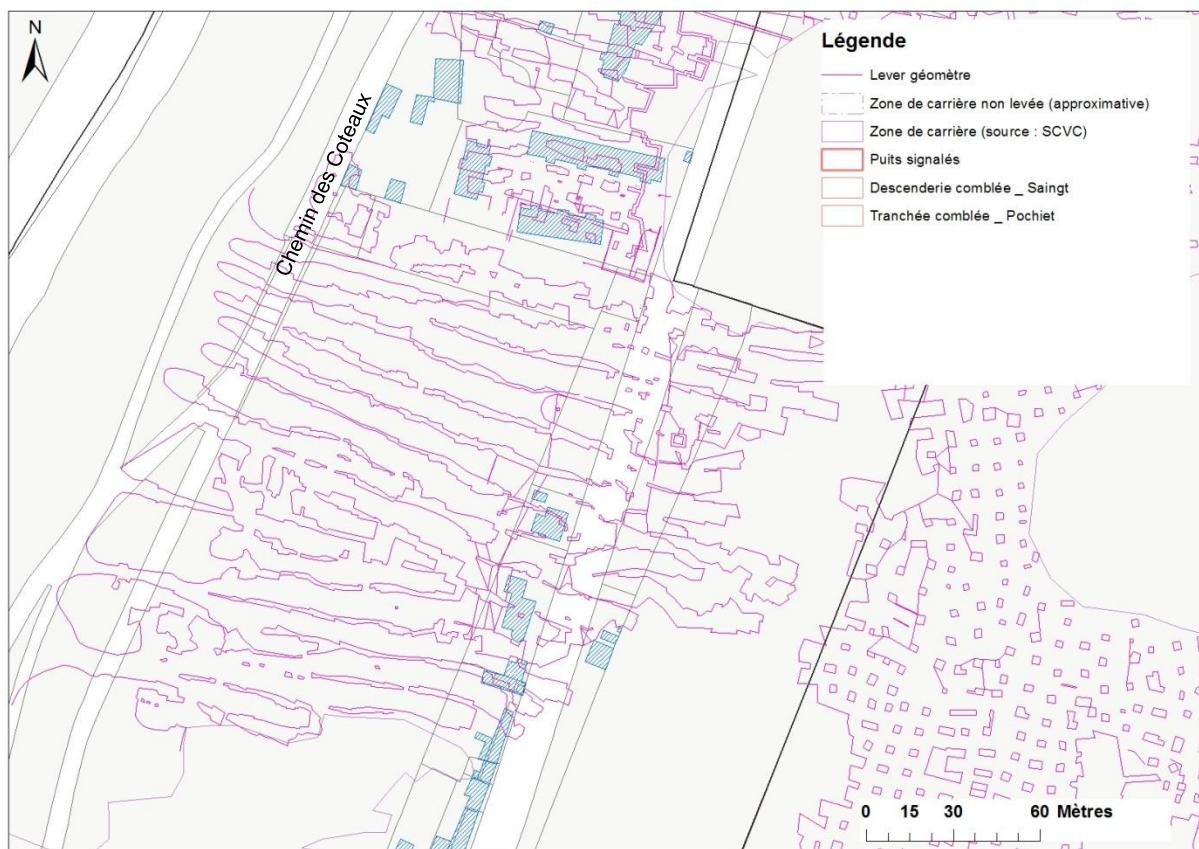


Illustration 44 – Plan topographique des carrières des Coteaux (zone notée J)

Comme la plupart des carrières de Fleury-sur-Orne, cette carrière offre une grande variété de configuration géométrique et de mode d'exploitation :

- près des entrées, les hauteurs des vides sont souvent réduites, de l'ordre de 1,7 m. Dans ces secteurs, les épaisseurs de recouvrement ont été calculées à partir des levers topographiques récupérés et valent environ 7 m ;
- en s'enfonçant dans le massif, les hauteurs des vides peuvent atteindre 6,6 m avec des épaisseurs de recouvrement de l'ordre de 7,5 m (le sol de la carrière s'enfonce progressivement).

Les illustrations suivantes fournissent un aperçu de deux secteurs contrastés de cette carrière.



Illustration 45 – Hauteur de vide réduite près des entrées (1,7 m)



Illustration 46 – Vaste chambre et pilier à bras

Dans cette carrière a été relevée une fissure mécanique longitudinale (N120°) sur environ 70 m de longueur à 35 m de l'entrée du coteau (Illustration 47).

Par ailleurs, la carrière présente de nombreuses chutes de bancs de toit, notamment au niveau des entrées (Illustration 48 et Illustration 49), de dalles fissurées transversalement ou longitudinalement, de piliers en état de dégradation avancée (Illustration 50) et une zone effondrée à flanc de coteau.



Illustration 47 – Fissure longitudinale au plafond (zone notée J)



Illustration 48 – Chutes de toit au niveau des entrées (zone notée J)



Illustration 49 – Chute du premier banc de toit et amorce de cloche de fontis (zone notée J)



Illustration 50 – Défruitemment d'un pilier (zone notée J)

Principales observations réalisées dans la carrière des Coteaux notées K

La carrière notée K est la carrière la plus au sud figurant sur les plans disponibles. L'entrée se fait par une porte cadenassée à proximité de l'avenue des Tilleuls. Cette zone est caractérisée par la présence d'un groupe scolaire (Jean Gousland), d'un centre de loisir et d'un gymnase.

Le plan topographique n'était pas disponible pour ce secteur mais le plan fourni par le SCVC parait assez cohérent avec les observations réalisées *in situ*.

Cette carrière présente une succession de couloirs caractéristiques des carrières des Coteaux. Les hauteurs y sont comprises entre 1,5 m (au nord) à plus de 7 m au sud. Les hauteurs sont couramment de l'ordre de 5/6 m. Vers le Nord-Est, une partie n'a pas pu être visitée du fait de la présence d'une brusque dénivellation au sol (2 à 2,5 m).

Comme dans plusieurs carrières des Coteaux, les toits sont en grande partie masqués par la présence de bâches qui empêchent de visualiser son état. Cela indique que ces carrières ne sont pas régulièrement inspectées.

On note également la présence d'un tas de détritus vers le fond de la carrière.



Illustration 51 – Entrée de la carrière des Coteaux au niveau de la rue des Tilleuls (notée K)

Les principales observations réalisées sont les suivantes (les lettres font référence à l'Illustration 52) :

- a) Toit fissuré qui semble avoir bougé (hauteur de vides de 1,6 m qui diminue vers le coteau). On entend les bruits de la surface ;
- b) Remontée de cloche de fontis d'environ 3 m ;
- c) Fracture ouverte remplie de blocs découpés à 4 m de l'entrée puis plusieurs fentes de décompressions ouvertes de plus d'une dizaine de cm ;
- d) Entrée principale avec fentes de décompression (notamment à 5 m et 20 m) et fissure mécanique ;
- e) Fentes de décompression avec chutes de blocs au sol ;
- f) Zones confortées avec présence d'une dizaine de piliers en béton (de part et d'autre du voile). Ces piliers présentent des largeurs de 0,8 m et des espacements de 4 m. Il n'a pas été constaté de signes visibles d'évolution de ces piliers.
- g) Renforcement par des piliers de part et d'autre d'une fracture en N165° ;
- h) Fracturation du toit avec possibilité de chutes de blocs et présence de fines sur la bâche plastique indiquant vraisemblablement du ruissellement (hauteur de 5 m) ;
- i) Diaclase en N10° avec fissures mécaniques (hauteur du toit de 7,1 m) ;
- j) Diaclase en N160° avec tronc racinaire traversant (hauteur de 6,5 m) ;
- k) Chute du premier banc de toit de 0,8 m d'épaisseur.

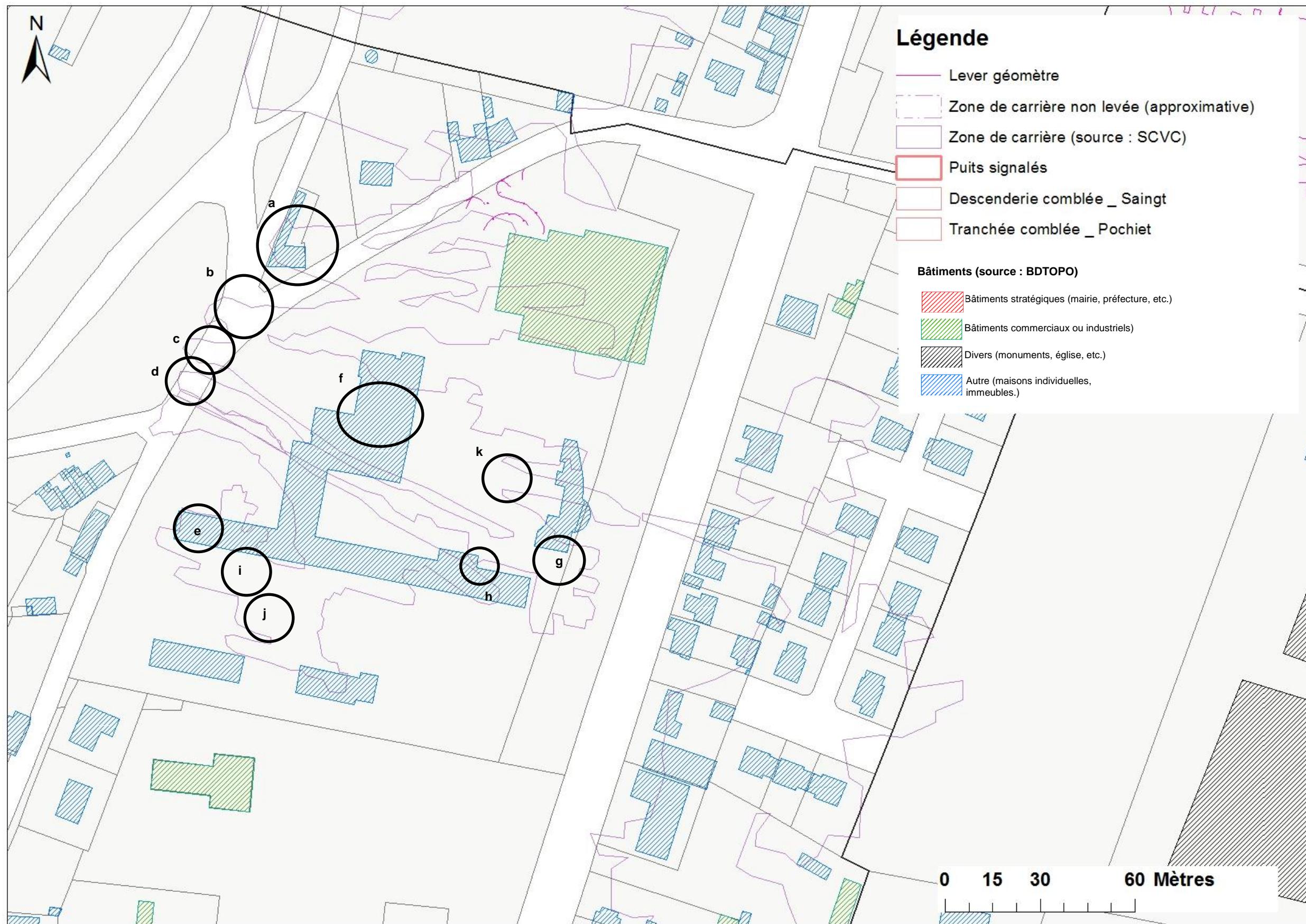




Illustration 53 – Toit dégradé avec chutes de blocs à 5 m de la sortie (zone K-d)

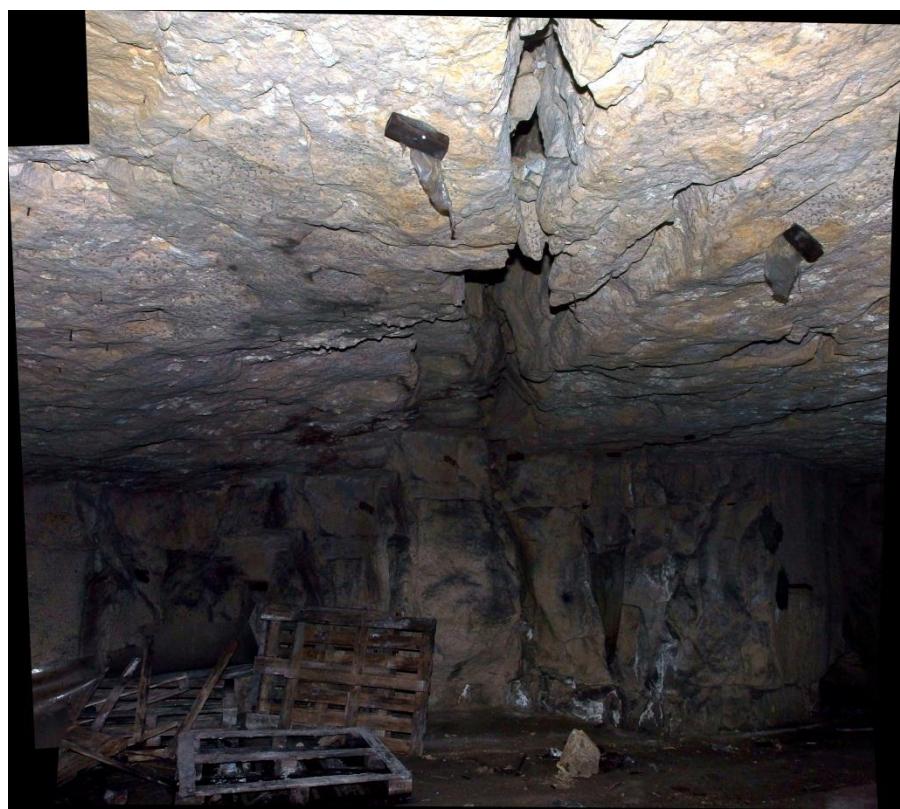


Illustration 54 – Fente de décompression et fissures mécaniques à 20 m de la sortie (zone K-d)



Illustration 55 - Zone confortée avec présence de piliers en béton (zone K-e)



Illustration 56 – Fractures et présence de fines sur bâche plastique (ruissellement probable) (zone K-h)



Illustration 57 – Fractures avec racines (zone K-j)

d. Divers

Données géomécaniques

Non collectées.

Chauves-souris

Aucun individu n'a été observé lors des visites du 28/10/2014, du 30/10/2014 et du 12/11/2014 dans la carrière ouest. Cependant, à cette date, peu d'individus ont été vus dans les différentes carrières visitées du fait notamment de la douceur des températures.

Données acquises sur le long terme (suivi de l'évolution) : Visites régulières, Instrumentation

Aucune information n'a été collectée alors qu'il existe vraisemblablement des données (toutefois loin d'être exhaustives).

4. SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS

Les différentes configurations rencontrées dans les carrières de Fleury-sur-Orne ne peuvent se synthétiser en deux mots : ces carrières sont vastes et variées tant dans leur géométrie (hauteurs des vides, largeurs des couloirs et des chambres, sections des piliers) que dans leur état (sain, conforté, voire effondré). Ainsi, l'établissement d'un pré-diagnostic (*a fortiori* d'un diagnostic détaillé) nécessite de parcourir de grandes distances et de faire un nombre très importants de relevés. La présence de bâches liée à l'exploitation des champignonnières dans de nombreux secteurs semble indiquer qu'il n'existe pas d'inspection visuelle régulière de ces carrières qui sous-cavent pourtant des zones à enjeux.

Bien que les épaisseurs de recouvrement de ces carrières soit relativement faibles - ce qui réduit le chargement des piliers et le risque d'effondrement généralisé, encore que dans certains secteurs le grand élancement des piliers soit un facteur aggravant d'instabilité -, il est notable qu'il existe des zones à enjeux (maisons individuelles, immeubles, centres commerciaux, chaussée) sous cavées par des secteurs de carrière présentant un état de dégradation qui paraît avancé.

Il faut noter aussi que la hauteur des cavités, généralement supérieure à 5m, souvent de l'ordre de l'épaisseur de la couverture, est un facteur aggravant. Toute instabilité remontant jusqu'à la surface provoquerait une chute instantanée de plusieurs mètres de la surface et de ce qu'elle supporte. Aucune construction ne supporterait un tel phénomène.

L'Illustration 58 fournit la liste des sites qui nécessiteraient à court terme, d'après nos observations, a minima un diagnostic complémentaire (niveau 3 ou 4) voire la mise en œuvre de confortements. Cette liste n'est pas exhaustive car toutes les carrières n'ont pu être visitées dans le cadre de la présente étude (carrière Saingt, carrière sous-cavant Simply notamment). L'Illustration 52 montre la localisation de ces différentes zones.

Site	Observations	Référence
Carrières des Coteaux notée G (en face de la carrière Saingt)	Présence de fissures mécaniques qui recoupent deux diaclases au niveau de maisons individuelles	Annexe 5 – p.31
Carrières des Coteaux notée H	Présence d'une zone de faille (zone broyée sur une vingtaine de mètres)	Annexe 5 – p.32
Carrières des Coteaux notée I	Zone présentant des piliers défruités ayant été confortée au moyen de piliers maçonné dont un est en ruine	Annexe 5 – p.34
Carrière des Coteaux J sud	Carrière fortement dégradée avec présence de maisons individuelles (zone non vue)	Annexe 5 – p.35
Carrière des Coteaux J nord	Zone en partie effondrée sous le chemin des coteaux	Annexe 5 – p.36 et 37
Carrière des Coteaux K nord	Zone où le toit est très dégradé, la hauteur de recouvrement très faible. Bruits entendus en provenance de la maison	Annexe 5 – p.40
Carrière des Coteaux K sud	Nombreuses diaclases dont certaines avec ruissellement à proximité du groupe scolaire	Annexe 5 – p.40
Sud de la carrière de Pochiet Nord	Tranchée remblayée avec mouvement actif, chambre nord de très grande hauteur et chambre sud, plus ancienne, fortement dégradée.	Annexe 5 – p.19 à 22

Illustration 58 – Liste des sites devant faire l'objet d'investigations complémentaires à court terme

Par ailleurs, il est préconisé de poursuivre les efforts de connaissance de la géométrie des carrières à Fleury-sur-Orne (si cela n'a pas été déjà réalisé par ailleurs). En effet, certaines carrières visitées n'apparaissaient sur aucun plan à notre disposition. L'amélioration de cette connaissance peut être réalisée dans un premier temps au moyen de recherches documentaires complémentaires auprès des spéléologues et des archives départementales (notamment recherche du pt BDCavité BNOAA0004350) et par la poursuite des leviers topographiques *a minima* sous les zones à enjeux. Par ailleurs, un point spécifique sur les puits pourrait être réalisé (recherche *in situ* des puits figurant sur les plans disponibles, recherche documentaire sur l'existence d'autres puits, cartographie, etc.). En effet, l'historique sommaire réalisé nous mentionne l'existence *a minima* d'un puits au niveau des carrières Saingt et de plusieurs puits au niveau des carrières de Pochiet, les plans consultés montrent l'existence de plusieurs petits puits (non mentionnés dans le document de présentation de la ZAC des Hauts de l'Orne) et les photos aériennes montrent des indices d'autres puits.

Il est également préconisé de réaliser un pré-diagnostic complémentaire dans les secteurs non visités dans le cadre de la présente étude et notamment dans les zones non accessibles où il existe encore des vides (carrière de Saingt, carrière qui sous-cave le centre commercial Simply) et de s'assurer que la carrière sud de Pochiet a bien été comblée.

Il est également préconisé de réaliser sous les zones à enjeux des diagnostics géotechniques de niveau 3 voire 4 et de mettre en place des inspections régulières de suivi dont la périodicité est à définir en fonction des sites. Cette préconisation concerne également l'emprise de la ZAC des Hauts de l'Orne, même s'il n'est pas, à l'heure actuelle, prévu de construction sur les secteurs A et B de l'étude TECHSOL (aménagement notamment en parc urbain)².

Enfin, il est recommandé de ne pas négliger les aspects patrimoniaux (architecture et archéologiques notamment) et biologiques dans tous projets relatifs au confortement de ces sites.

A terme, il y aurait lieu d'envisager la mise en place d'un suivi adapté qui demandera du fait de la superficie très importante des carrières, une méthodologie spécifique, notamment pour le positionnement et la récupération des observations précédentes de manière à évaluer l'évolution des carrières.

² Vérifier *a minima* la réalisation de l'étude géotechnique mentionnée

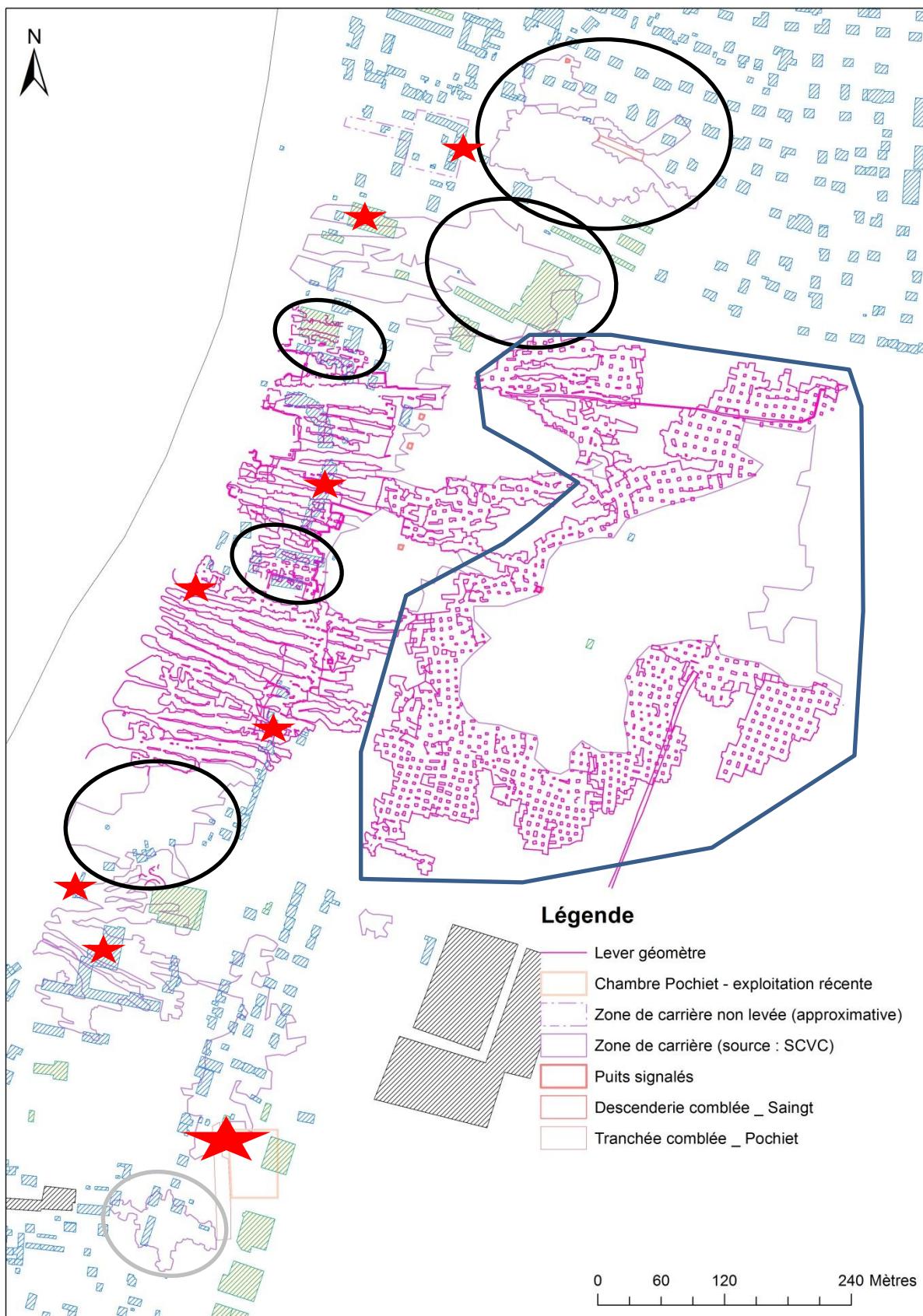


Illustration 59 - Localisation des sites devant faire l'objet, à court terme, d'investigations complémentaires (étoiles rouges) et des sites non visités (entourés en noir) ou non visités en grande partie mais sans enjeux actuels et devant faire l'objet d'étude géotechnique (entouré en bleu) ou encore des sites non visités mais a priori remblayés (entourés en gris)

5. PRINCIPALES SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dujardin et Butaeye (2009) – Les réfugiés dans les carrières pendant la bataille de Caen juin-juillet 1944. Ouvrage aux éditions Ouest-France.

Rapport de présentation de la ZAC d'aménagement concerté des Hauts de l'Orne à Fleury-sur-Orne



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Direction régionale Basse Normandie
4 Avenue de Cambridge
Citis "Odyssée" Bât F 1er étage
14200 HEROUVILLE ST CLAIR – France
Tél. : 02 31 06 66 40