



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

## PRÉFÈTE DE L'ORNE

Direction départementale  
des Territoires

Affaire suivie par : Pascale FRULEUX

Tél. 02 33 32 51 35

Courriel : ddt-sacr-prgc@orne.gouv.fr

Alençon, le

La Préfète

à

Monsieur Philippe Ledenvic  
MTES/CGEDD/Ae

Objet : examen au cas par cas de l'autorité environnementale – PPR Mouvement de terrain commune de Saint Langis-lès-Mortagne

PJ : Cerfa n° 14734\*02 demande d'examen au cas par cas – plan de situation– localisation environnement proche – localisation environnement paysage lointain - diagnostic carrière BRGM – ZNIEFF 2 – Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne 2016-2017

Une étude de la DREAL, menée par le BRGM, a permis d'identifier le périmètre visitable et l'état d'une cavité sise dans le quartier de l'ancienne gare de Saint Langis-lès-Mortagne.

Un porté à connaissance de la DREAL a informé le Maire que sept habitations sont incluses dans ce périmètre et potentiellement soumises à un risque de mouvement de terrain.

Une première phase de recherches géophysiques (microgravimétrie...) fait apparaître de nombreux éboulements à l'intérieur des cavités ainsi que des présomptions de continuités de la cavité.

La proximité de nombreux enjeux (10 habitations, 3 commerces, 2 ICPE) potentiellement impactés, requiert des investigations complémentaires afin de définir l'emprise à prendre en compte. Un PPR a été prescrit par Mme La Préfète de l'Orne, le 09 novembre 2017 au vu des résultats de l'étude du BRGM.

Les articles R122-18 et R122-21 du code de l'environnement, relatifs à l'évaluation de certains plans ou programmes ayant une incidence sur l'environnement, soumettent à la procédure d'examen au cas par cas l'opportunité de réaliser une évaluation environnementale des PPR naturels.

À ce titre, je sollicite votre avis sur la nécessité ou non d'une telle évaluation du projet de PPR Mouvement de terrain de la commune de Saint Langis-lès-Mortagne.

  
Chantal CASTELNOT

TOUTE CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE DE MANIÈRE IMPERSONNELLE À L'ADRESSE SUIVANTE :

Madame la Préfète de l'Orne – B.P. 529 – 61018 ALENÇON CEDEX

Internet : [www.orne.gouv.fr](http://www.orne.gouv.fr)

## Demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation d'une étude d'impact

Article R. 122-3 du code de l'environnement



N° 14734\*02

*Ce formulaire n'est pas applicable aux installations classées pour la protection  
de l'environnement*

*Ce formulaire complété sera publié sur le site internet de l'autorité administrative de l'Etat  
compétente en matière d'environnement*

**Avant de remplir cette demande, lire attentivement la notice explicative**

Cadre réservé à l'administration		
Date de réception 13/07/2018	Dossier complet le 13/07/2018	N° d'enregistrement F-028-18-P-0057

### 1. Intitulé du projet

Plan de Prévention des risques naturels - Mouvement de terrain dû à des cavités souterraines sur la commune de Saint Langis Lès Mortagne (Orne)

### 2. Identification du maître d'ouvrage ou du pétitionnaire

#### 2.1 Personne physique

Nom  Prénom

#### 2.2 Personne morale

Dénomination ou raison sociale

Nom, prénom et qualité de la personne  
habilitée à représenter la personne morale

RCS / SIRET  Forme juridique

**Joignez à votre demande l'annexe obligatoire n°1**

### 3. Rubrique(s) applicable(s) du tableau des seuils et critères annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et dimensionnement correspondant du projet

N° de rubrique et sous rubrique	Caractéristiques du projet au regard des seuils et critères de la rubrique
Article R122-17-II 2°	Plan de prévention des risques naturels prévisibles (art. L562-1 du CE)

### 4. Caractéristiques générales du projet

**Doivent être annexées au présent formulaire les pièces énoncées à la rubrique 8.1 du formulaire**

#### 4.1 Nature du projet

Une étude de la DREAL, menée par le BRGM, a permis d'identifier une cavité dans le quartier de l'ancienne gare de Saint Langis les Mortagne.  
Cette première étude a permis de faire apparaître le périmètre visitable de la cavité. Un porté à connaissance de la DREAL a déjà informé le Maire que sept habitations sont déjà incluses dans ce périmètre.  
Toutefois, de nombreux éboulements à l'intérieur des cavités et une première phase de recherche géotechnique (microgravimétrie...) font apparaître des continuités très probables de la cavité.  
La proximité de nombreux enjeux (10 habitations, 3 commerces, 2 ICPE) potentiellement impactés, nécessite la mise en œuvre d'étude géotechnique complémentaire, objet de la demande, afin de définir l'emprise à prendre en compte dans un futur PPR cavité. Le PPR a été prescrit par Mme La Préfète de l'Orne, le 09 novembre 2017 suite aux résultats de l'étude du BRGM.



## **4.2 Objectifs du projet**

L'objectif du projet est d'établir un zonage d'effondrement et de tassement du sol. Ce document sera annexé aux documents d'urbanisme afin d'en réglementer la constructibilité sur le territoire de la commune.

## **4.3 Décrivez sommairement le projet**

### **4.3.1 dans sa phase de réalisation**

L'étude prévue sur 9 mois hors concertation, enquête publique et d'éventuelles investigations complémentaires est séquencée en 5 phases:

Phase 1: Recherche documentaire et report cartographique\*

Phase 2: Cartographie des cavités et des aléas - Détermination du périmètre soumis à l'aléa - Possibilité d'investigations mécanisées

Phase 3: Cartographie des enjeux

Phase 4: Cartographie du zonage réglementaire - Rédaction du règlement

Phase 5: Proposition des recommandations en matière d'étude et de travaux pour la définition des mesures de prévention, protection et sécurité.

### **4.3.2 dans sa phase d'exploitation**

Pas de phase d'exploitation

#### 4.4.1 A quelle(s) procédure(s) administrative(s) d'autorisation le projet a-t-il été ou sera-t-il soumis ?

La décision de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement devra être jointe au(x) dossier(s) d'autorisation(s).

Enquête publique  
Déclaration d'Utilité Publique (DUP)  
Expropriation ou délaissement en fonction des résultats de l'étude

#### 4.4.2 Précisez ici pour quelle procédure d'autorisation ce formulaire est rempli

Enquête publique  
DUP

#### 4.5 Dimensions et caractéristiques du projet et superficie globale (assiette) de l'opération - préciser les unités de mesure utilisées

Grandeurs caractéristiques	Valeur
Surface visible de la carrière (concerne la partie qui a pu être cartographiée, les superficies de vides et les volumes de l'ensemble de la carrière sont probablement plus importants) Surface du projet	Nombre de piliers: 45 - Superficie des vides (surface exploitée): >2610m <sup>2</sup> Superficie totale (vides+piliers): >3050m <sup>2</sup> Taux de défrètement moyen: 85% Moyenne des hauteurs de vides: 0,88m Volume approximatif (superficie des vides x Hmoy des vides) : 2296m <sup>3</sup> Épaisseur de recouvrement: en moyenne entre 4,23m et 5,78m  L'étude doit déterminer la surface d'emprise de la carrière

#### 4.6 Localisation du projet

##### Adresse et commune(s) d'implantation

Commune de Saint Langis  
les Mortagne  
1 Rue du Bourg,  
61400 Saint-Langis-lès-Mortagne

##### Coordonnées géographiques<sup>1</sup>

Long. 0° 32' 57" E Lat. 48° 30' 36" N

##### Pour les rubriques 5° a), 6° b) et d), 8°, 10°, 18°, 28° a) et b), 32° ; 41° et 42° :

Point de départ : Long. \_\_\_° \_\_\_' \_\_\_" Lat. \_\_\_° \_\_\_' \_\_\_"

Point d'arrivée : Long. \_\_\_° \_\_\_' \_\_\_" Lat. \_\_\_° \_\_\_' \_\_\_"

Communes traversées :

4.7 S'agit-il d'une modification/extension d'une installation ou d'un ouvrage existant ?

Oui  Non

4.7.1 Si oui, cette installation ou cet ouvrage a-t-il fait l'objet d'une étude d'impact ?

Oui  Non

4.7.2 Si oui, à quelle date a-t-il été autorisé ?

4.8 Le projet s'inscrit-il dans un programme de travaux ?

Oui  Non

Si oui, de quels projets se compose le programme ?

<sup>1</sup> Pour l'outre-mer, voir notice explicative



## 5. Sensibilité environnementale de la zone d'implantation envisagée

### 5.1 Occupation des sols

Quel est l'usage actuel des sols sur le lieu de votre projet ?

PLUI du Bassin de Mortagne au Perche

Existe-t-il un ou plusieurs documents d'urbanisme (ensemble des documents d'urbanisme concernés) réglementant l'occupation des sols sur le lieu/tracé de votre projet ?

Oui

Non

Si oui, intitulé et date d'approbation :  
Précisez le ou les règlements applicables à la zone du projet

Approuvé le 06/02/2017

Pour les rubriques 33° à 37°, le ou les documents ont-ils fait l'objet d'une évaluation environnementale ?

Oui

Non

### 5.2 Enjeux environnementaux dans la zone d'implantation envisagée :

Complétez le tableau suivant, par tous moyens utiles, notamment à partir des informations disponibles sur le site internet <http://www.developpement-durable.gouv.fr/etude-impact>

Le projet se situe-t-il :	Oui	Non	Lequel/Laquelle ?
dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique de type I ou II (ZNIEFF) ou couverte par un arrêté de protection de biotope ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ZNIEFF 2 Identifiant national :250013527 Coteaux à l'Ouest de Mortagne au Perche
en zone de montagne ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
sur le territoire d'une commune littorale ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans un parc national, un parc naturel marin, une réserve naturelle (régionale ou nationale) ou un parc naturel régional ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
sur un territoire couvert par un plan de prévention du bruit, arrêté ou le cas échéant, en cours d'élaboration ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

dans une aire de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine ou une zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans une zone humide ayant fait l'objet d'une délimitation ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans une commune couverte par un plan de prévention des risques naturels prévisibles ou par un plan de prévention des risques technologiques ? si oui, est-il prescrit ou approuvé ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans un site ou sur des sols pollués ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans une zone de répartition des eaux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau destiné à l'alimentation humaine ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
dans un site inscrit ou classé ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Apparaît sur la base Mérimée au titre du patrimoine industriel, l'usine de cartonnerie ainsi que l'usine à gaz désaffectée à proximité de la carrière
<b>Le projet se situe-t-il, dans ou à proximité :</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>	<b>Lequel et à quelle distance ?</b>
d'un site Natura 2000 ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
d'un monument historique ou d'un site classé au patrimoine mondial de l'UNESCO ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



6. Caractéristiques de l'impact potentiel du projet sur l'environnement et la santé humaine

6.1 Le projet envisagé est-il susceptible d'avoir les incidences suivantes ?

Veillez compléter le tableau suivant :

Domaines de l'environnement :		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? <i>Appréciez sommairement l'impact potentiel</i>
<b>Ressources</b>	engendre-t-il des prélèvements d'eau ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	impliquera-t-il des drainages / ou des modifications prévisibles des masses d'eau souterraines ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	est-il excédentaire en matériaux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	est-il déficitaire en matériaux ? Si oui, utilise-t-il les ressources naturelles du sol ou du sous-sol ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Milieu naturel</b>	est-il susceptible d'entraîner des perturbations, des dégradations, des destructions de la biodiversité existante : faune, flore, habitats, continuités écologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	est-il susceptible d'avoir des incidences sur les zones à sensibilité particulière énumérées au 5.2 du présent formulaire ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

	Engendre-t-il la consommation d'espaces naturels, agricoles, forestiers, maritimes ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Risques et nuisances</b>	Est-il concerné par des risques technologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques naturels ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Risques d'effondrement de la cavité en milieu urbain
	Engendre-t-il des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Commodités de voisinage</b>	Est-il source de bruit ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des nuisances sonores ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des odeurs ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des nuisances olfactives ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	



	Engendre-t-il des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Pollutions</b>	Engendre-t-il des rejets polluants dans l'air ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des rejets hydrauliques ? Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il la production d'effluents ou de déchets non dangereux, inertes, dangereux ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Patrimoine / Cadre de vie / Population</b>	Est-il susceptible de porter atteinte au patrimoine architectural, culturel, archéologique et paysager ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des modifications sur les activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisme / aménagements) ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Le règlement du PPR aura une incidence sur l'urbanisme et l'aménagement

**6.2 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'être cumulées avec d'autres projets connus ?**

Oui  Non  Si oui, décrivez lesquelles :

**6.3 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'avoir des effets de nature transfrontière ?**

Oui  Non  Si oui, décrivez lesquels :

### 7. Auto-évaluation (facultatif)

Au regard du formulaire rempli, estimez-vous qu'il est nécessaire que votre projet fasse l'objet d'une étude d'impact ou qu'il devrait en être dispensé ? Expliquez pourquoi.



## 8. Annexes

### 8.1 Annexes obligatoires

Objet	
1	L'annexe n°1 intitulée « informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire » - <b>non publiée</b> ;
2	Un plan de situation au 1/25 000 ou, à défaut, à une échelle comprise entre 1/16 000 et 1/64 000 (Il peut s'agir d'extraits cartographiques du document d'urbanisme s'il existe) ;
3	Au minimum, 2 photographies datées de la zone d'implantation, avec une localisation cartographique des prises de vue, l'une devant permettre de situer le projet dans l'environnement proche et l'autre de le situer dans le paysage lointain ;
4	Un plan du projet <u>ou</u> , pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux rubriques 5° a), 6° b) et d), 8°, 10°, 18°, 28° a) et b), 32°, 41° et 42° un projet de tracé ou une enveloppe de tracé ;
5	<b>Sauf pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux rubriques 5° a), 6° b) et d), 8°, 10°, 18°, 28° a) et b), 32°, 41° et 42°</b> : plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les canaux, plans d'eau et cours d'eau ;

### 8.2 Autres annexes volontairement transmises par le maître d'ouvrage ou pétitionnaire

Veuillez compléter le tableau ci-joint en indiquant les annexes jointes au présent formulaire d'évaluation, ainsi que les parties auxquelles elles se rattachent

Objet

## 9. Engagement et signature

Je certifie sur l'honneur l'exactitude des renseignements ci-dessus

Fait à

ALENÇON

le,

13 JUIN 2018

Signature

**Le Directeur Départemental  
des Territoires de l'Orne**

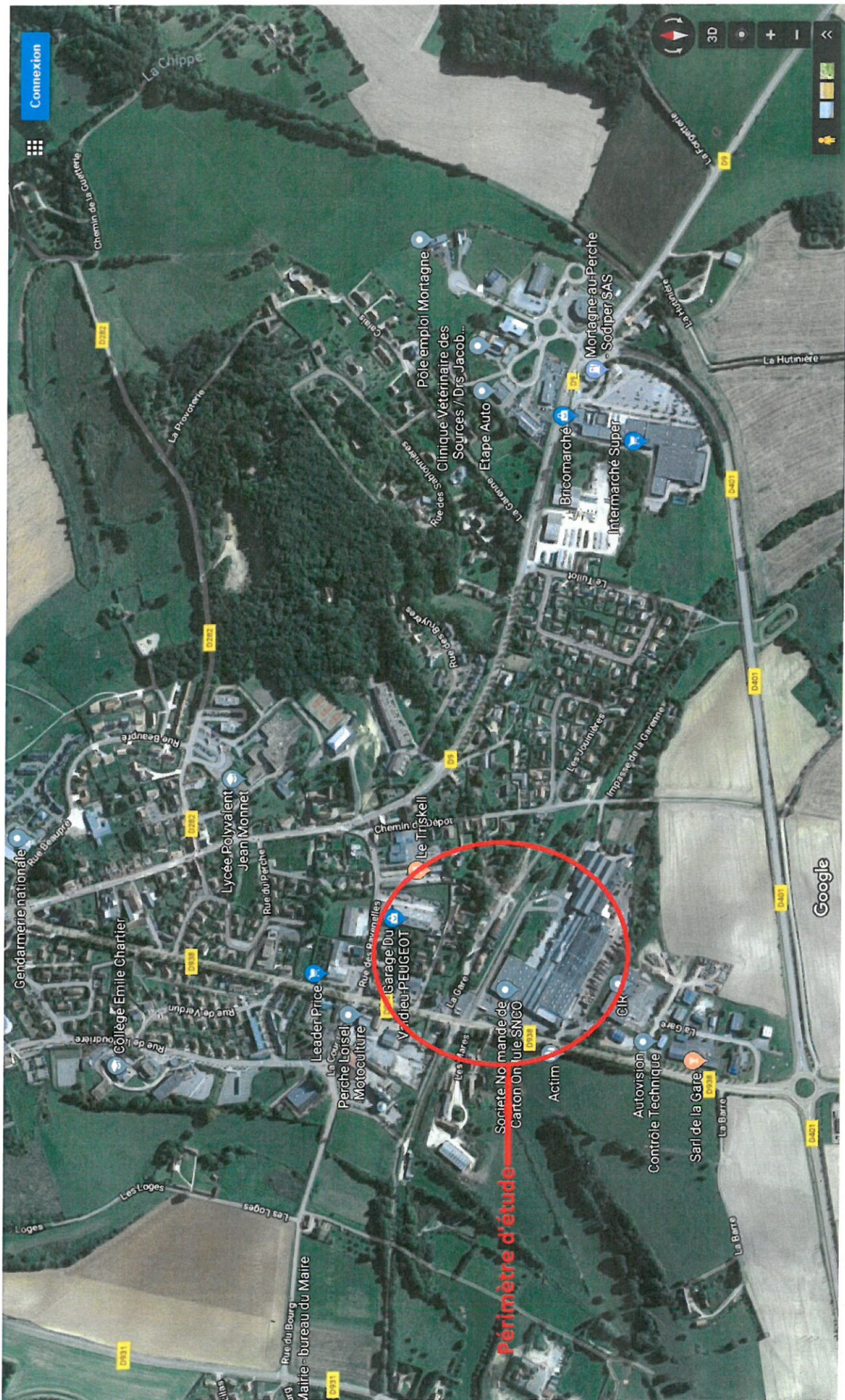
**Vincent ROYER**



# Périmètre d'étude paysage lointain







Connexion

3D + - <<

Google

**Périmètre d'étude**

Société No mande de  
Carton On lue SNGO

Chemin de la Chapelle  
La Chippe  
La Provotière  
Gendarmerie nationale  
Rue Beaupré  
Rue de la Houillère  
Colège Emile Charlier  
Rue de Verdun  
Lycée Polyvalent Jean Monnet  
Rue du Perche  
Leader Price  
Perche Loisell Motoculture  
Rue des Pavailles  
Le Garage Du  
V. dieu PEUGEOT  
Le Triskell  
Chemin d'épôt  
Rue des Sables  
Les Jares  
Mairie - bureau du Maire  
Rue du Bourg  
La Gare  
Actim  
Sarl de la Gare  
La Barre  
La Gare  
Autovision  
Contrôle Technique  
CIR  
Le Tullot  
Les Sables  
Impasse de la Carrière  
Intermarché Super  
Bricomarché  
Mortagne-au-Perche  
Sodiper SAS  
La Hutinière  
La Forêt  
La Forêt  
Rue des Sables  
Etape Auto  
Clinique Vétérinaire des Sources / Drs Jacob...  
Pôle emploi Mortagne  
Garnie



## Annexe 2 – Plan de situation

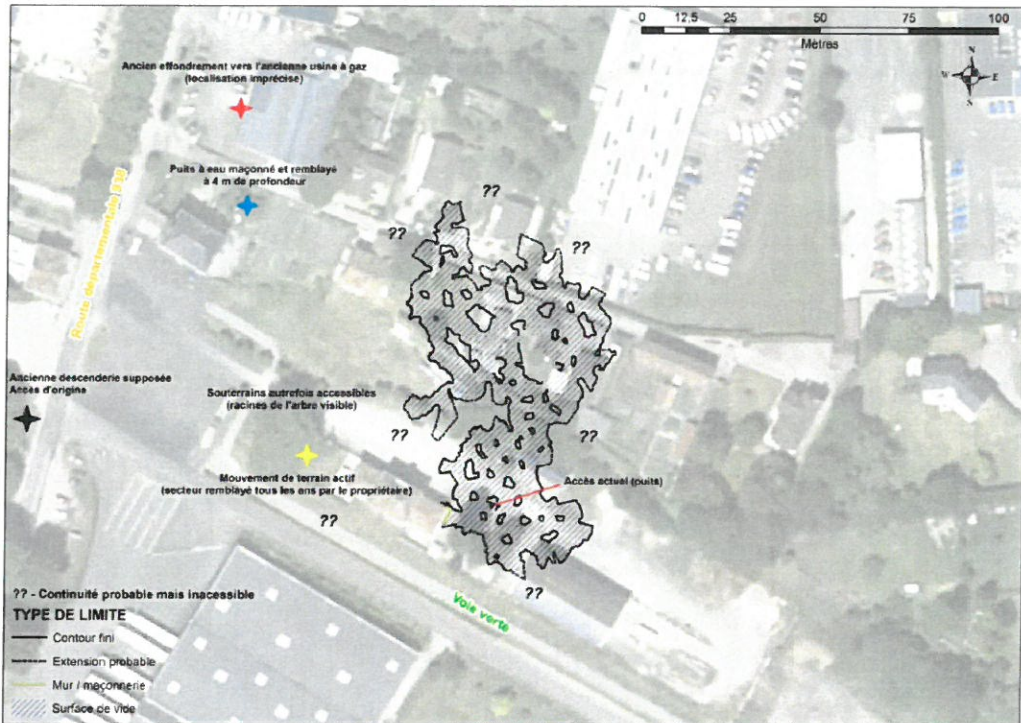


Illustration 7 : Plan de situation de la carrière souterraine de l'ancienne gare (partie visitée) et localisation des informations fournies par l'enquête de voisinage

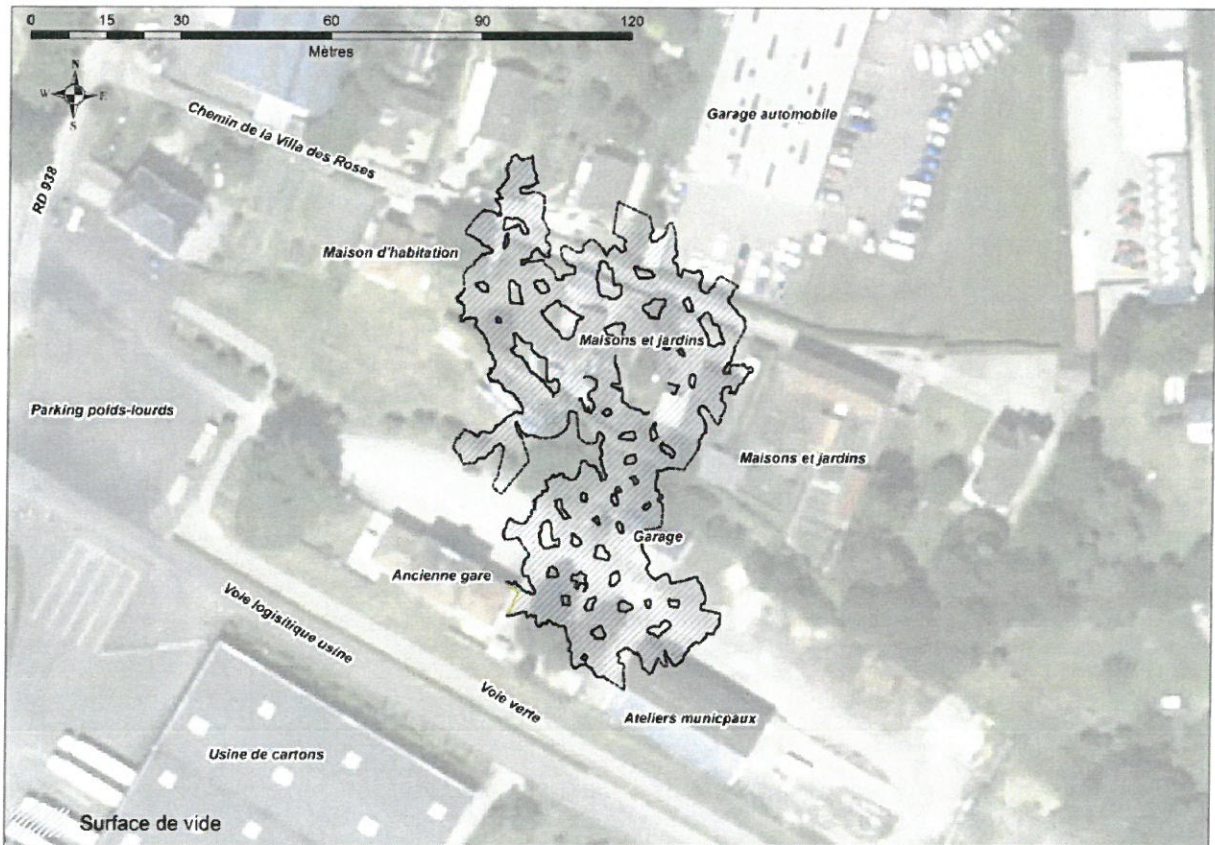


Illustration 8 : Localisation des principaux enjeux situés au droit et à proximité de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne



**Évaluation environnementale des PPR naturels  
Examen au cas par cas de l'Autorité environnementale**

**Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrain - Saint Langis les Mortagne**

Cadre réservé à l'autorité environnementale	
Référence du dossier	
Date de réception	

**A) Description des caractéristiques principales du document**

Renseignements généraux	
Service compétent	Direction Départementale des Territoires de l'Orne (DDT 61)
Coordonnées du service	Cité administrative -place Bonet – 61017 Alençon
Secteur concerné	<p>Une étude de la DREAL, menée par le BRGM, a permis d'identifier une cavité dans le quartier de l'ancienne gare de Saint Langis-lès-Mortagne.</p> <p>Cette première étude a permis de cartographier le périmètre visitable de la cavité et d'en évaluer l'état. Un porté à connaissance de la DREAL a informé le Maire que sept habitations sont incluses dans ce périmètre et potentiellement exposées à des risques de mouvement de terrain.</p> <p>Une première phase de recherches géophysiques (microgravimétrie...) fait apparaître de nombreux éboulements à l'intérieur des cavités ainsi que des présomptions de continuités de la cavité.</p> <p>La proximité de nombreux enjeux (10 habitations, 3 commerces, 2 ICPE) potentiellement impactés, appelle une campagne d'investigations géotechniques complémentaire, objet de la présente demande, afin de définir l'emprise à prendre en compte dans un futur PPR cavité. Un PPR a été prescrit par Mme La Préfète de l'Orne, le 09 novembre 2017 au vu des résultats de l'étude du BRGM.</p> <p><i>Voir carte jointe en annexe.</i></p>
Procédure concernée	Élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Mouvement de terrain
Document existant précédemment	Aucun

Renseignements sur l'Aléa	
Type	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ effondrement</li> <li>➤ tassement du sol</li> </ul>
Cinétique	<p>D'une manière générale, l'état de stabilité de la carrière souterraine de l'ancienne gare de Saint-Langis-lès-Mortagne est <u>mauvais à très mauvais</u>, dans la mesure où de nombreuses instabilités de toit et des piliers en état de post-rupture, ont été observés dans la partie «sud» de la carrière, qui sous-cave notamment le parking de la gare et des jardins d'habitations. Dans ce secteur, l'épaisseur moyenne du recouvrement est de 4,2 m (traitement des données « ZEB-REVO ») et peut être réduite à 3 m au droit de larges zones de chutes de toit.</p> <p>Pour le secteur «nord», les plans réalisés à partir du nuage de point 3D du levé « ZEB-</p>

	<i>REVO</i> » mettent également en évidence de larges instabilités de toit. Au niveau de ces instabilités, les épaisseurs de recouvrement peuvent se réduire à moins de 2,5 m, et cela à proximité d'enjeux, comme c'est le cas pour une large chute de toit située au nord de la carrière souterraine, sous le chemin de la Villa des Roses et en bordure d'une maison d'habitation (l'annexe 3 illustre ces désordres constatés).
Éléments historiques	Le rapport du BRGM retrace les premières constatations vérifiées dans la cavité ainsi que les présomptions révélées suites aux premières mesures . Il figure en annexe.

**B) Description des caractéristiques principales, de la valeur et de la vulnérabilité de la zone susceptible d'être touchée par la mise en œuvre du document.**

Renseignements sur l'enjeu de la commune concernée par le document	
Population actuelle des communes exposées selon l'INSEE	Sur le périmètre d'études, on dénombre environ 120 habitants.
Emplois actuels des communes exposées selon l'INSEE	Environ 230 emplois sont implantés sur le périmètre d'étude.(service technique de la commune, garages, et entreprise de cartonnage)
ICPE soumises à autorisation présente dont SEVESO	<p>ICPE soumises à autorisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ HOWMET Métallurgie à Dives-sur-mer</li> <li>➤ MITSUI-EUROCEL à Dives-sur-mer</li> <li>➤ Communauté de Communes de l'Estuaire de la Dives à Périers-en-Auge</li> </ul> <p>Aucune de ces activités n'est classée SEVESO</p>
Captage AEP	Aucun
Milieux naturels	ZNIEFF de type 2
Le territoire est-il / sera-t-il couvert par d'autres documents stratégiques ?	<p><b>Documents de Planification en vigueur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PLUI du bassin de Mortagne au Perche</li> </ul> <p><b>Gestion de la ressource en eau :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SAGE de l'Huisne</li> <li>➤ SDAGE Loire Bretagne</li> </ul>
En quoi le PPR pourrait-il contredire ou confirmer les orientations de ces plans ?	Le PPR vise à limiter le développement de l'urbanisation en zone soumise à effondrement ou tassement. Dès lors qu'il sera approuvé, le PPR mouvement de terrain vaudra servitude d'utilité publique et devra être annexé au PLUi. Aucune interaction avec la gestion de la ressource en eau n'est à envisager.

**C) Description des principales incidences sur l'environnement et la santé humaine de la mise en œuvre du document.**

Le PPR mouvement de terrain de Saint Langis-lès-Mortagne est opposable aux actes d'urbanisme. Il permettra d'améliorer la connaissance des aléas dans les zones exposées aux risques d'effondrement et de tassement, et d'y encadrer les usages et conditions d'occupation du sol.

Les principes généraux de prévention conduisent :

- à moduler, en zone urbaine, les règles d'urbanisme, de construction et d'aménagement en fonction du degré d'aléa auquel sont soumis les projets. Ainsi dans les zones d'aléa fort, toute construction nouvelle pourrait être interdite alors que dans les zones d'aléa moyen ou faible, des projets seraient autorisés sous conditions,
- à préciser, pour toutes les zones, les mesures applicables à l'existant.

Son règlement limitera l'augmentation du nombre de personnes et de biens exposés aux risques d'effondrement et de tassement, tout en permettant la poursuite d'une activité normale au regard des enjeux locaux (limitation de



l'implantation humaine permanente dans les zones à fort risque, limitation des biens exposés, maintien des activités sans accroissement de la vulnérabilité).

Les mesures de « prévention, de protection et de sauvegarde », au sens du II.3° de l'article L 562-1 du Code de l'Environnement, qui seront définies par le PPR mouvement de terrain sont de deux ordres :

- Prescriptions : relatives aux méthodes de constructibilité, à la gestion de crise (PCS, informations préventives, plans d'évacuation ERP), aux établissements et équipements sensibles (camping notamment).
- Recommandations.

#### **D) Conclusion :**

#### **Quelles sont selon vous, les conséquences majeures du plan sur l'environnement et la santé humaine ?**

Ce PPR mouvement de terrain vise la protection des personnes et des biens. ~~Il limitera l'extension de l'urbanisation en zone d'effondrement et de tassement et interdira toute urbanisation en zone d'aléa fort ou très fort.~~

Les conséquences de ce PPR mouvement de terrain seront donc positives sur l'environnement et la santé humaine par son rôle informatif sur l'exposition de la zone soumise aux risques effondrement et tassement, et son rôle prescriptif en termes de nouvelles constructions ou de stockage de produits toxiques, dangereux, polluants susceptibles de porter atteinte aux milieux naturels.

#### **Estimez-vous que ce document devrait faire l'objet d'une évaluation environnementale et pourquoi ?**

Ce projet de PPR mouvement de terrain vise à préserver les zones d'aléas de toute expansion incontrôlée de l'urbanisation et à maintenir un suivi de son évolution.

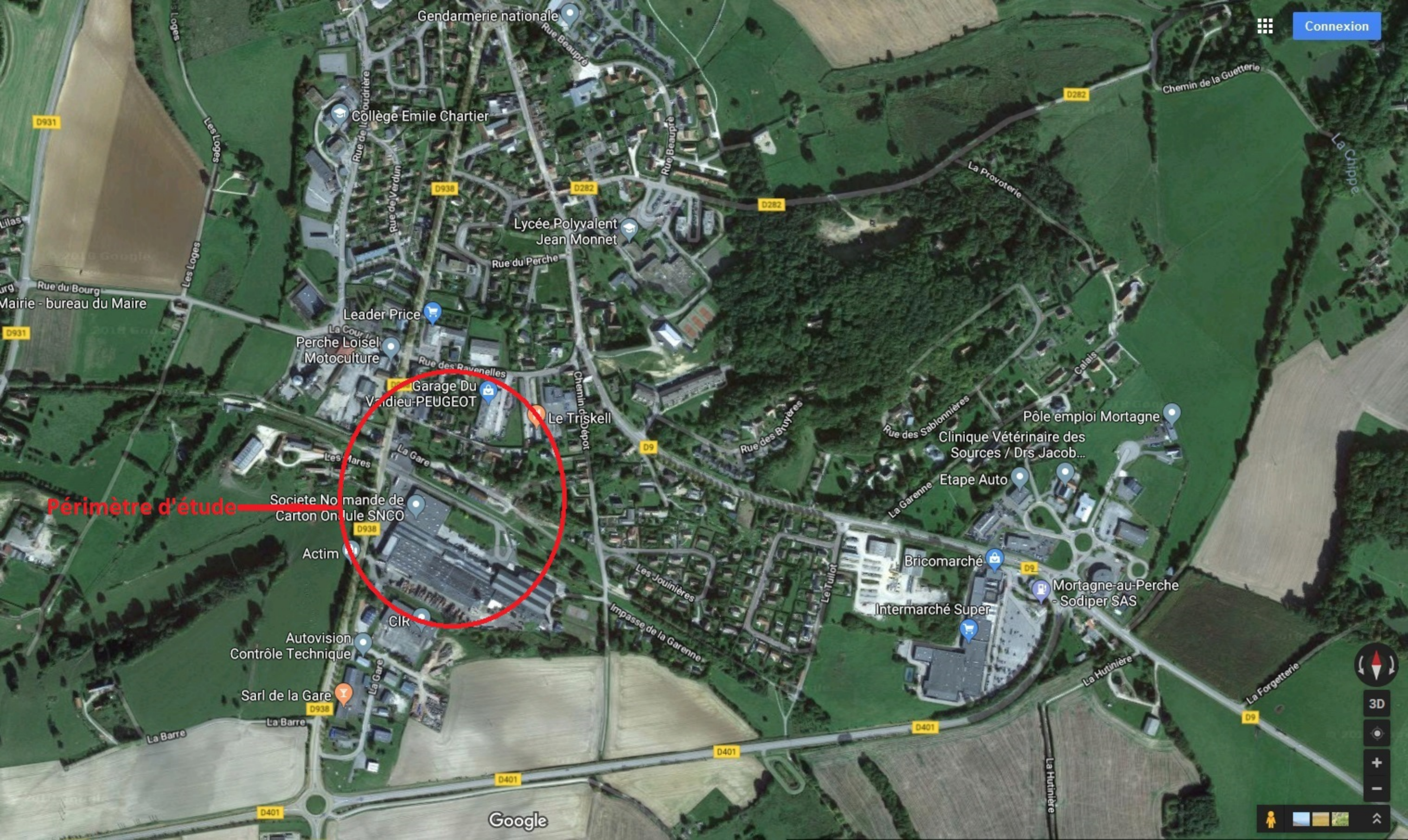
En première analyse, l'évaluation environnementale de l'élaboration du document ne semble pas s'imposer au regard de l'absence d'impact négatif, par son application, sur l'environnement.





périmètre d'étude





Gendarmerie nationale

Collège Emile Chartier

Lycée Polyvalent Jean Monnet

Leader Price

Perche Loisel Motoculture

Garage Du Vendeur PEUGEOT

Le Triskell

Societe Normande de Carton Onlule SNCO

Actim

Autovision Contrôle Technique

Sarl de la Gare



3D





## Carrière de la gare à Saint-Langis-lès-Mortagne

NOM USUEL	Carrière de l'ancienne gare
DEPARTEMENT	61
COMMUNAUTE DE COMMUNE	Bassin de Mortagne-au-Perche
N° DE CAVITE DANS LA BASE (A_INDICES_CAVITES)	Cavité n°2
ID BDCavité - BRGM	BNOAW0039357
ID BD DREAL	-
ETAT GENERAL	<b>MAUVAIS</b> à <b>TRES MAUVAIS</b>

### 1. CONTEXTE GENERAL

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines de l'ex-Basse-Normandie (années 2016-2017), mené en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a effectué le levé géométrique et le diagnostic de stabilité (niveau 1 – selon le guide de l'IFSTTAR) de la carrière souterraine abandonnée de Saint-Langis-lès-Mortagne. En outre, ce site a servi de terrain de test pour la mise en place de méthodes géophysiques pour la détection de vides souterrains, ainsi que pour utiliser une méthode de topographie innovante : le scanner laser portatif « ZEB-REVO ». Les visites se sont succédées entre juillet 2016 et avril 2017.

#### a. Situation géographique

Cette carrière souterraine est située sur la commune de Saint-Langis-lès-Mortagne (Communauté de Communes du Bassin de Mortagne-au-Perche), au niveau de la zone d'activité de la Gare. L'accès se fait depuis un puits situé devant l'ancienne gare, à l'est de la route départementale n°938 qui relie Bellême à Mortagne-au-Perche. Le puits est localisé aux coordonnées suivantes (Lambert 93) : X = 519 024 m ; Y = 6 826 117 m ; Z = 198 m NGF.

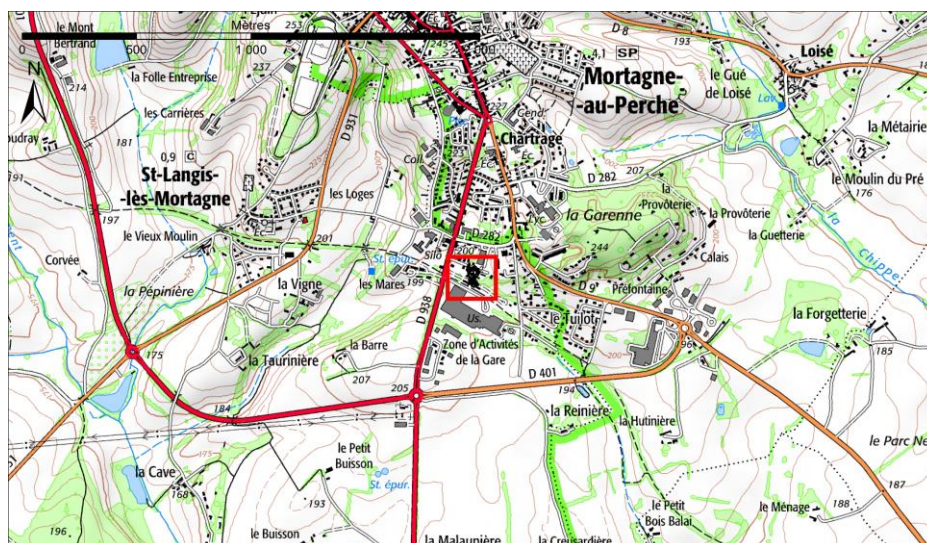


Illustration 1 : Localisation de la carrière souterraine de l'ancienne gare à Saint-Langis-lès-Mortagne sur la carte topographique du secteur (source : Scan25© de l'IGN)



## **b. Situation géologique**

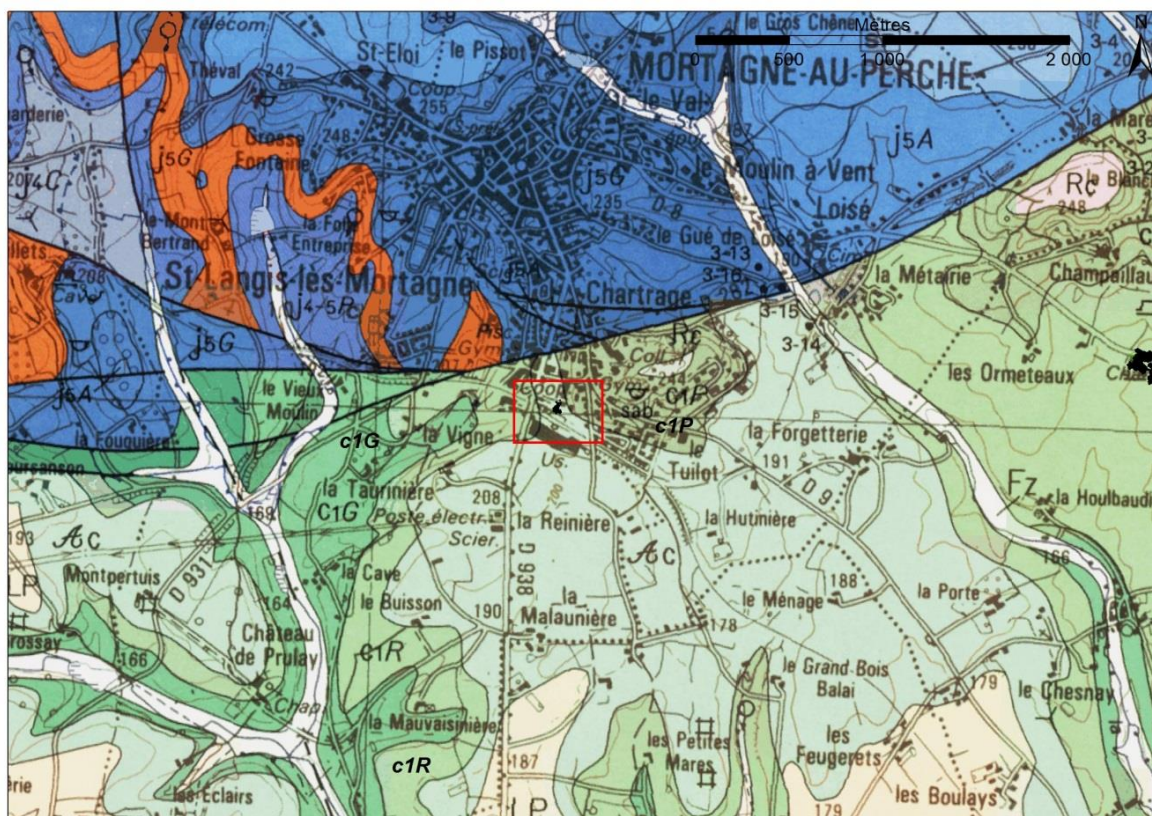
D'après la carte géologique de la France au 1/50.000, feuille de Mortagne-au-Perche (n°252, *Moguedet et al.*, 1998 - Illustration 2), la carrière de l'ancienne gare de Saint-Langis-lès-Mortagne est creusée dans la formation de la craie de Rouen, épaisse de 25 à 30 m et datée du Cénomaniens moyen (Crétacé supérieur). Cette formation a été fréquemment exploitée en Normandie pour la pierre de taille (moellons de craie pour la construction).

D'un point de vue lithologique, la craie de Rouen correspond à une craie blanche, tendre, peu cohérente, à silex relativement rares. Cette formation repose sur les craies glauconieuses du Cénomaniens inférieur. Dans le secteur, cet ensemble crayeux est soit recouvert par les argiles de décarbonatation de la craie, soit par les Sables du Perche du Cénomaniens supérieur, caractérisés par un faciès sableux caractéristique. Ces sables forment par exemple la butte-témoin située à l'est de la carrière, où ils ont été exploités à ciel ouvert. La craie de Rouen est marquée par une succession de trois niveaux indurés (hardgrounds : HG) d'importance régionale : le HG Rouen n°1, qui fixe la limite entre la Craie glauconieuse et la Craie de Rouen, et les HG Rouen n°2 et n°3.

Le ciel de la carrière de l'ancienne gare est constitué de l'un de ces hardgrounds (n°2 ou n°3), qui correspond à un banc pluri-décimétrique de craie glauconieuse à terriers remplis de glauconie. Les argiles de décarbonatation qui recouvrent les craies ne sont pas visibles sur le terrain et leur épaisseur n'est pas connue avec précision sur le secteur mais elles peuvent dépasser la dizaine de mètres, comme c'est le cas au niveau du sondage BSS 02523X0014/S1, situé à environ 2 kilomètres à l'ouest.

Enfin, d'un point de vue structural, le secteur est situé à environ 500 m au sud de la faille de Mortagne, qui met en contact les formations jurassiques avec les formations crétacées.





**Légende :**

- |  |  |
|--|--|
| Ac – Argile de décarbonatation de la craie | c1P – Sables du Perche (Cénomancien supérieur)   |
| c1R – Craie de Rouen (Cénomancien moyen)   | c1G – Craie glauconieuse (Cénomancien inférieur) |

Illustration 2 : Situation de la carrière de Saint-Langis-ès-Mortagne sur la carte géologique n°252 (BRGM)

### c. Connaissance des cavités

La carrière est bien connue de la mairie de Saint-Langis-ès-Mortagne et du voisinage. Elle est également signalée dans la notice de la carte géologique de Mortagne-au-Perche où il a été indiqué lors de sa rédaction que « la carrière qui se trouve sous l'agglomération de Courgeon est en très mauvais état et devrait faire l'objet d'attentions particulières étant donné son emplacement, tout comme celle de Saint-Langis située sous le parking de la gare de Mortagne ».

Malgré ces informations, cette cavité n'était ni recensée dans la base nationale des cavités souterraines (BDCavité, gérée par le BRGM), ni dans la base régionale gérée par la DREAL.

Un nouvel indice a donc été créé dans la BDCavité suite à l'expertise de la carrière (identifiant BNOAW0039357).

Enfin, la base de données nationale des mouvements de terrain (BDMvt), gérée par le BRGM et disponible sur le site internet Géorisques (<http://georisques.gouv.fr>) ne recense aucun évènement à proximité de la carrière souterraine, malgré les informations recueillies auprès du voisinage (cf. Données historiques).

#### d. Données historiques

Peu de données historiques existent sur cette carrière. Les recherches en archives n'ont pas permis de retrouver les dates de début et de fin de l'exploitation, mais plusieurs graffitis visibles dans la carrière donnent toutefois quelques informations intéressantes : l'exploitation a débuté avant 1840 (date signalée sur le plus ancien graffiti) et l'accès actuel semble avoir été creusé en 1895. Ce puits est d'ailleurs visible sur une série de cartes postales anciennes, datées du début du XX<sup>ème</sup> siècle (Illustration 4). La gare a été mise en service en 1873 (nivellement des terrains pour accueillir les rails). D'après la notice de la carte géologique de Mortagne-au-Perche, l'exploitation de la carrière de Saint-Langis aurait cessé en 1910.

Concernant l'accès d'origine, d'après les témoignages recueillis dans le voisinage, il pourrait s'agir d'une descenderie ou d'un accès en cavage situé à une centaine de mètres à l'ouest, de l'autre côté de la RD938, au lieu-dit « Les Mares ». Aucune photographie ancienne ni aucun article de presse faisant mention de cette descenderie n'a été retrouvé dans les archives, mais d'après la topographie du secteur, cette hypothèse semble tout à fait plausible.

En 2005 et 2006, le bureau d'études COULAIS Consultant est intervenu à deux reprises sur le site de l'ancienne gare, pour évaluer la faisabilité d'un projet de 10 logements :

- Septembre 2005 : implantation de 3 sondages pressiométriques (entre 6 et 10 m de profondeur) et 9 sondages de reconnaissance (9 m), qui ont détecté des vides liés à la présence d'une carrière souterraine. Cette campagne de reconnaissance avait également permis d'acquérir des informations intéressantes sur la nature géologique des terrains (il s'agit là des seules informations dont nous disposons à ce jour concernant les sondages effectués par COULAIS Consultant) :
  - o « *Vers l'ouest, des faciès à dominante d'argiles molles, sur des épaisseurs de 5 à 8 m, reposant sur de la craie raide, fragmentée* » ;
  - o « *Vers l'est, des craies molles, puis altérées à fragmentées, localement exploitées en carrières souterraines entre 3 et 5/6 m de profondeur* » ;
- Janvier 2006 : réalisation d'un diagnostic de stabilité (dossier n°M-05-10368).

Aucun levé géométrique n'a été réalisé par le bureau d'études en 2006, mais le rapport mentionne un plan très peu précis (fourni à l'époque par la mairie), qui indique la présence d'un « grand fontis » au nord-ouest de la carrière, une extension supposée vers l'ouest, et une surface de vide de l'ordre de 1600 m<sup>2</sup>. Cette surface s'avère toutefois sous-évaluée, puisque suite à sa visite, le bureau d'études indique une surface d'exploitation beaucoup plus importante, de l'ordre de 5 à 7 000 m<sup>2</sup> ou plus. Les conclusions du rapport donnent des informations particulièrement intéressantes sur l'état de stabilité de la carrière. Ces conclusions seront présentées dans le chapitre 2.

Enfin, l'enquête de voisinage a permis de signaler l'occurrence d'un effondrement dans les années 1980, au niveau de l'ancienne usine à gaz (située au nord de l'ancienne gare, sur le site de l'actuel garage automobile). Cet effondrement serait lié à des travaux de terrassement pour l'implantation d'une cuve de gaz. D'après les témoignages, l'effondrement aurait engendré la chute de cette cuve dans la cavité.



Vieillessement des carrières souterraines en Basse-Normandie (année 2016-2017)

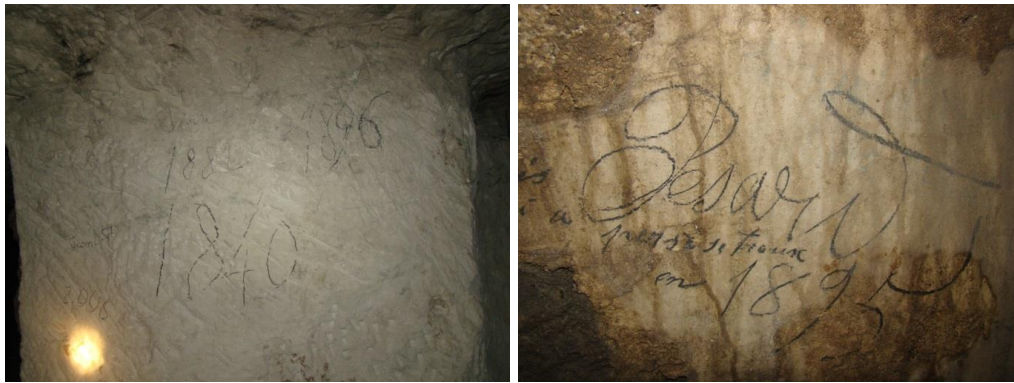


Illustration 3 : Graffitis mentionnant différentes dates, dont la plus ancienne « 1840 » permet de déterminer que la carrière était exploitée à cette date et 1895 pour le creusement du puits

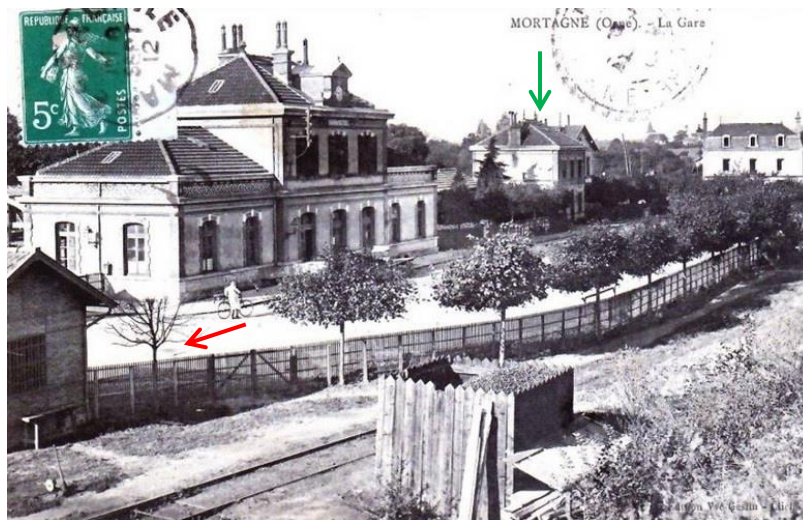


Illustration 4 : Carte postale ancienne de la gare de Saint-Langis (vers 1912 ?) sur laquelle est visible le puits d'accès (flèche rouge). Le bâtiment situé entre la gare et l'actuelle RD938 (flèche verte) n'existe plus

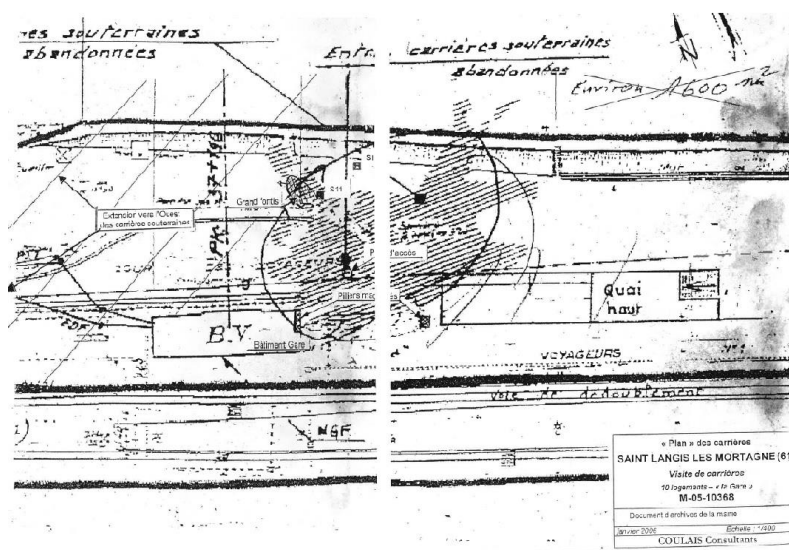


Illustration 5 : Unique schéma de l'emprise de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne connu avant la réalisation des topographies BRGM (source : COULAIS Consultant, 2006, issu des archives de la mairie (date inconnue)

## 2. CONSTAT - DIAGNOSTIC

Les visites sur le site se sont succédées entre juillet 2016 et avril 2017. La chronologie des interventions du BRGM est la suivante

- *Du 19 au 25 juillet 2016* : 1<sup>ère</sup> descente dans la carrière :
  - o Levé d'un plan global de l'emprise visitable par la méthode « classique » (distancemètre-laser et boussole) : la présence d'un fort taux de CO<sub>2</sub> a limité l'accès à la partie nord et rendu difficile les travaux de topographie – mise en place d'une ventilation forcée pendant toute la durée des opérations ;
  - o réalisation du diagnostic de stabilité (niveau 1) de la partie topographiée ;
- *Février 2017* : investigations géophysiques (micro-gravimétrie et électrique) ;
- *Avril 2017* : levé d'un plan de détail au scanner laser 3D « ZEB-REVO » de l'emprise visitable de la carrière souterraine. L'emprise d'avril 2017 est globalement deux fois supérieure à l'emprise de juillet 2016. Le plan dressé en avril 2017 recoupe des zones investiguées par la géophysique.

### a. Environnement de surface de la carrière / enjeux

D'après le plan de détail levé au scanner laser portatif « ZEB-REVO », la carrière souterraine se développe sous de nombreux enjeux : parking de l'ancienne gare, maisons d'habitation, jardins, voirie, atelier municipal (Illustration 7).

Il est important de souligner que le plan réalisé par le BRGM ne cartographie pas l'emprise originelle de la carrière souterraine dans sa totalité, dans la mesure où certains secteurs demeurent obturés par des éboulis qui masquent potentiellement des extensions. L'existence de ces extensions semble confirmée par les témoignages recueillis lors de l'enquête de voisinage, qui supposent des extensions vers l'ouest (vers le RD 938), vers le nord/nord-est (vers l'ancienne usine à gaz) et vers le sud (vers l'usine de cartons), ainsi que par les investigations géophysiques (voir ci-après). Il est assez probable que des vides non topographiés se développent sous d'autres enjeux (ERP, habitations, voiries, jardins etc.).



*Illustration 6 : Parking de la gare sous-cavée par la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne*



## Vieillessement des carrières souterraines en Basse-Normandie (année 2016-2017)

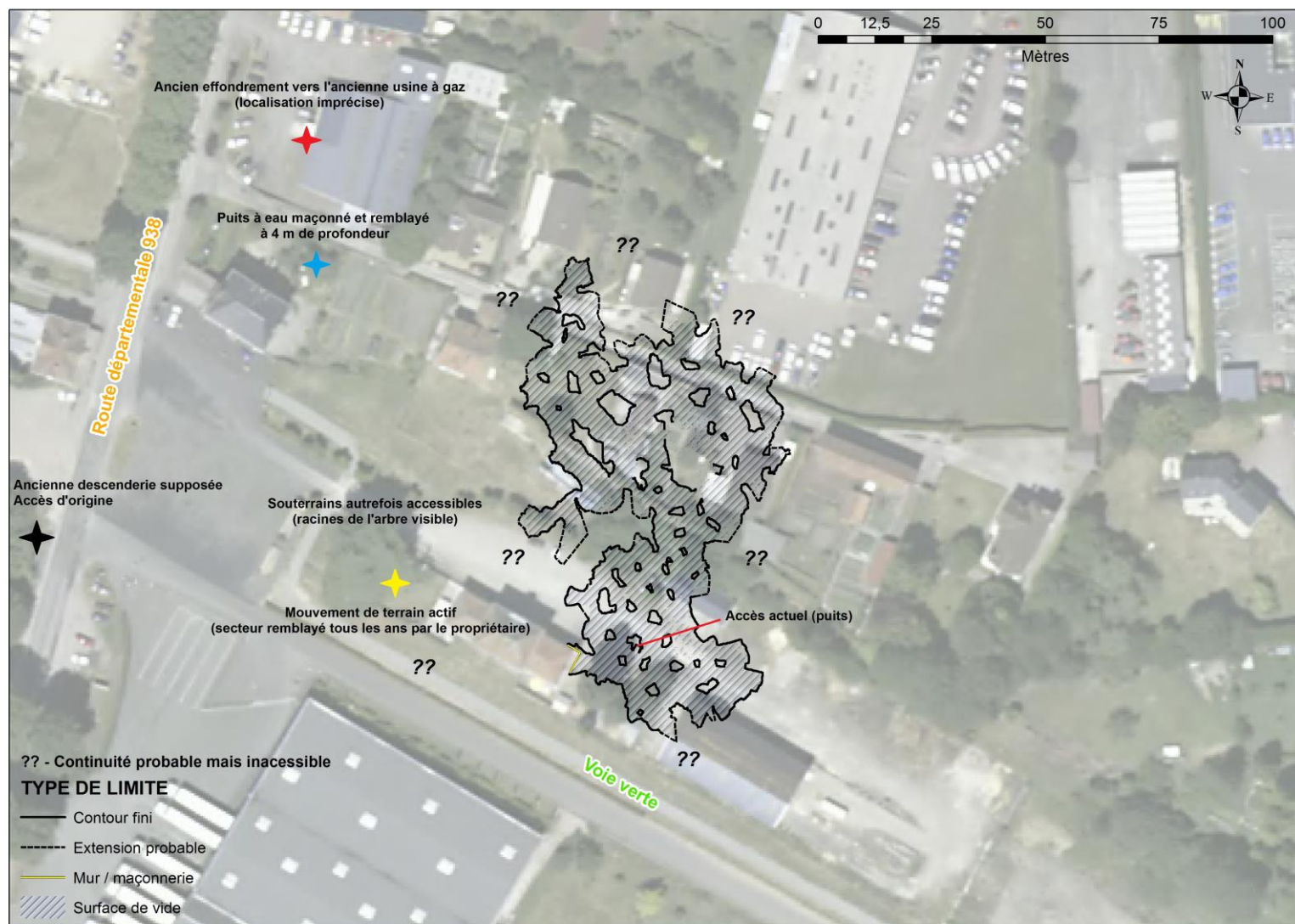


Illustration 7 : Plan de situation de la carrière souterraine de l'ancienne gare (partie visitée) et localisation des informations fournies par l'enquête de voisinage





Vieillessement des carrières souterraines en Basse-Normandie (année 2016-2017)

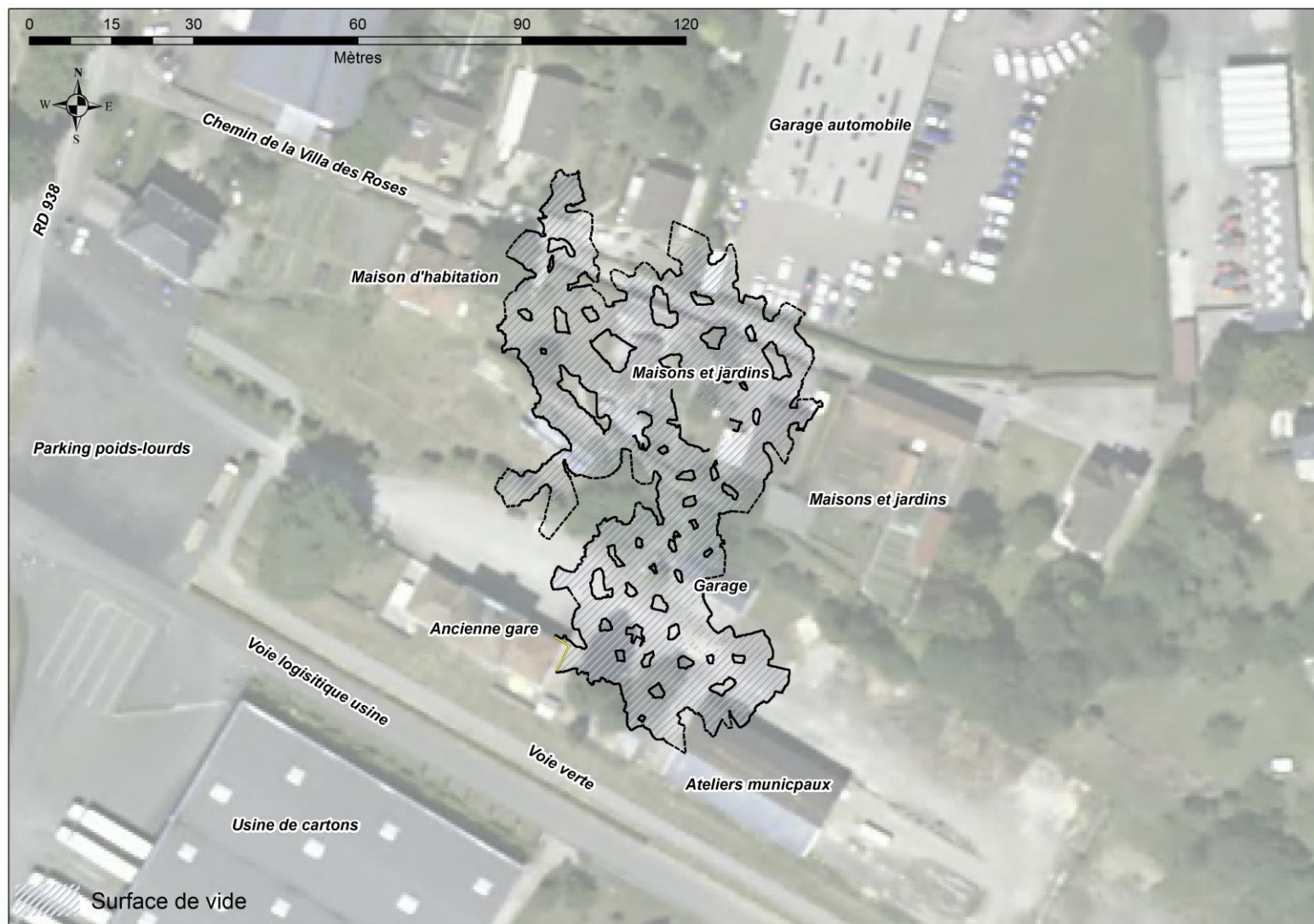


Illustration 8 : Localisation des principaux enjeux situés au droit et à proximité de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne





## b. Hydrogéologie / hydrologie du site

Le jour des visites (juillet 2016, février 2017 et avril 2017), le sol de la carrière était totalement sec mais des traces d'inondations anciennes étaient visibles sur les parois à l'extrémité ouest de la cavité. Dans ce secteur, le sol de la carrière est d'ailleurs constitué d'une couche relativement épaisse de sédiments limoneux sombres, humides, déposés par des inondations. Les traces laissées sur les parois témoignent d'un niveau d'eau supérieur à 1 m dans cette partie de la carrière. Il s'agit de l'un des secteurs les plus bas de la carrière.



*Illustration 9 : Dépôts limoneux liés à d'anciennes inondations à l'extrémité ouest de la carrière*

## c. Inspection des souterrains

Note importante : le diagnostic de stabilité de niveau 1 n'a été effectué que sur la partie « sud » de la carrière, topographiée en juillet 2016. L'ensemble de la partie « nord », levé au « ZEB-REVO » en avril 2017, n'a pas fait l'objet d'un diagnostic de stabilité puisque les taux de CO<sub>2</sub> y sont trop importants pour une intervention sécurisée (> 1 à 2 % malgré la ventilation forcée). Toutefois, les cartes acquises par le traitement du nuage de points 3D permettent de tirer certaines informations intéressantes, notamment sur l'état de la voûte.

L'illustration suivante présente le secteur pour lequel le diagnostic de niveau 1 a été réalisé.

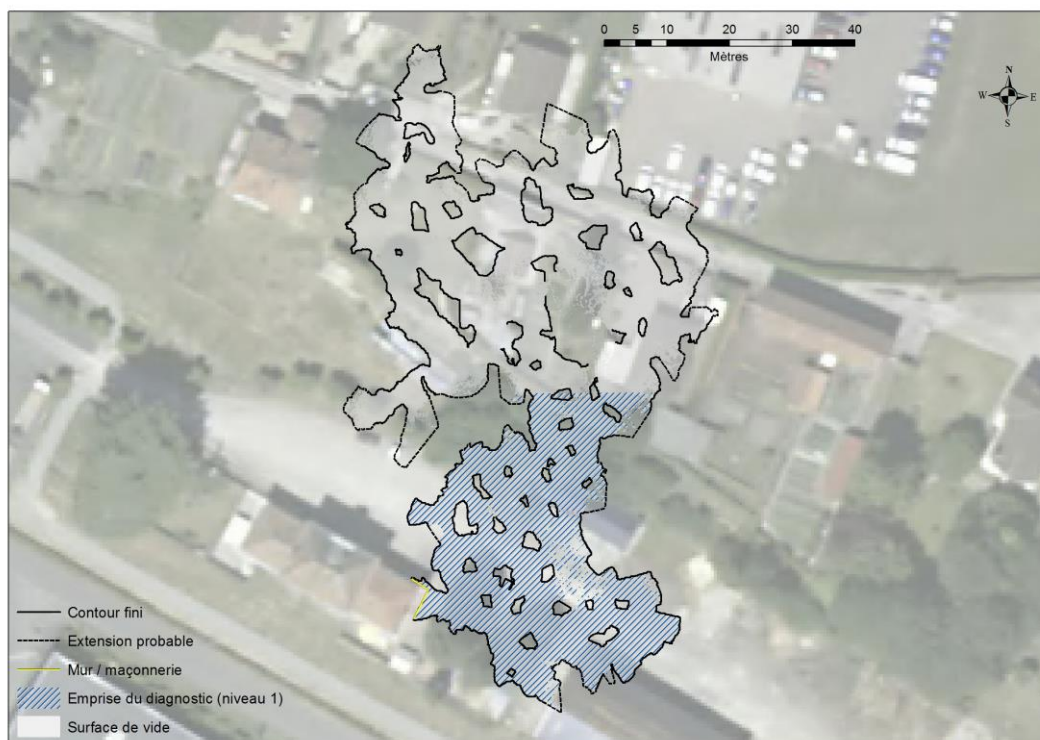


Illustration 10 : Situation de l'emprise du diagnostic de niveau 1 (hachuré bleu) réalisé en juillet 2016

### **Accès – géométrie – type d'exploitation**

L'accès à la carrière se fait depuis un puits situé sur le parvis de l'ancienne gare. La profondeur du puits est de 5,3 m, et le toit de la carrière se situe à 3,2 m de profondeur (au niveau du puits d'accès). Ce puits est fermé par une plaque de fonte. Ce n'est a priori pas l'accès d'origine, puisque d'après les témoignages recueillis, l'accès se faisait depuis une descenderie (ou un cavage ?) situé de l'autre côté de la route départementale 938, au lieu-dit « Les Mares ». Cet accès n'a pas été retrouvé mais la topographie du site est tout à fait cohérente avec cette hypothèse. Le puits devant l'ancienne gare est actuellement le seul accès connu à la carrière. Il s'agit probablement d'un ancien puits d'aéragé, réalisé d'après les graffiti en 1895.

Un levé topographique de précision (précision décimétrique), réalisée au scanner laser 3D portatif « ZEB-REVO » a été réalisé par le BRGM dans le cadre de cette étude. A notre connaissance, il s'agit du premier plan de détail de cette carrière, qui pour rappel n'était pas enregistrée dans les différentes bases de données. Le traitement du nuage de points issu du levé 3D permet d'analyser en détail la géométrie de la carrière (emprise actuellement accessible, hauteurs de vides, altitude du sol et du toit de la cavité). De plus, le levé « ZEB-REVO » a été réalisé parallèlement en « fond » et en « surface », ce qui permet d'estimer précisément des épaisseurs de recouvrement.

L'ensemble des cartes issues du traitement du plan « ZEB-REVO » sont présentées en fin de rapport.

Cette carrière a été exploitée selon la méthode des chambres et piliers tournés. La forme anguleuse des parois et des piliers indique qu'il s'agit très probablement d'une carrière de pierre de taille, exploitée pour la production de moellons de craie pour la construction. Il n'est toutefois pas exclu qu'une partie de la craie extraite ait pu être utilisée pour l'amendement. La taille et la géométrie des piliers n'est pas uniforme, et les portées sont relativement faibles



(de l'ordre de 3 m en moyenne). Deux piliers maçonnés ont été observés (Illustration 11) : le premier, de section carrée, est situé à l'extrémité sud de la carrière et le second est situé au droit du mur Est de l'ancienne gare. La date de construction de ces piliers n'est pas connue, mais ils sont probablement à mettre en relation avec la construction de la gare.



Illustration 11 : Vue sur les piliers maçonnés visibles dans la carrière

Enfin, la carrière a été en partie remblayée, ce qui induit des hauteurs de vide relativement faibles (0,88 m en moyenne). Certains secteurs sont d'ailleurs remblayés à plus de 80 %, voire en partie éboulés, ce qui limite leur accès. Ces remblais / éboulis sont essentiellement constitués de fragments de craie.

Les données géométriques principales à retenir concernant la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne sont les suivantes (rappelons qu'il s'agit de données concernant uniquement la partie topographiée de la carrière. En ce qui concerne les superficies de vides et les volumes de l'ensemble de la carrière, les chiffres sont probablement beaucoup plus importants). L'ensemble de ces données sont issues du traitement du nuage de points 3D pour la partie visitable de la carrière souterraine.

- Nombre de piliers : **45**
- Superficie des vides (*surface exploitée*) : **> 2610 m<sup>2</sup>**
- Superficie totale (*vides + piliers*) : **> 3050 m<sup>2</sup>**
- Taux de défrètement moyen (rapport entre les vides et la surface totale) : **85 %**
- Moyenne des hauteurs de vides : **0,88 m**
  - o Hauteur de vide minimum : 0 m (cônes d'éboulis qui touchent la voûte)
  - o Hauteur de vide maximum : 5,14 m
- Volume approximatif (superficie des vides x H<sub>moy</sub> des vides) : **~ 2296 m<sup>3</sup>**
- Epaisseurs de recouvrement :
  - o Comparaison levés « ZEB » (fond/surface) – ne couvre pas toute l'emprise
    - **0 m (puits) – 7,47 m : moyenne de 4,23 m**
  - o Comparaison levé « ZEB » et MNT 5 m IGN – couvre toute l'emprise
    - **0 m (puits) – 9,3 m : moyenne de 5,78 m**



Illustration 12 : Paysage classique de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne, partiellement remblayée avec présence de radicelles au toit (jusqu'à 80 % et plus dans certains secteurs)

### **Etat de stabilité**

- **Informations fournies par le rapport COULAIS Consultant – janvier 2006**

La visite réalisée en janvier 2006 par le bureau d'études COULAIS Consultant donne des informations très intéressantes sur l'état de stabilité de la carrière, notamment :

- « Une exploitation de la craie entre 2,5/3 m et 5/5,5 m de profondeur en moyenne sous le terrain de surface actuel ;
- La présence de plusieurs fontis, dont certains ont déjà dû déboucher en surface ;
- Des piliers tournés souvent amincis, et fortement fracturés ;
- Une épaisseur de recouvrement faible : 2,5 à 3 m, voire localement 2 m ou 1 m dans les zones d'instabilité. »

Le bureau d'études conclut que la carrière présente un « niveau élevé de dégradation, que ce soit pour les ciels ou les piliers » et que « un risque d'affaissement existe sur la totalité de l'emprise des cavités [...]. Dans l'état actuel du site, la stabilité des carrières n'est pas vérifiée et un risque d'instabilité subsiste ». Suite à ces observations, le bureau d'études a émis un avis défavorable pour le projet de lotissement.

- **Diagnostic de stabilité (BRGM) – juillet 2016 (uniquement pour la partie « sud »)**

Selon la classification retenue pour cette étude, l'état général de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne est mauvais à très mauvais, notamment en raison des nombreuses instabilités de toit observées lors du diagnostic, dont quelques exemples sont présentés sur les illustrations 13 et 14 (chutes de toit, décolllements du 1<sup>er</sup> banc de toit, amorces de fontis) et de l'état de certains piliers (état de post-rupture).



Concernant les instabilités de toit, plusieurs fontis ont été reconnus. Leurs stades d'évolution vers la surface sont variables : certains fontis semblent déjà avoir atteint la surface et engendré un effondrement (présence d'éléments métalliques et de scories dans les éboulis, ce qui témoigne d'un remblaiement gravitaire par du tout-venant depuis la surface), d'autres sont en cours de remontée, et d'autres ne sont que des amorces de cloches de fontis (Illustration 13). En effet, l'un des résidents de l'ancienne gare nous a témoigné remblayer régulièrement un affaissement dans son jardin, au pied du grand cèdre (plusieurs brouettes de terre par an). D'après son témoignage, il était possible il y a quelques années d'accéder, depuis la cavité, jusqu'aux racines du cèdre situé à une soixantaine de mètres à l'ouest du puits d'accès, en direction de la route départementale 938, et en direction également de l'hypothétique ancienne descenderie située au lieu-dit « Les Mares » (ce qui confirme davantage cette hypothèse). Actuellement, il n'est plus possible d'accéder à cette partie du réseau, obturé par un éboulis, ce qui témoigne des vitesses d'évolutions relativement rapides des remontées de fontis à l'origine des dépôts visibles dans les galeries. Les éboulis liés à ces désordres masquent assurément des continuités de galeries.

Notons que les instabilités de toit sont préférentiellement situées là où les portées sont les plus importantes, et donc assez peu souvent situées à proximité de bords francs de la carrière.



*Illustration 13 : En haut, cônes d'éboulis liés à la remontée en surface de cloches de fontis, ayant induit un effondrement en surface, remblayé par du tout venant (notamment des scories). En bas, cloche de fontis liée au déboufrage d'un conduit karstique vertical, calé sur une fracture naturelle*

Outre les remontées de cloches de fontis (anciennes ou en cours), il est à noter d'importantes zones de chutes de toit qui semblent pouvoir s'étendre sur leur périphérie (décollement du premier banc de toit correspondant à l'amorce des chutes de toit). Les chutes de toit observées peuvent atteindre une surface de plusieurs mètres carrés, pour une épaisseur du banc chuté de plusieurs décimètres. Certaines zones de chutes de toit sont associées à l'amorce de cloches de fontis. Ces chutes de toit mettent en évidence le niveau induré de craie noduleuse riche en glauconie (HR2 ou HR3).

Toutes ces instabilités de toit (fontis et chutes de toit) engendrent un amincissement de l'épaisseur de recouvrement, qui de base est assez faible (de l'ordre de 4 à 5 m en moyenne). D'après le traitement des données « ZEB-REVO », les épaisseurs de recouvrement au niveau des larges zones de remontées de voûte peuvent être réduites à 2,5 m, ce qui est très faible. L'ensemble des instabilités de toit sont très bien mises en évidence sur la carte de l'altitude du toit de la carrière souterraine (en annexe).



Illustration 14 : Zones de chutes de toit, parfois associées à des amorces de cloches de fontis (à droite)

Dans la partie « sud » de la carrière, l'état des piliers est très variable, puisqu'il a été possible d'observer des piliers sains, des piliers fracturés ou écaillés, et des piliers en état de post-rupture (notamment dans la partie centrale de la carrière). Ces piliers en état de post-rupture semblent maintenus par l'épaisse couche de remblais situés à leur pied. Leur rupture est liée à des sur-contraintes verticales, et *a priori* deux hypothèses peuvent les expliquer (avec éventuellement la combinaison des deux) :

- le taux de défruitement moyen pour la partie « sud », supérieur à 90 %, induit des contraintes verticales très importantes sur les piliers, ce qui peut conduire à leur rupture.



- l'état de dégradation et la rupture de ces piliers est lié à des contraintes verticales exercées par des activités en surface (passage de véhicules lourds etc.). Compte tenu de l'historique du site, cette hypothèse n'est pas à exclure.

Notons que l'étude du comportement géomécanique des craies de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne, réalisé dans le cadre d'un diagnostic de stabilité de niveau 2 ou 3 (selon le guide de l'IFSTTAR), permettrait d'acquérir des informations sur les contraintes verticales maximales supportées par ce matériau avant la rupture.

L'état des piliers de la partie « nord » n'est pas connu.



*Illustration 15 : A gauche, pilier écaillé et à droite, pilier totalement fracturé, considéré en état de post-rupture (probablement maintenu par les remblais)*

Concernant l'état de fracturation de la craie, la densité de fractures observée est relativement faible. Seules quelques fractures naturelles ont été reconnues. Elles sont globalement orientées nord-sud. L'une d'entre elles est associée à un drain karstique à l'origine de plusieurs désordres, notamment l'amorce d'une cloche de fontis lié à son débouillage, ainsi qu'à la fracturation de plusieurs piliers. De petites radicelles ont également été observées dans certaines fractures (cf. plan détaillé). Elles peuvent être à l'origine d'une arrivée d'eau plus importante, qui peut induire à terme une altération prématurée de la craie.

### **Divers**

Le taux de CO<sub>2</sub> est important ce qui limite un accès prolongé dans certains secteurs (taux supérieur à 1 voire 1,5 % dans l'ensemble du réseau et jusqu'à 2 % dans la partie nord). A l'heure actuelle, l'origine de ce taux de CO<sub>2</sub> n'est pas connue.

Notons que l'accès unique fermé par un tampon d'acier empêche toute ventilation du site. Cela induit un taux d'humidité particulièrement élevé dans la carrière, et la stagnation du CO<sub>2</sub>.

### ***Présence de chiroptères***

Aucun chiroptère n'a été aperçu lors des différentes visites (19 – 21 juillet 2016 / 6 février 2017 / 12 avril 2017). La plaque en fonte qui obture le puits ne permet pas aux chauves-souris d'accéder au site.

## **3. INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES**

Le site de l'ancienne carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne a permis de mettre en application deux méthodes géophysiques pour la détection de vides souterrains : la microgravimétrie et les méthodes électriques (tomographie électrique et OhmMapper). L'objectif des campagnes géophysiques étant de valider l'utilisation de ces méthodes pour la détection de carrières souterraines en contexte crayeux, sous une faible couverture de formations superficielles, comme c'est le cas dans la communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche.

### **a. Données gravimétriques**

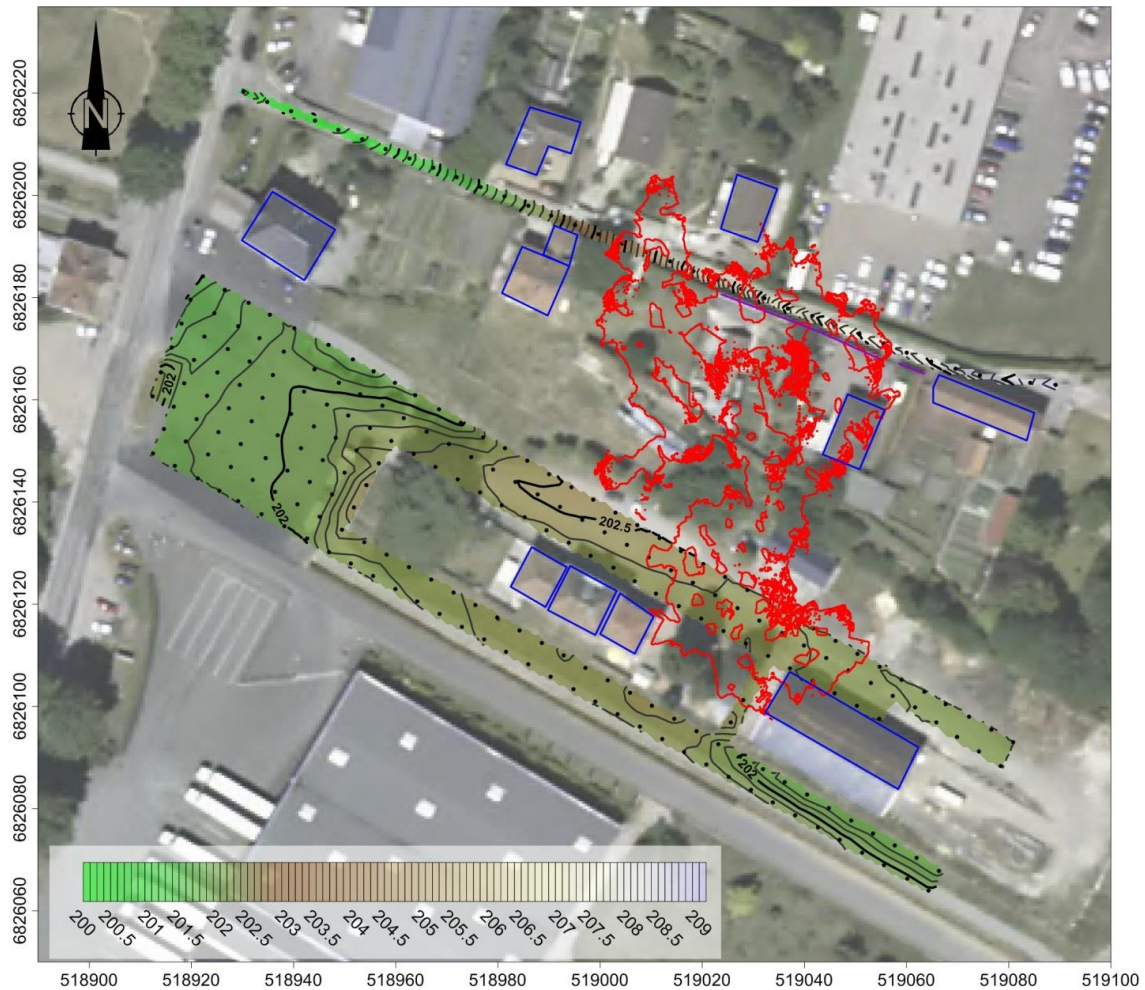
#### ***Implantation – méthodologie***

245 stations gravimétriques ont été implantées, nivelées et mesurées en gravimétrie sur la zone d'étude (Illustration 16) à la maille de 5 x 5 m.

L'implantation des stations et les mesures gravimétriques ont été réalisées par deux agents du BRGM, ingénieur et technicien en géophysique, entre le 6 et le 8 février 2017.

Une station totale Trimble S7 a été utilisée pour déterminer l'altimétrie et le positionnement relatif des points, et un GPS différentiel Trimble Geo7X a été utilisé pour le recalage de l'étude dans le référentiel Lambert 93. Ce recalage a été effectué par l'obtention de coordonnées, précises à 1 cm, de deux stations de base topographique (utilisées pour la mise en station de la station totale) par des mesures d'au moins 30 minutes au GPS différentiel sur chaque station. Le positionnement des stations et la topographie de la zone d'étude sont présentés sur l'illustration 16.





*Illustration 16 : Topographie de la zone d'étude (m) montrant les stations gravimétriques (points noirs). Les bâtiments sont marqués par de polygones bleus, les murs par des traits violets et l'emprise de la carrière par un polygone rouge.*

## **Résultats**

L'anomalie résiduelle est obtenue en soustrayant l'anomalie régionale à l'anomalie de Bouguer, et fait ressortir les variations de gravité en lien avec les variations de densité du proche sous-sol, objet de cette étude. Elle est présentée à l'illustration 17.

L'anomalie résiduelle a une dynamique de 0,066 mgal, variant de -0,042 mGal à 0,026 mGal.

Les anomalies positives ne feront pas l'objet d'une analyse détaillée, car elles marquent les excès de masse, qui ne sont pas l'objet de cette étude.

Les anomalies négatives sont retenues selon les critères suivant :

- Les anomalies sont retenues si et seulement si leur amplitude est supérieure à 0.015 mgal (seuil de signification de l'étude). Cette valeur est choisie car elle correspond typiquement à l'amplitude du bruit géologique, lié aux variations d'épaisseur de remblais, aux variations de facies...

- Les anomalies doivent affecter au moins 2 stations contiguës, mais des anomalies affectant une seule station peuvent être retenues si celle-ci se présente selon des axes négatifs, ou si elles sont proches d'anomalies ou de vides connus.

Selon les critères énoncés précédemment, 8 anomalies sont retenues (Illustration 17). Les anomalies A1, A4 et A5 sont morcelées et sont subdivisées en plusieurs anomalies contiguës A1, A1', A1'', A4, A4', A4'', A5, A5'.

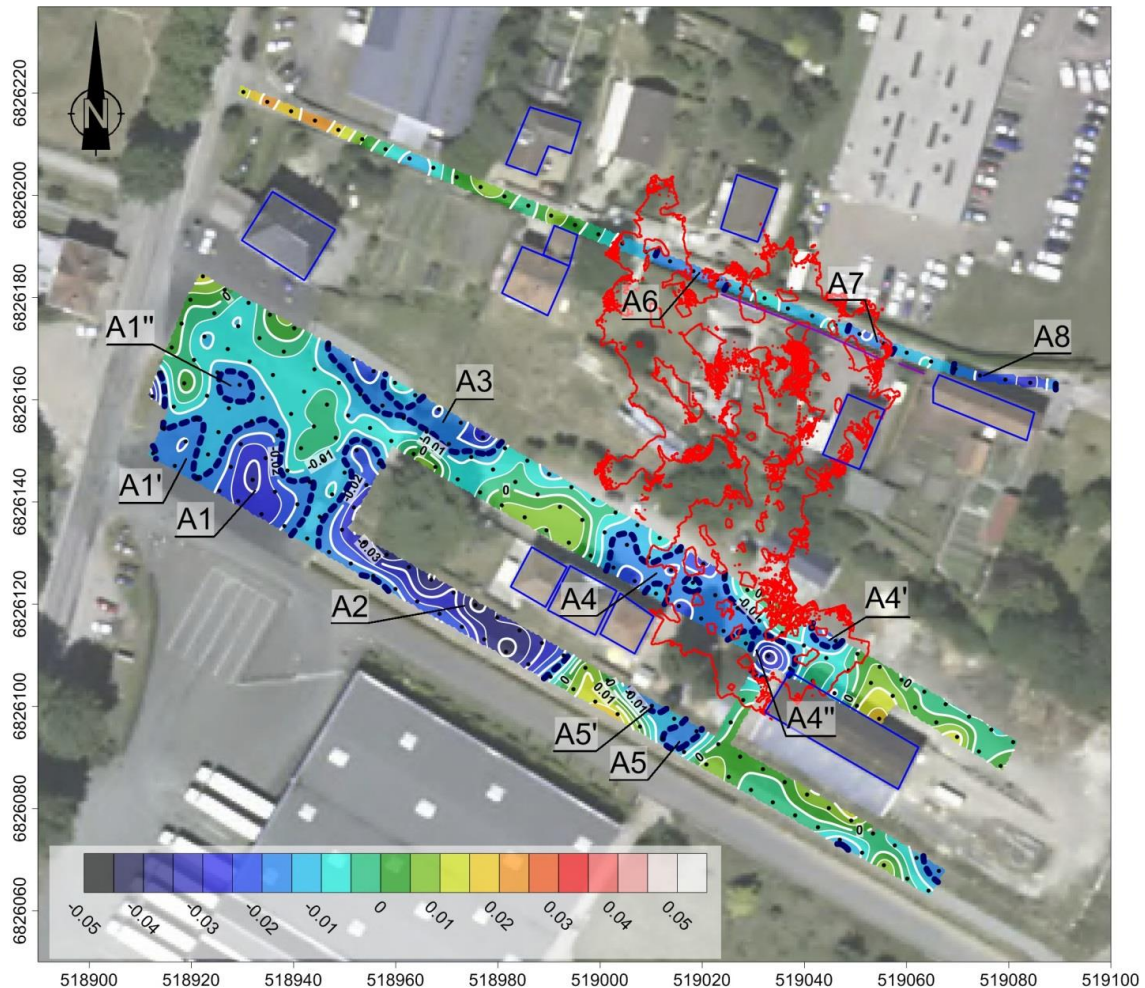


Illustration 17 : Anomalie résiduelle (mGal). Les anomalies négatives significatives sont entourées par un trait discontinu bleu foncé. Les anomalies décelées sont numérotées de A1 à A8.

Les anomalies A4, A4', A4'', A6, et A7 sont localisées en grande partie au droit de l'emprise de la carrière reconnue et accessible. Il est donc fortement plausible que ces anomalies soient générées par le vide de la carrière.

Les anomalies A1 et A2 sont notables par leur large emprise, affectant plus de 10 stations chacune, et leur amplitude importante, supérieure à 0,030 mGal. L'état actuel des connaissances du sous-sol ne permet pas de les relier à des carrières connues.

Les anomalies gravimétriques négatives décelées ne peuvent être interprétées de manière univoque, sans informations complémentaires fournies par d'autres méthodes géophysiques et/ou des données de sondages mécaniques. Elles peuvent correspondre:

- à des variations latérales de densités au sein des terrains, liées à leur nature et à leur lithologie, à leur degré d'altération ou à leur degré de compaction,



- à des cavités vides, ennoyées, ou partiellement remblayées,
- à des variations d'épaisseur de remblais peu dense sur un substrat plus dense.

Pour lever les ambiguïtés d'interprétation, il est préconisé d'effectuer des sondages de contrôle jusqu'à une profondeur atteignant au moins 10 m au niveau des zones caractérisées par des anomalies négatives.

## b. Données électriques

### *Implantation – méthodologie*

Deux méthodes électriques ont été utilisées sur le site de Saint-Langis-lès-Mortagne : la tomographie électrique (ERT) et le dispositif OhmMapper. La localisation des profils électriques (ERT et OhmMapper) est figurée sur l'illustration 18.

Les mesures électriques ont été réalisées par deux agents du BRGM, ingénieur et technicien en géophysique, entre le 13 et le 16 février 2017.

L'acquisition des deux profils électriques ERT a été réalisée à l'aide d'un résistivimètre Syscal-Pro (IRIS Instruments, France) avec des électrodes métalliques régulièrement espacées de 2,5 m sur une longueur de 237,5 m par profil (soit un total de 475 m de profil ERT). L'espacement inter-électrodes de 2,5 m a été choisi afin d'assurer une bonne résolution des terrains de sub-surface.

L'acquisition des profils électriques OhmMapper a été réalisée à l'aide du dispositif OhmMapper (Geometrics, USA) avec des longueurs de dipôle de 5 m. Avec ce dispositif, la profondeur d'investigation est de l'ordre de 8 m.



Illustration 18 : Situation des profils électriques effectués sur la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne

## **Résultats**

Les résultats sont présentés sous la forme de coupes de résistivité inversées qui mettent en évidence des variations de la résistivité du sous-sol. Les couleurs chaudes (jaune, rouge, violet) correspondent à des horizons résistants et les couleurs froides (bleu, vert) à des horizons conducteurs.

En termes de résultats, les coupes de résistivité inversées des profils ERT2, P5, P6 et P7 mettent en évidence des anomalies résistives bien marquées à l'emplacement de l'emprise reconnue de la carrière. Il est donc très plausible que ces anomalies résistives soient générées par le vide de la carrière souterraine (l'air étant résistant), d'autant que ces anomalies sont situées entre 4 et 7 m de profondeur, ce qui correspond globalement à la profondeur de la carrière.

Concernant le profil ERT1, situé au sud de l'emprise actuellement connue de la carrière le long de la voie verte, il met également en évidence une large anomalie résistive vers 5 m de profondeur. Cette anomalie résistive se corrèle avec l'importante anomalie gravimétrique négative A2, ce qui laisse fortement supposer qu'elle est liée à un vide souterrain. Bien que très plausible, cette hypothèse reste toutefois à vérifier, notamment en implantant un sondage de contrôle.

Concernant les profils OhmMapper P3, P4 et P8, aucune anomalie résistive importante n'est visible sur les coupes de résistivité inversées. Notons que les profils P3 et P4, situés à l'ouest de l'emprise connue de la carrière souterraine, recoupent pourtant des anomalies gravimétriques négatives. A l'heure actuelle, l'origine de la non-corrélation des anomalies électriques et microgravimétriques au niveau de ces deux profils n'est pas connue.



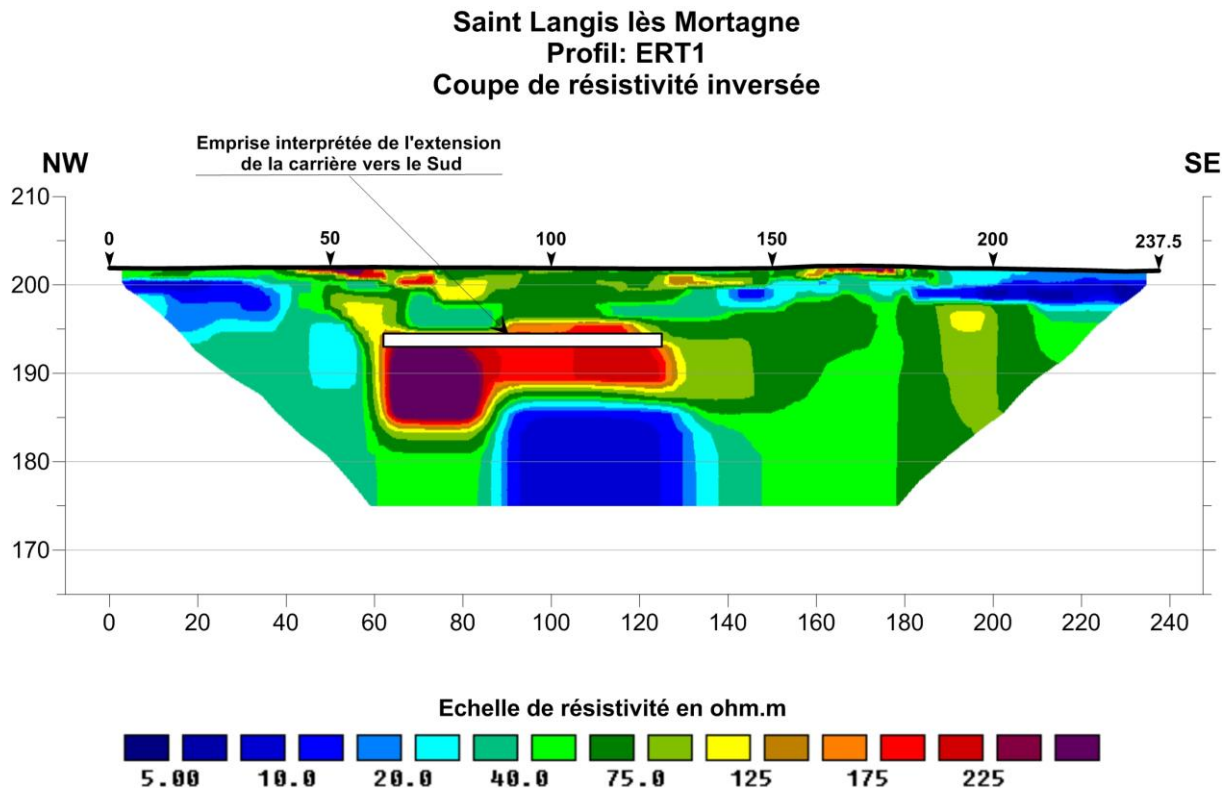


Illustration 19 : Profil ERT1 – tomographie électrique

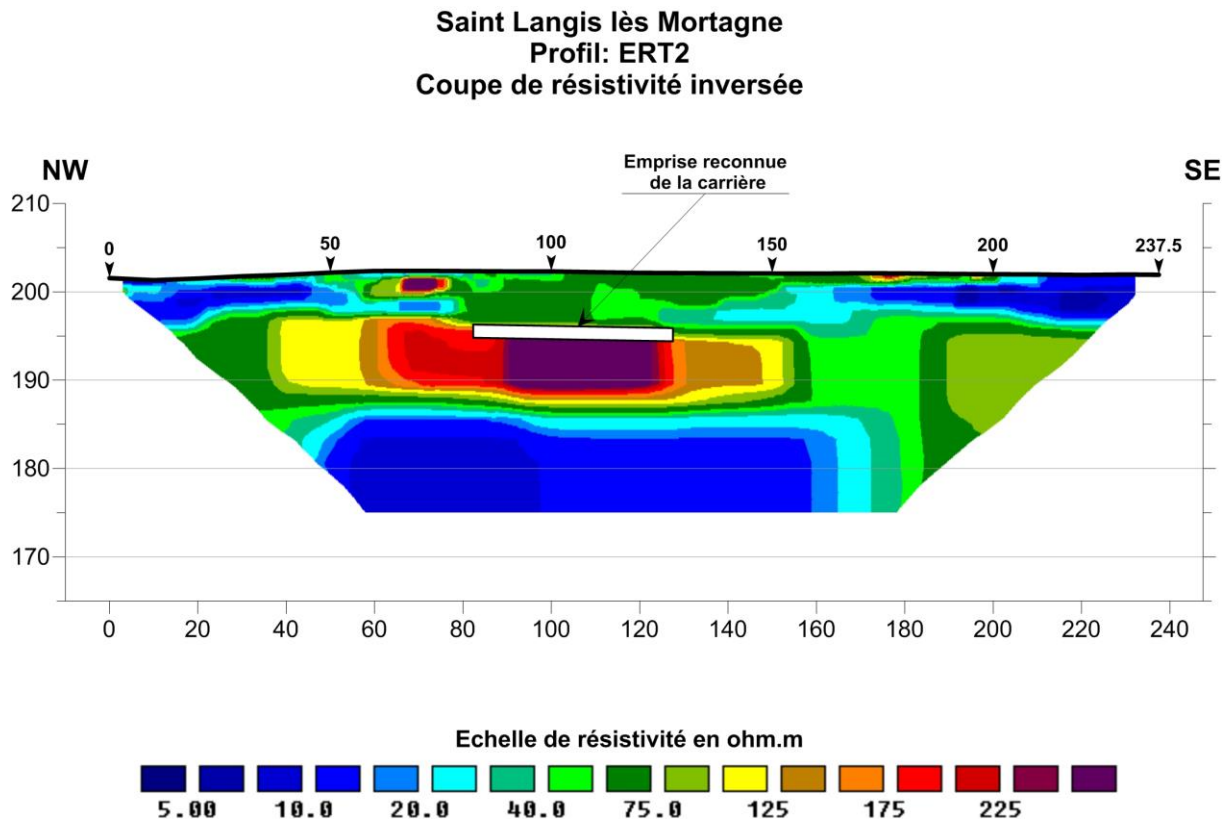
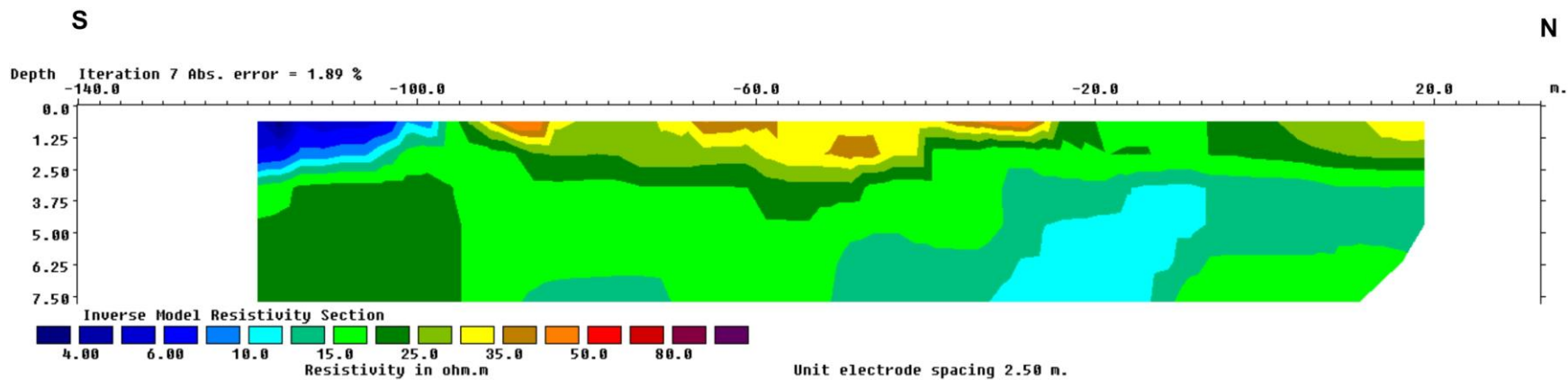


Illustration 20 : Profil ERT2 – tomographie électrique

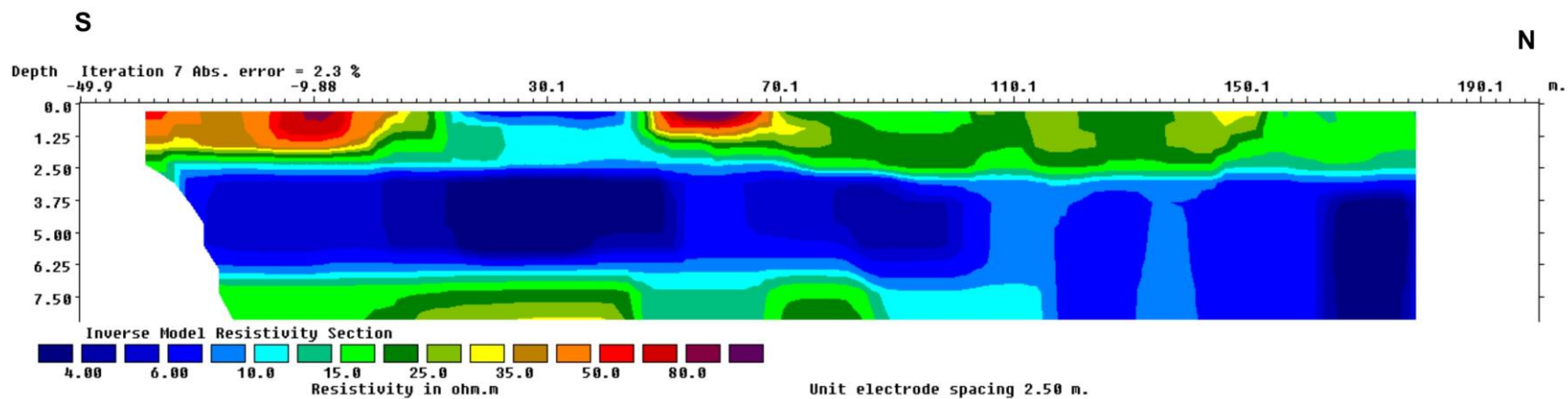




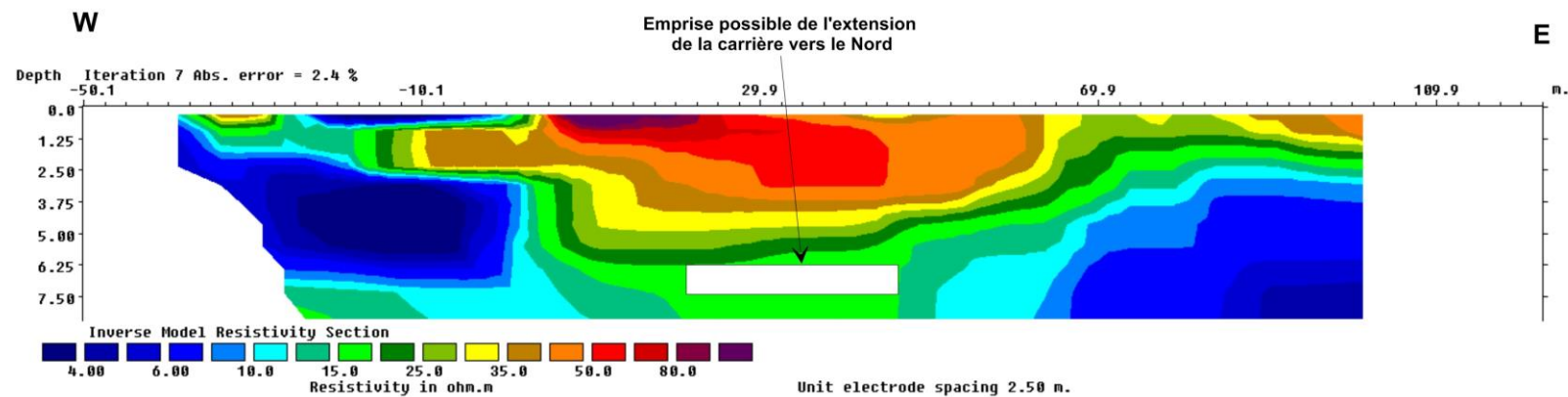
**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P3**  
**Coupe de résistivité inversée**



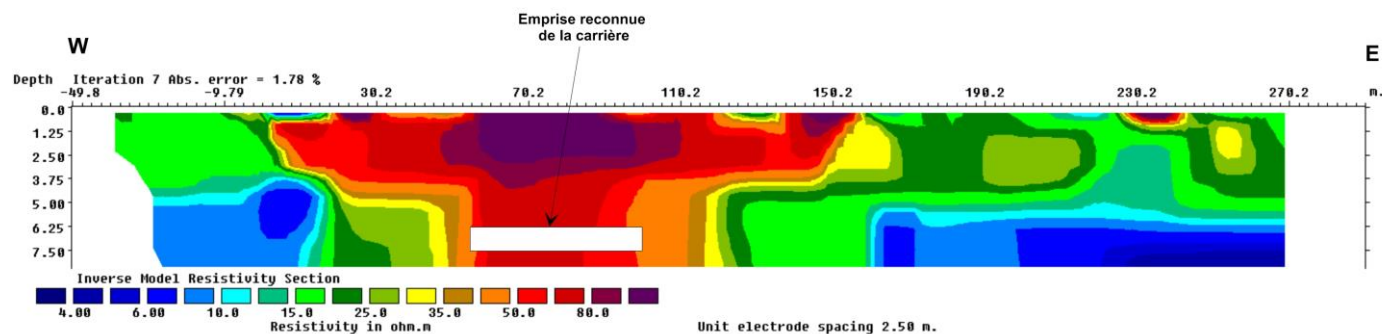
**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P4**  
**Coupe de résistivité inversée**



**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P5**  
**Coupe de résistivité inversée**

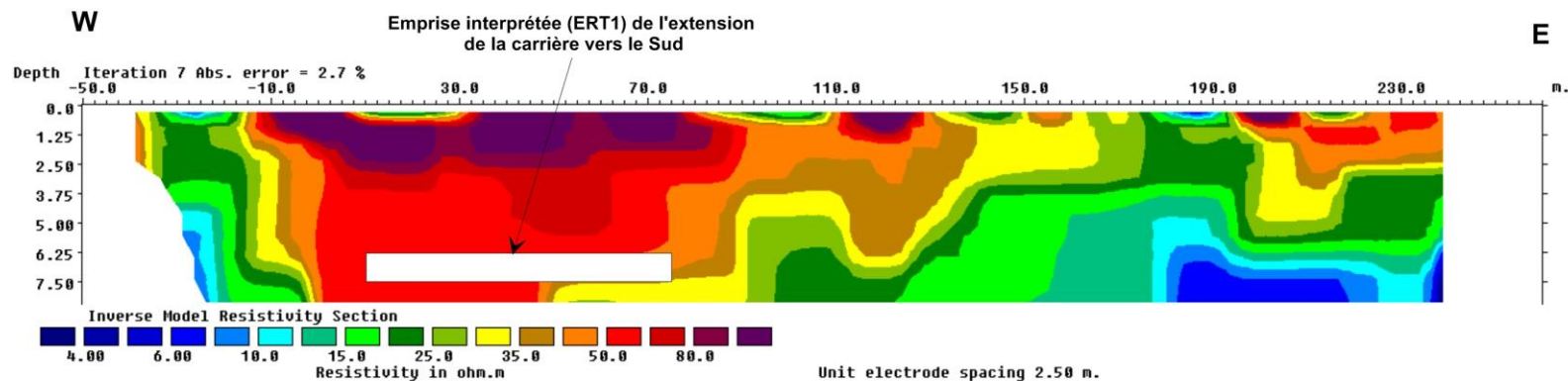


**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P6**  
**Coupe de résistivité inversée**

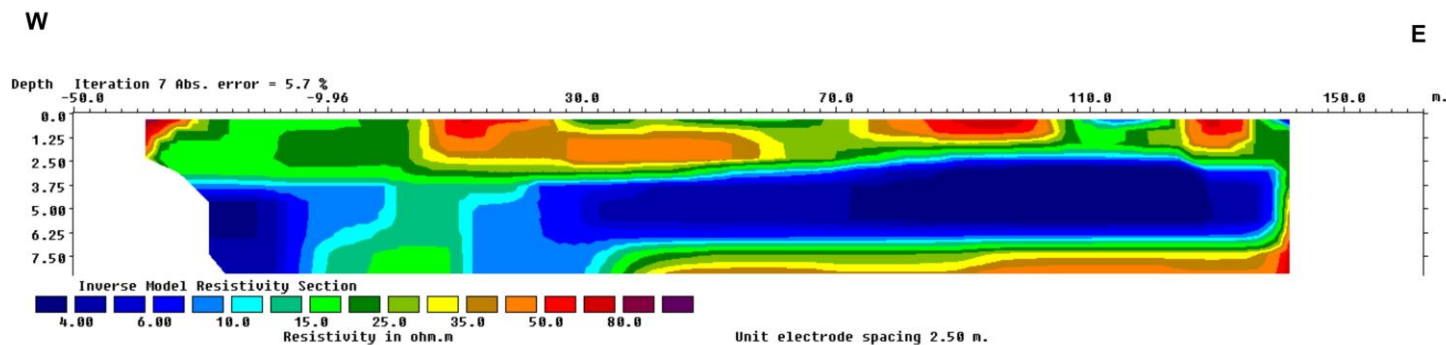




**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P7**  
**Coupe de résistivité inversée**



**Saint Langis lès Mortagne**  
**Profil OhmMapper: P8**  
**Coupe de résistivité inversée**







#### **4. RISQUES RESIDUELS**

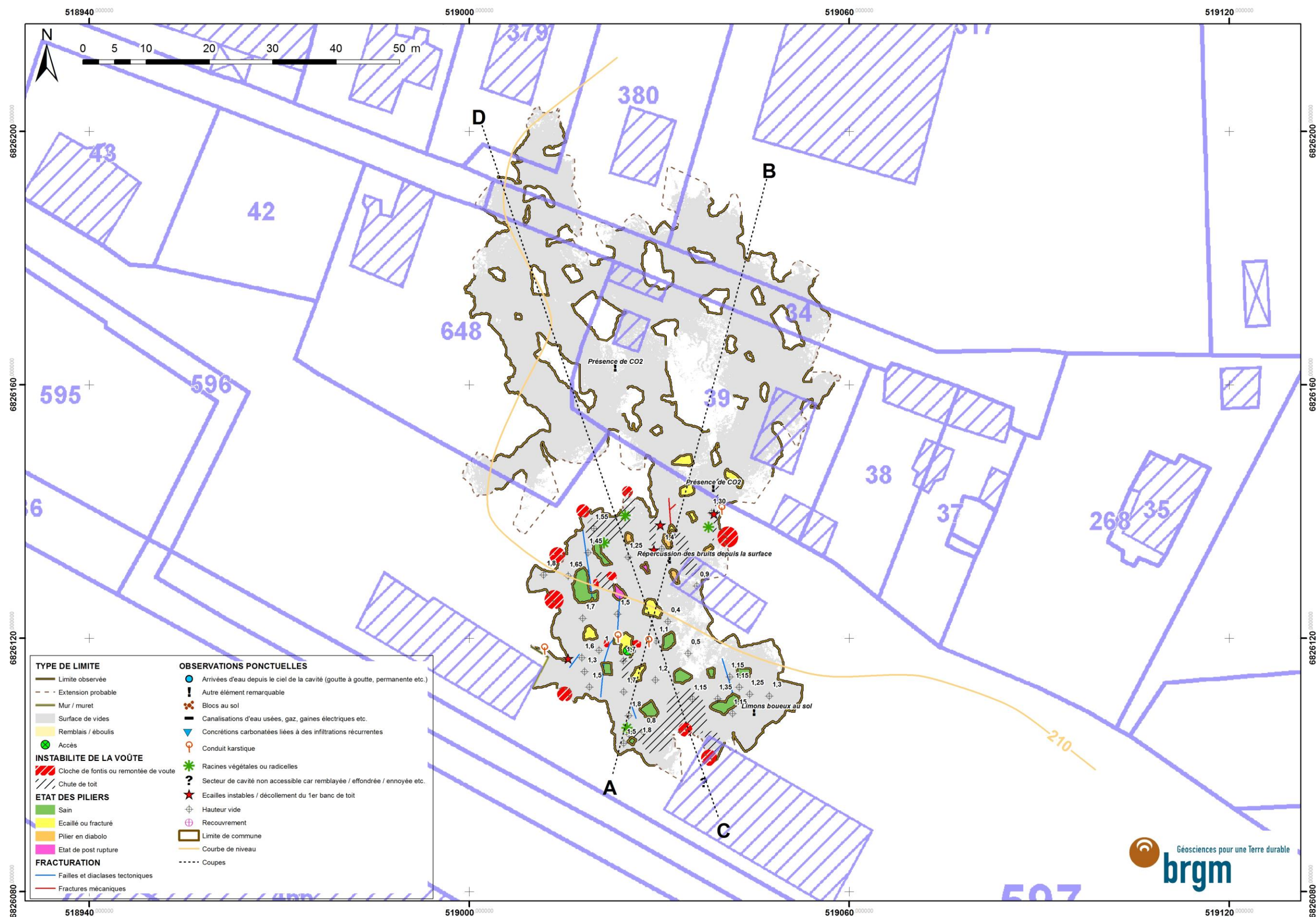
Compte tenu du mauvais état de la carrière (ciels et piliers), et des faibles épaisseurs de recouvrement, l'occurrence de mouvements de terrains en surface (effondrements ou affaissements) n'est pas à exclure sur l'ensemble du secteur sous-cavé. Ce risque résiduel d'effondrement ou d'affaissement est accru au niveau des cloches de fontis localisées sur le plan, où ces instabilités ont engendré un amincissement important de l'épaisseur de recouvrement.

**Le risque de mouvements de terrains (effondrement et/ou affaissement) est avéré au droit des vides. D'autre part, les investigations géophysiques ainsi que les témoignages recueillis sur le terrain convergent vers l'hypothèse d'une extension non négligeable des vides, notamment vers le sud / sud-ouest. Le risque de mouvement de terrain n'est donc également pas à exclure dans les secteurs où des continuités de la carrière sont supposées.**

#### **5. PLAN DETAILLE DU DIAGNOSTIC**











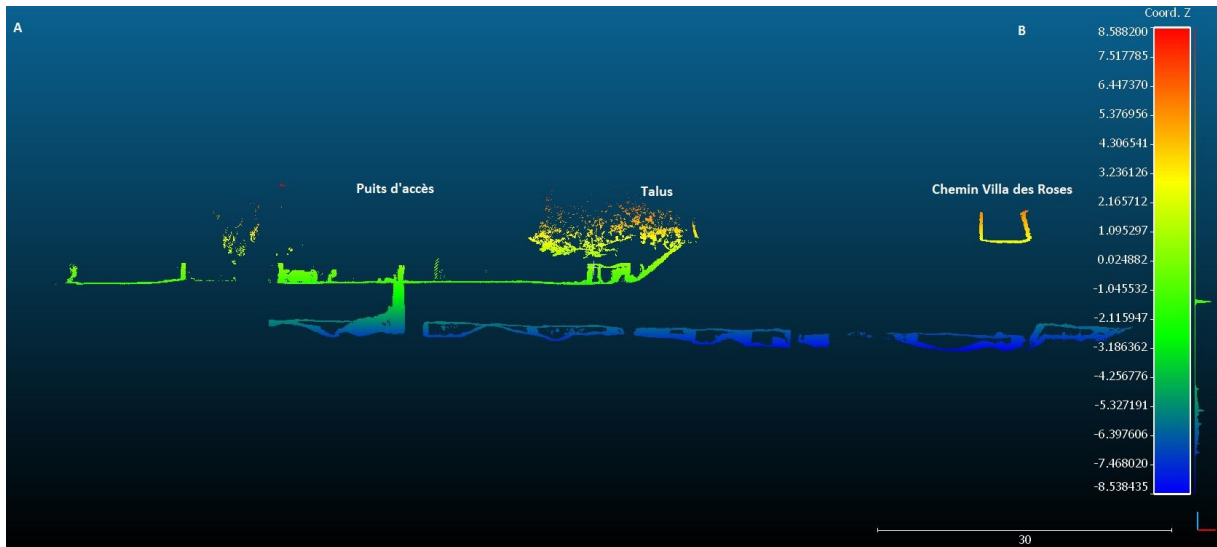


Illustration 21 : Coupe A-B extraite du nuage de points « ZEB-REVO » - le contour des vides apparaît en bleu et la surface en vert

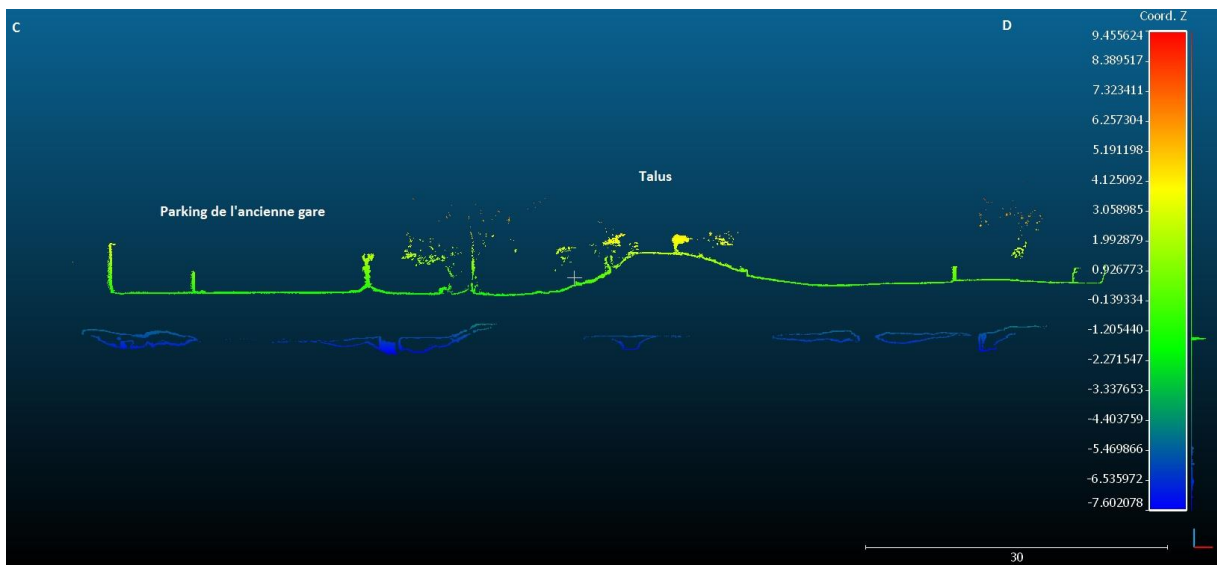


Illustration 22 : Coupe C-D extraite du nuage de points « ZEB-REVO » - le contour des vides apparaît en bleu et la surface en vert





## 6. SYNTHÈSE, CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines de l'ex-Basse-Normandie (années 2016-2017), mené en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a effectué le levé géométrique et le diagnostic de stabilité (niveau 1 tel qu'il est défini dans le guide de l'IFSTTAR) de la carrière souterraine abandonnée de Saint-Langis-lès-Mortagne. En outre, ce site a servi de terrain de test pour la mise en place de méthodes géophysiques pour la détection de vides souterrains, ainsi que pour utiliser une méthode de topographie innovante : le scanner laser portatif « ZEB-REVO ». Les visites se sont succédées entre juillet 2016 et avril 2017.

### ***Emprise / géométrie / enjeux de surface***

La carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne a été exploitée pour la Craie de Rouen. Elle est accessible par un puits situé devant l'ancienne gare. Ce puits, profond de 5,3 m, est sécurisé par un tampon d'acier. Cette carrière sous-cave plusieurs enjeux, notamment : le parking situé devant l'ancienne gare (utilisé quotidiennement par les équipes techniques de la ville pour accéder à l'atelier municipal), une petite partie de l'atelier municipal, des maisons d'habitation et des jardins ainsi qu'une voirie. Il est à noter que le plan de détail réalisé pour la présente expertise ne représente pas l'ensemble des vides : la continuité de la carrière vers le nord n'est à l'heure actuelle pas circonscrite, et une extension vers l'ouest semble confirmée par des événements en surface (mouvements de terrain actifs) et des témoignages oraux. D'autre part, les investigations géophysiques semblent confirmer une extension vers le sud et le sud-ouest, vers l'usine de carton.

Il n'est donc pas exclu que d'autres enjeux soient sous-cavés par les vides. A l'heure actuelle, l'état de stabilité et les épaisseurs de recouvrement au niveau de ces extensions ne sont pas connues.

### ***Etat de stabilité***

D'une manière générale, l'état de stabilité de la carrière souterraine de l'ancienne gare de Saint-Langis-lès-Mortagne est mauvais à très mauvais, dans la mesure où de nombreuses instabilités de toit (chutes du 1<sup>er</sup> banc de toit, amorces de fontis) et des piliers en diabolisme en état de post-rupture ont été observées dans la partie « sud » de la carrière, qui sous-cave notamment le parking de la gare emprunté quotidiennement par les équipes des services techniques de la ville de Saint-Langis-lès-Mortagne, et des jardins d'habitations. Dans ce secteur, l'épaisseur moyenne du recouvrement est de 4,2 m (traitement des données « ZEB-REVO ») et peut être réduite à 3 m au droit de larges zones de chutes de toit.

Pour le secteur « nord », les plans réalisés à partir du nuage de point 3D du levé « ZEB-REVO » mettent également en évidence de larges instabilités de toit. Au niveau de ces instabilités, les épaisseurs de recouvrement peuvent être réduites à moins de 2,5 m, et cela à proximité d'enjeux, comme c'est le cas pour une large chute de toit située au nord de la carrière souterraine, sous le chemin de la Villa des Roses et en bordure de la maison d'habitation sise sur la parcelle 380.

La nature des éléments contenus dans certains cônes d'éboulis (ferraille, scories) attestent que certains fontis se sont déjà ouverts en surface et ont été comblés par du tout-venant.

### ***Avis du BRGM sur l'état de stabilité de la carrière et des risques associés***

Compte tenu des faibles épaisseurs de recouvrement, et de la présence d'instabilités de toit parfois bien développées, **l'occurrence de nouveaux effondrements en surface est tout à fait possible à court ou moyen terme. Le risque de mouvements de terrain (effondrement et/ou affaissement) est donc avéré au droit des vides, y compris à proximité d'enjeux (voirie, maisons d'habitations). Ce risque ne peut également pas être exclu pour les secteurs où des extensions de la carrière sont fortement supposées (notamment vers le sud / sud-ouest, ainsi qu'au niveau des zones mentionnées comme « extension probable » sur le plan détaillé du diagnostic).**

Au regard des instabilités observées en souterrain, des enjeux situés en surface et des faibles épaisseurs de recouvrement, le BRGM recommande de mettre en place une série d'investigations complémentaires, à adapter / modifier en fonction des résultats obtenus lors des premiers travaux :

#### Immédiatement :

- De signaler en surface les zones de remontées de fontis et de chutes de toit où les épaisseurs de recouvrement sont faibles, afin de limiter au maximum la circulation de véhicules pouvant engendrer des vibrations et accélérer les processus d'instabilité. Ces zones sont en effet les plus instables et sont les plus concernées par les risques d'effondrement ou d'affaissement brutal ;
- D'éviter la circulation des véhicules de plus de 3,5 tonnes au droit des vides afin de limiter les vibrations potentiellement néfastes pour la stabilité de la voûte et des piliers ;
- De signaler le risque aux résidents des habitations situées à proximité des vides afin d'être attentifs à tout phénomène de tassement, d'effondrement ou de fissuration sur les bâtiments ou dans les jardins qui signaleraient une évolution négative de l'état de stabilité de la carrière. Tout signe d'instabilité devra être signalé en mairie.

#### Dans les meilleurs délais :

- De poursuivre le diagnostic de stabilité de la carrière pour la partie « nord », non réalisé pour des raisons de sécurité (taux de CO<sub>2</sub> très élevé ce qui limite l'accès). Le fonçage d'un puits d'accès ou d'aération dans la partie nord de la carrière permettrait de ventiler le réseau et de faire baisser le taux de CO<sub>2</sub> ;
- De réaliser une série de sondages de reconnaissance de vide dans les anomalies négatives reconnues en micro-gravimétrie (Illustration 23) pour confirmer leurs liens avec la présence d'un vide souterrain. Si des vides sont détectés, nous recommandons de poursuivre les investigations en effectuant une inspection caméra du forage pour estimer le plus précisément possible la géométrie des vides (hauteurs de vide, extension etc.). Dans le cas de la découverte d'un vide « pénétrable », le fonçage d'un puits d'accès serait à envisager pour effectuer une visite physique de l'extension afin de compléter la topographie et le diagnostic de stabilité de la carrière souterraine. Nous recommandons d'investiguer en priorité :
  - Le secteur situé au sud de l'ancienne gare : une grosse anomalie négative indique probablement la présence de vides, susceptibles de s'étendre vers l'usine de carton (bâtiment et parking logistique) ;



- Le secteur ouest : d'importantes anomalies négatives ont été détectées sous le parking poids-lourds et sous le parvis de l'ancienne gare.

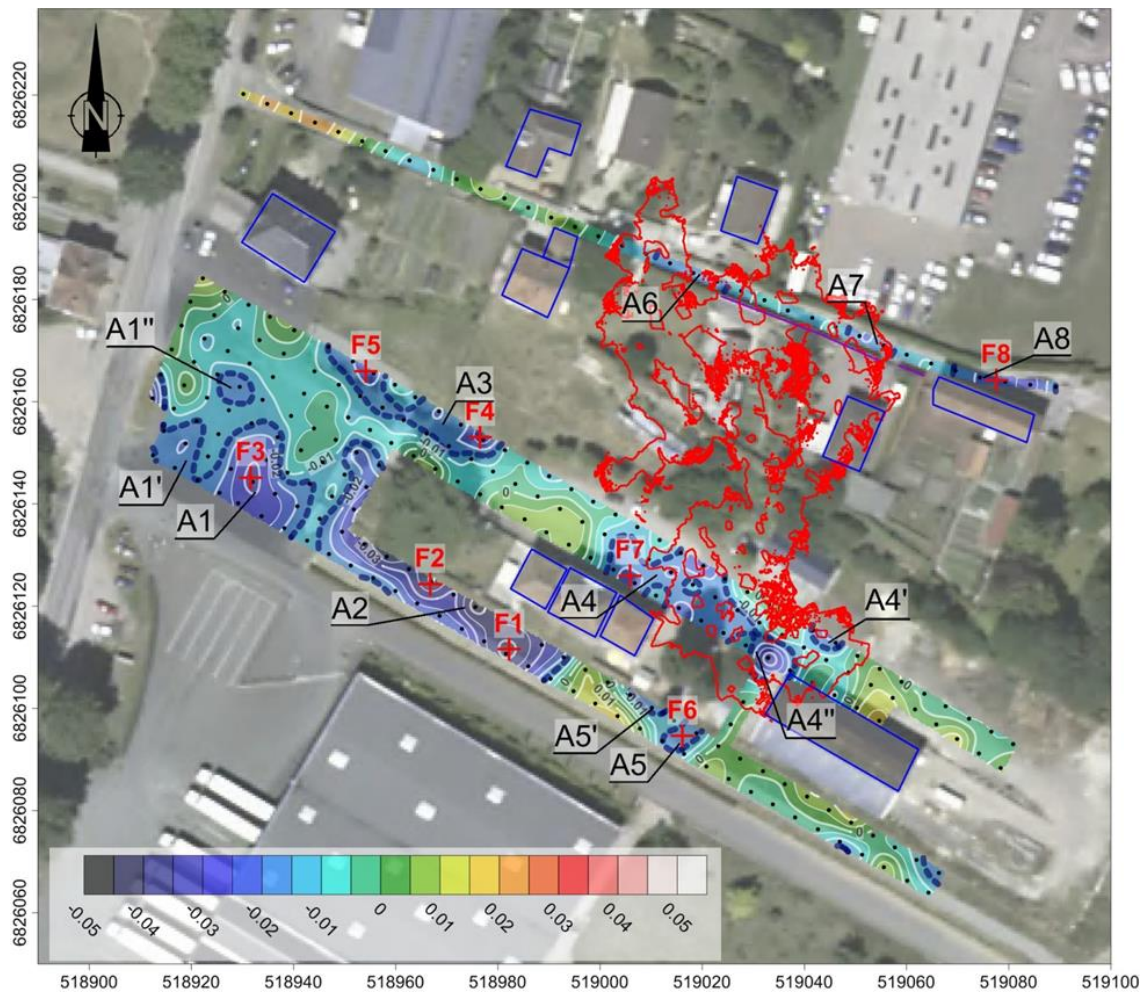


Illustration 23 : Implantation des sondages (F1 à F8) préconisés sur l'anomalie résiduelle

#### Parallèlement aux premières investigations géotechniques :

- Nous recommandons de poursuivre les investigations géophysiques au niveau des extensions supposées pour localiser des anomalies potentiellement liées à la présence de vides. Au gré des résultats, ces anomalies seront à confirmer par l'implantation de sondages de reconnaissance de vides, et, le cas échéant, d'inspection caméra pour réitérer au besoin le fonçage d'un puits qui permettra l'accès et l'inspection (topographie et diagnostic) des extensions ;

#### A plus long terme / suivi du site :

- De mettre en place un suivi annuel de l'état de la carrière. Ce type de suivi permet, par comparaison photographique par exemple (ou par comparaison de nuages de points « ZEB-REVO »), de qualifier ou quantifier l'évolution des désordres (remontées de fontis, chutes de toit etc.) ;
- Compte tenu des enjeux, nous recommandons d'effectuer un diagnostic de niveau 3 de l'ensemble de la carrière (tel qu'il est défini dans le guide de l'IFSTTAR), pour étudier notamment le comportement mécanique de la carrière et son évolution potentielle ;

Enfin, nous recommandons aux services techniques de la ville de Saint-Langis-lès-Mortagne d'être particulièrement attentif à l'apparition de désordres en surface au droit et à proximité des vides topographiés par le BRGM, et de ne pas circuler au droit des zones marquées comme potentiellement instables. Si des signes d'instabilités sont repérés, les Service de l'Etat (DREAL, DDT, Préfecture) devront en être directement informés pour prendre les mesures qui s'imposent.

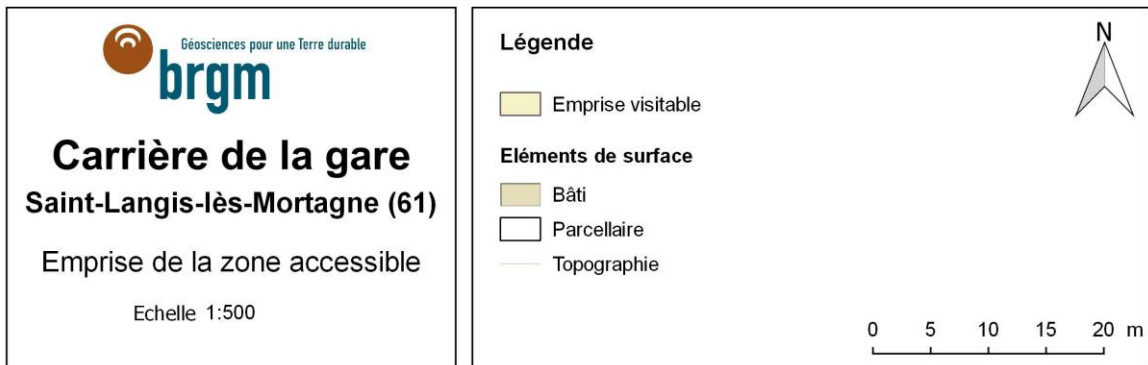
## **7. BIBLIOGRAPHIE**

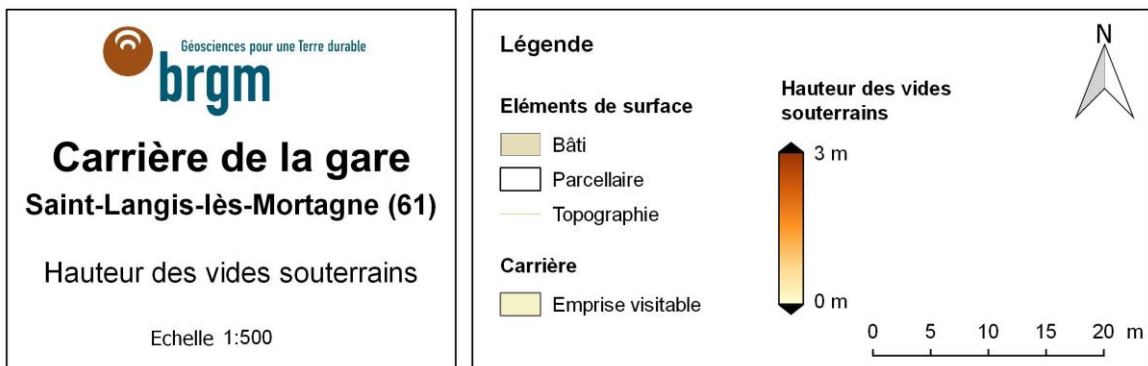
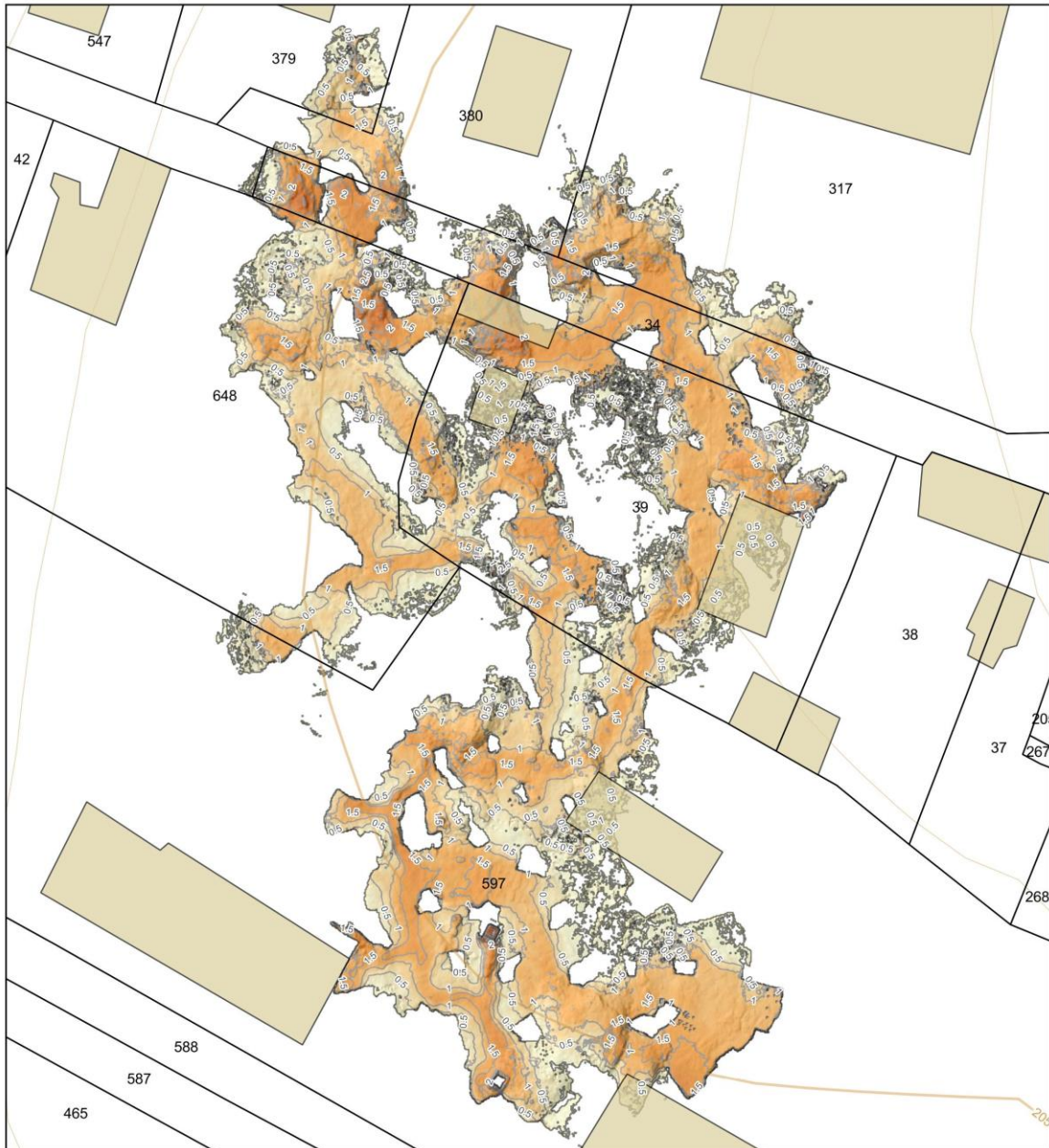
**COULAIS Consultants** (2006) – Logis Familial. Etude de Faisabilité Géotechnique. Mission de type G0 à G12 Phase 2 – Visite et diagnostic de carrières souterraines – Saint-Langis-lès-Mortagne (61) « La Gare ». Construction de 10 logements. Dossier n°M-05-10368

**MOGUEDET G., POINT I., POIRIER G., VAUTHIER S., WERKMEISTER M.** (1998) – Carte géol. France (1/50.000), feuille Mortagne-au-Perche (252). Orléans : BRGM

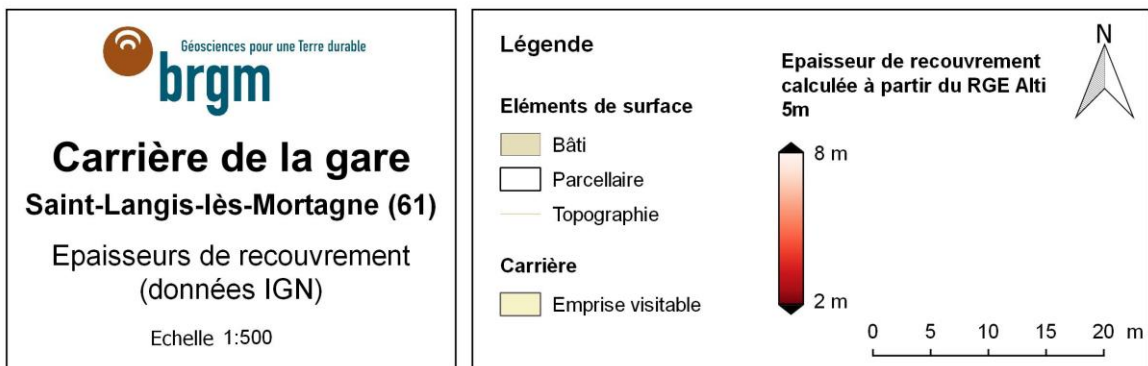
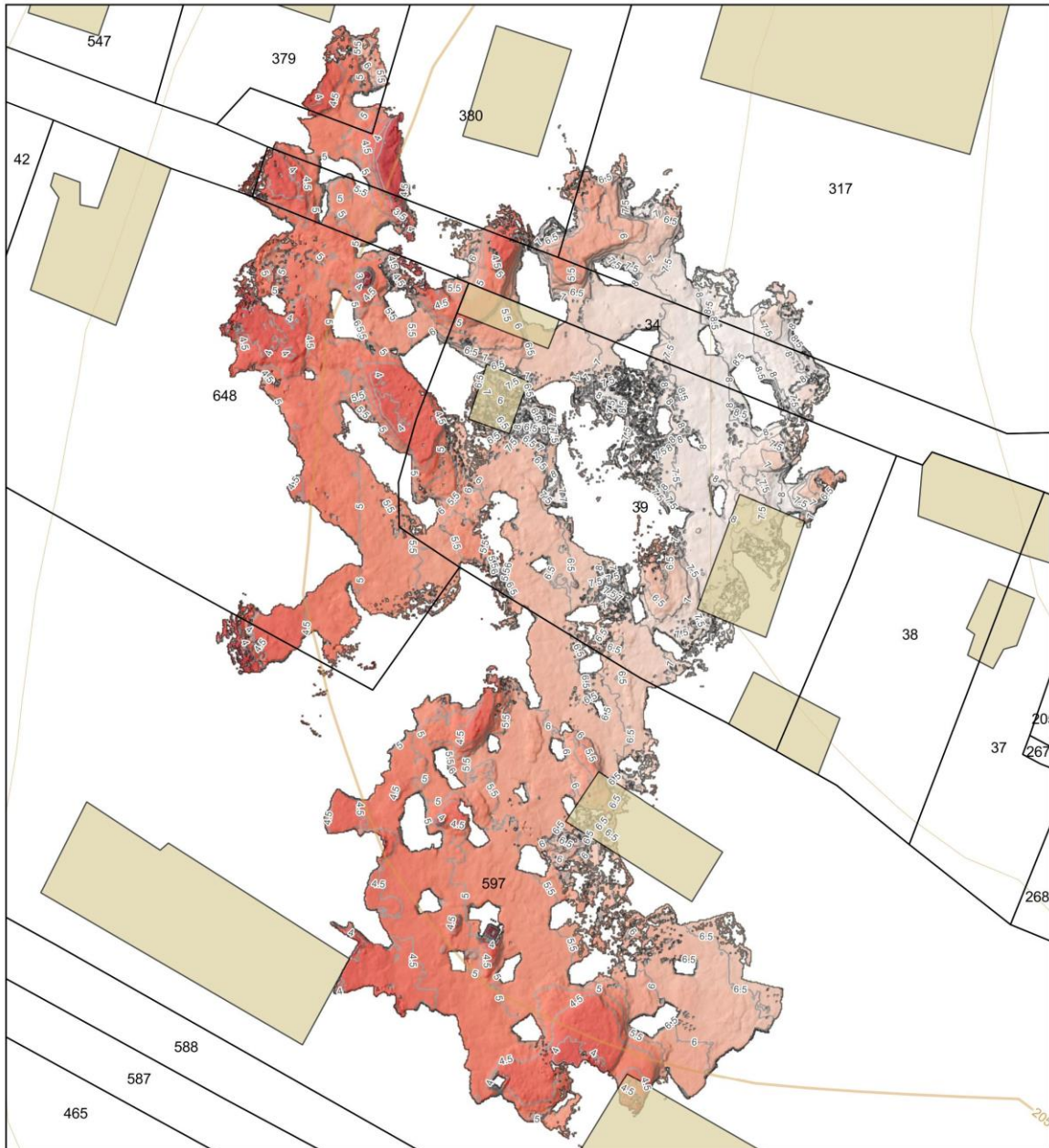
**MOGUEDET G., avec la collaboration de CHARNET F., GRESSELIN F., LEMOINE B.** (1998) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50.000), feuille Mortagne-au-Perche (252). Orléans : BRGM, 87 p.



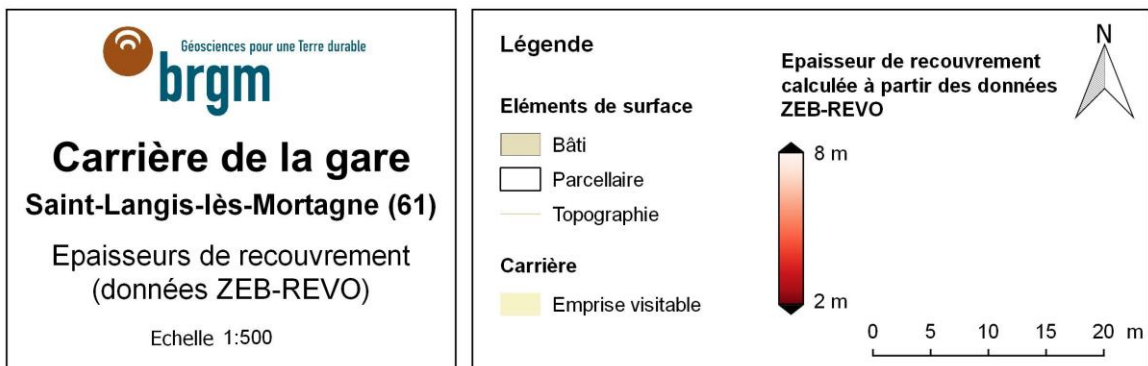
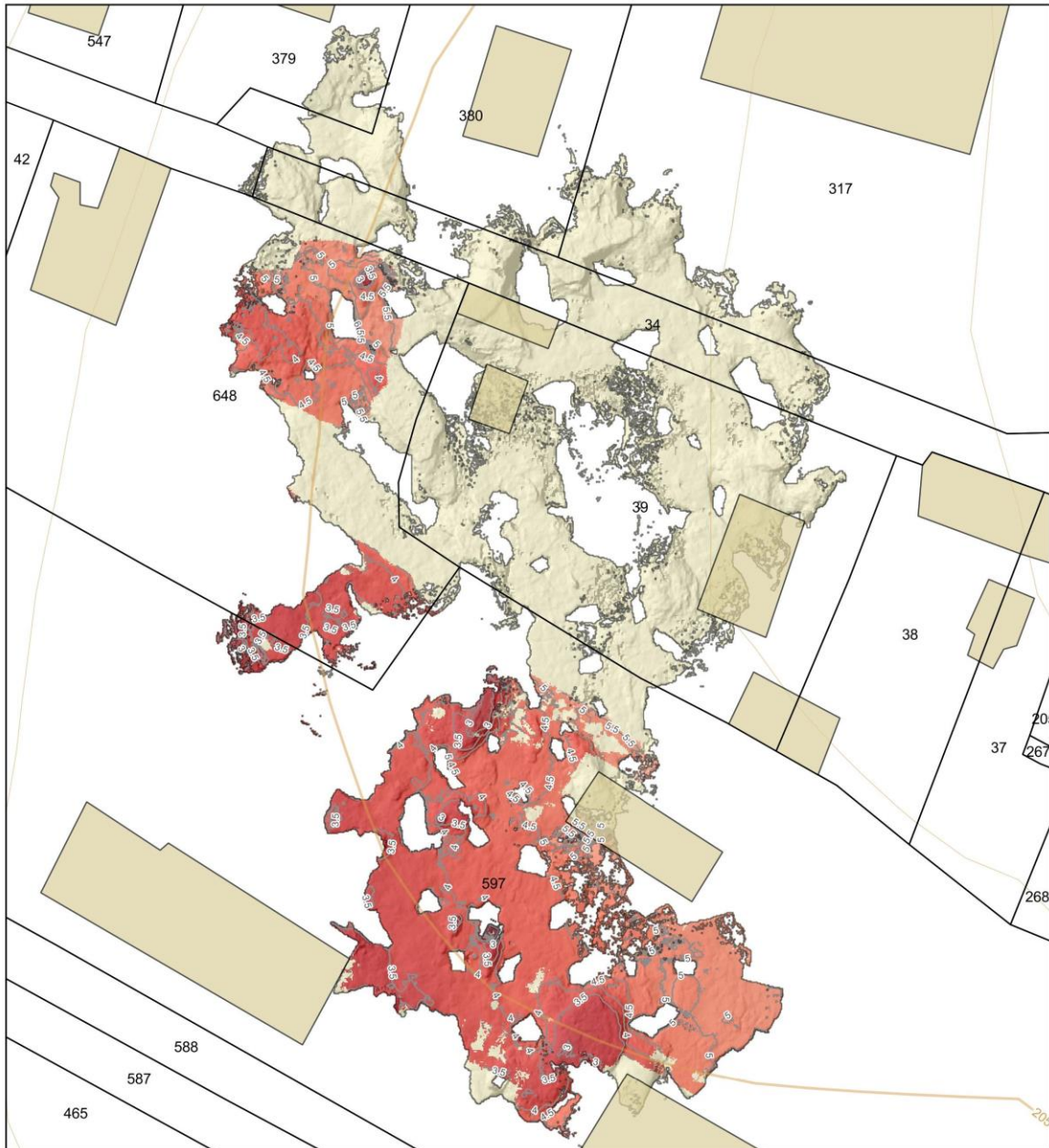














# COTEAUX A L'OUEST DE MORTAGNE-AU-PERCHE (Identifiant national : 250013527)

(ZNIEFF Continentale de type 2)

(Identifiant régional : 01410000)

La citation de référence de cette fiche doit se faire comme suite : RUNGETTE D, .- 250013527, COTEAUX A L'OUEST DE MORTAGNE-AU-PERCHE. - INPN, SPN-MNHN Paris, 28P. <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/250013527.pdf>

Région en charge de la zone : Basse-Normandie

Rédacteur(s) :RUNGETTE D

Centroïde calculé : 464737°-2394723°

## Dates de validation régionale et nationale

Date de premier avis CSRPN : 12/10/2000

Date actuelle d'avis CSRPN : 12/10/2000

Date de première diffusion INPN : 01/01/1900

Date de dernière diffusion INPN : 05/05/2011

1. DESCRIPTION .....	2
2. CRITERES D'INTERET DE LA ZONE .....	3
3. CRITERES DE DELIMITATION DE LA ZONE .....	3
4. FACTEUR INFLUENCANT L'EVOLUTION DE LA ZONE .....	4
5. BILAN DES CONNAISSANCES - EFFORTS DES PROSPECTIONS .....	4
6. HABITATS .....	5
7. ESPECES .....	6
8. LIENS ESPECES ET HABITATS .....	27
9. SOURCES .....	28

## 1. DESCRIPTION

### 1.1 Localisation administrative

- Département : Orne
- Commune : Saint-Hilaire-le-Châtel (INSEE : 61404)
- Commune : Saint-Langis-lès-Mortagne (INSEE : 61414)
- Commune : Bazoches-sur-Hoëne (INSEE : 61029)
- Commune : Courgeoût (INSEE : 61130)

### 1.2 Superficie

531,42 hectares

### 1.3 Altitude

Minimale (mètre): 179

Maximale (mètre): 255

### 1.4 Liaisons écologiques avec d'autres ZNIEFF

*Non renseigné*

### 1.5 Commentaire général

Cet ensemble de coteaux calcaires secs plus ou moins pentus renferme une grande diversité d'espèces animales et végétales rares.

#### FLORE

Au sein des pelouses et des bois calcaires, on note la présence de nombreuses espèces rares et/ou protégées au niveau national (\*\*\*) ou régional (\*) tels la Germandrée petit-chêne (*Teucrium chamaedrys*), l'Anémone pulsatille (*Pulsatilla vulgaris*\*), la Gentiane amère (*Gentianella amarella*\*\*), le Bugle de Genève (*Ajuga genevensis*), l'Herbe à l'esquinancie (*Asperula cynanchica*), le Gaillet rude (*Galium pumilum*), l'Hellébore fétide (*Helleborus foetidus*), le Monotrope sucepin (*Monotropa hypopitys*), l'Onoporde acanthe (*Onopordum acanthium*), le petit Pigamon (*Thalictrum minus*\*). Les orchidées sont également bien représentées avec, parmi les plus intéressantes, l'Orchis singe (*Orchis simia*\*), la Goodyère rampante (*Goodyera repens*), l'Orchis brûlé (*Orchis ustulata*), l'Orchis grenouille (*Coeloglossum viride*\*) et la Céphalanthère pâle (*Cephalanthera damasonium*).

#### FAUNE

Ces coteaux isolés constituent des îlots d'accueil et de reproduction pour bon nombre d'espèces animales. Parmi les insectes, notons la présence de nombreux papillons rares tels le Céphale (*Coenonympha arcania*) qui trouve là son unique station percheronne actuellement connue, l'Echiquier (*Carterocephalus palaemon*), l'Argus frêle (*Cupido minimus*), l'Argus bleu-céleste (*Lysandra bellargus*), l'Hespérie du chiendent (*Thymelicus acteon*), *Hemaris lucina*...

L'avifaune présente est assez classique pour ces types de milieux. On notera la nidification du Pigeon colombin (*Columba oenas*) et du Rossignol philomèle (*Luscinia megarhynchos*).



## 1.6 Compléments descriptifs

### 1.6.1 Mesures de protection

- Indéterminé

*Commentaire sur les mesures de protection*

*aucun commentaire*

### 1.6.2 Activités humaines

- Agriculture
- Sylviculture
- Elevage
- Chasse

*Commentaire sur les activités humaines*

*aucun commentaire*

### 1.6.3 Géomorphologie

- Colline
- Vallon

*Commentaire sur la géomorphologie*

*aucun commentaire*

### 1.6.4 Statut de propriété

- Propriété privée (personne physique)

*Commentaire sur le statut de propriété*

*aucun commentaire*

## 2. CRITERES D'INTERET DE LA ZONE

<b>Patrimoniaux</b>	<b>Fonctionnels</b>	<b>Complémentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ecologique</li><li>- Insectes</li><li>- Phanérogames</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fonction d'habitat pour les populations animales ou végétales</li><li>- Zone particulière liée à la reproduction</li></ul>	

*Commentaire sur les intérêts*

*aucun commentaire*

## 3. CRITERES DE DELIMITATION DE LA ZONE

- Répartition des espèces (faune, flore)
- Répartition et agencement des habitats
- Degré d'artificialisation du milieu ou pression d'usage

*Commentaire sur les critères de délimitation de la zone*

Habitats calcaires (pelouses, bois) constituant, au sein d'un espace très artificialisé (cultures intensives), des zones "refuge" pour bon nombre d'espèces animales et végétales d'intérêt patrimonial.

#### 4. FACTEURS INFLUENCANT L'EVOLUTION DE LA ZONE

Facteur d'évolution	Effet négatif	Effet significatif	Réalité de l'impact
Extraction de matériaux	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Mises en culture, travaux du sol	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Traitements de fertilisation et pesticides	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Pâturage	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Suppression ou entretien de végétation	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Pratiques et travaux forestiers	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Coupes, abattages, arrachages et déboisements	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Plantations, semis et travaux connexes	Intérieur	Indéterminé	Potentiel
Fermeture du milieu	Intérieur	Indéterminé	Potentiel

#### Commentaire sur les facteurs

*aucun commentaire*

#### 5. BILANS DES CONNAISSANCES - EFFORTS DES PROSPECTIONS

##### 5.1 Espèces

Nulle	Faible	Moyen	Bon
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algues</li> <li>- Amphibiens</li> <li>- Autre Faunes</li> <li>- Bryophytes</li> <li>- Lichens</li> <li>- Mammifères</li> <li>- Oiseaux</li> <li>- Poissons</li> <li>- Reptiles</li> <li>- Mollusques</li> <li>- Crustacés</li> <li>- Arachnides</li> <li>- Myriapodes</li> <li>- Odonates</li> <li>- Orthoptères</li> <li>- Lépidoptères</li> <li>- Coléoptères</li> <li>- Diptères</li> <li>- Hyménoptères</li> <li>- Autres ordres d'Hexapodes</li> <li>- Hémiptères</li> <li>- Ascomycètes</li> <li>- Basidiomycètes</li> <li>- Autres Fonges</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Phanérogames</li> <li>- Ptéridophytes</li> </ul>	

## 5.2 Habitats

# 6. HABITATS

## 6.1 Habitats déterminants

EUNIS	CORINE biotopes	Habitats d'intérêt communautaire	Source	Surface (%)	Observation
	41 <i>Forêts caducifoliées</i>				
	34.32 <i>Pelouses calcaires sub-atlantiques semi-arides</i>				
	34.4 <i>Lisières (ou ourlets) forestières thermophiles</i>				

## 6.2 Habitats autres

EUNIS	CORINE biotopes	Habitats d'intérêt communautaire	Source	Surface (%)	Observation
	86.41 <i>Carrières</i>				
	83.31 <i>Plantations de conifères</i>				
	22 <i>Eaux douces stagnantes</i>				
	24 <i>Eaux courantes</i>				
	81 <i>Prairies améliorées</i>				
	82 <i>Cultures</i>				
	83.1 <i>Vergers de hautes tiges</i>				
	37 <i>Prairies humides et mégaphorbiaies</i>				
	34.3 <i>Pelouses pérennes denses et steppes médio-européennes</i>				

## 6.3 Habitats périphériques

EUNIS	CORINE biotopes	Habitats d'intérêt communautaire	Source	Surface (%)	Observation
	84.4 <i>Bocages</i>				
	86.1 <i>Villes</i>				

## 6.4 Commentaire sur les habitats

*aucun commentaire*



## 7. ESPECES

### 7.1 Espèces déterminantes

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
Lépidoptères	53315	<i>Carterocephalus palaemon</i> (Pallas, 1771)	Hespérie du Brome (L'), Échiquier (L'), Palémon (Le), Petit Pan (Le)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : A.F.F.O.				
	53661	<i>Coenonympha arcania</i> (Linnaeus, 1760)	Céphale (Le), Arcanie (L')	Reproduction indéterminée	Bibliographie : A.F.F.O.				
	54029	<i>Cupido minimus</i> (Fuessly, 1775)	Argus frère (L'), Argus minime (L'), Lycène naine (La), Pygmée (Le), Azuré murcian (L')	Reproduction indéterminée	Bibliographie : A.F.F.O.				
	54271	<i>Lysandra bellargus</i> (Rottemburg, 1775)	Azuré bleu-céleste (L'), Bel-Argus (Le), Argus bleu céleste (L'), Lycène Bel-Argus (Le), Argus bleu ciel (L')	Reproduction indéterminée	Bibliographie : A.F.F.O.				
	53320	<i>Thymelicus acteon</i> (Rottemburg, 1775)	Hespérie du Chiendent (L'), Hespérie Actéon (L'), Actéon (L')	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
Oiseaux	3422	<i>Columba oenas</i> Linnaeus, 1758	Pigeon colombin	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4013	<i>Luscinia megarhynchos</i> C. L. Brehm, 1831	Rossignol philomèle	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
Phanérogames	84306	<i>Asperula cynanchica</i> L., 1753	<i>Herbe à l'esquinancie, Aspérule des sables</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	92097	<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartm., 1820	<i>Orchis vert, Orchis grenouille, Satyrion vert</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : MOREAU G. - Données de terrains non publiées.				1998
	99511	<i>Galium pumilum</i> Murray, 1770	<i>Gaillet rude</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	99979	<i>Gentianella amarella</i> (L.) Börner, 1912	<i>Gentianelle amère</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : A.F.F.O.				
	100551	<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br., 1813	<i>Goodyère rampante</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : A.F.F.O.				
	101188	<i>Helleborus foetidus</i> L., 1753	<i>Hellébore fétide, Pied-de-griffon</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	108770	<i>Monotropa hypopitys</i> L., 1753	<i>Monotrope sucepin</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	110244	<i>Onopordum acanthium</i> L., 1753	<i>Onopordon faux-acanthe, Chardon aux ânes</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	110987	<i>Orchis simia</i> Lam., 1779	<i>Orchis singe</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : A.F.F.O.				
	111012	<i>Orchis ustulata</i> L., 1753	<i>Orchis brûlé</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
116460	<i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill., 1768	<i>Pulsatille vulgaire</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : A.F.F.O.		4000		1990	

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	125981	<i>Teucrium chamaedrys</i> L., 1753	<i>Germandrée petit-chêne, Chênnette</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	126159	<i>Thalictrum minus</i> L., 1753	<i>Petit pigamon, Pigamon mineur, Pigamon des dunes</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

## 7.2 Espèces autres

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
Lépidoptères	53754	<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Petite Tortue (La), Vanesse de l'Ortie (La), Petit-Renard (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	54451	<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Aurore (L')</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53688	<i>Aphantopus hyperanthus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Tristan (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53724	<i>Araschnia levana</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Carte géographique (La), Jaspé (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	54307	<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Thécla de la Ronce (La), Argus vert (L')</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	54052	<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Azuré des Nerpruns (L'), Argus à bande noire (L'), Argus bordé (L'), Argiolus (L')</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53623	<i>Coenonympha pamphilus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Fadet commun (Le), Procris (Le), Petit Papillon des foins (Le), Pamphile (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	54414	<i>Colias crocea</i> (Geoffroy, 1785)	<i>Souci (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53749	<i>Cynthia cardui</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Vanesse des Chardons (La), Belle-Dame (La), Vanesse de L'Artichaut (La), Vanesse du Chardon (La), Nymphé des Chardons (La)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53307	<i>Erynnis tages</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Point de Hongrie (Le), Grisette (La)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	54417	<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Citron (Le), Limon (Le), Piéride du Nerprun (La)</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53736	<i>Inachis io</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Paon-du-jour (Le), Paon de jour (Le), Oeil-de-Paon-du-Jour (Le), Paon (Le), Oeil-de-Paon (L')</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53773	<i>Ladoga camilla</i> (Linnaeus, 1764)	<i>Petit Sylvain (Le), Petit Sylvain azuré (Le), Deuil (Le), Sibille (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53604	<i>Lasiommata megera</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Mégère (La), Satyre (Le)</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53668	<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Myrtil (Le), Myrtille (Le), Jurtine (La), Janire (La)</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53700	<i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Demi-Deuil (Le), Échiquier (L'), Échiquier commun (L'), Arge galathée (L')</i>	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	53727	<i>Nymphalis polychloros</i> (Linnaeus, 1758)	Grande Tortue (La), Vanesse de l'Orme (La), Grand-Renard (Le), Doré (Le)	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53337	<i>Ochlodes venatus</i> (Bremer & Grey, 1853)	Sylvaine (La), Sylvain (Le), Sylvine (La)	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	54468	<i>Papilio machaon</i> Linnaeus, 1758	Machaon (Le), Grand Porte-Queue (Le)	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53595	<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)	Tircis (Le), Argus des Bois (L'), Égérie (L')	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	54342	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	Piérade du Chou (La), Grande Piérade du Chou (La), Papillon du Chou (Le)	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	219833	<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	Piérade du Navet (La), Papillon blanc veiné de vert (Le)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	219831	<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	Piérade de la Rave (La), Petit Blanc du Chou (Le), Petite Piérade du Chou (La)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	53759	<i>Polygonia c-album</i> (Linnaeus, 1758)	Gamma (Le), Robert-le-diable (Le), C-blanc (Le), Dentelle (La), Vanesse Gamma (La), Papillon-C (Le)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	54279	<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	Azuré de la Bugrane (L'), Argus bleu (L'), Azuré d'Icare (L'), Icare (L'), Lycène Icare (Le), Argus Icare (L')	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53691	<i>Pyronia tithonus</i> (Linnaeus, 1767)	Amaryllis (L'), Satyre tithon (Le), Titon (Le)	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	53269	<i>Spialia sertorius</i> (Hoffmannsegg, 1804)	Hespérie des Sanguisorbes (L'), Sao (La), Roussâtre (Le), Tacheté (Le)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : A.F.F.O.				
	53741	<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	Vulcain (Le), Amiral (L'), Vanesse Vulcain (La), Chiffre (Le), Atalante (L')	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
Mammifères	61057	<i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus, 1758)	Chevreuril européen, Chevreuril, Brocard (mâle), Chevrette (femelle)	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	60636	<i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)	Blaireau européen	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	61714	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (Linnaeus, 1758)	Lapin de garenne	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	60249	<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758	Taupe d'Europe	Reproduction indéterminée	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
Oiseaux	2895	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	Épervier d'Europe	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	2623	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	Buse variable	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	4580	<i>Carduelis chloris</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Verdier d'Europe</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3791	<i>Certhia brachydactyla</i> C.L. Brehm, 1820	<i>Grimpereau des jardins</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3424	<i>Columba palumbus</i> Linnaeus, 1758	<i>Pigeon ramier</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4507	<i>Corvus corone corone</i> Linnaeus, 1758		Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3611	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pic épeiche</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4659	<i>Emberiza cirlus</i> Linnaeus, 1758	<i>Bruant zizi</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4564	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	<i>Pinson des arbres</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4466	<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Geai des chênes</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3760	<i>Parus caeruleus</i> Linnaeus, 1758	<i>Mésange bleue</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3764	<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	<i>Mésange charbonnière</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3603	<i>Picus viridis</i> Linnaeus, 1758	<i>Pic vert, Pivert</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3978	<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Accenteur mouchet</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4619	<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Bouvreuil pivoine</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4308	<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Roitelet huppé</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3774	<i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	<i>Sittelle torchepot</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	4257	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	Fauvette à tête noire	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	3967	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)	Troglodyte mignon	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	4129	<i>Turdus philomelos</i> C. L. Brehm, 1831	Grive musicienne	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
Phanérogames	79734	<i>Acer campestre</i> L., 1753	Érable champêtre, Acéraïlle	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	79779	<i>Acer platanoides</i> L., 1753	Érable plane, Plane	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	79783	<i>Acer pseudoplatanus</i> L., 1753	Érable sycomore, Grand Érable	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	79908	<i>Achillea millefolium</i> L., 1753	Achillée millefeuille, Herbe au charpentier, Sourcils-de-Vénus	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	80243	<i>Adoxa moschatellina</i> L., 1753	Moschatelline, Adoxe musquée	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	80334	<i>Aesculus hippocastanum</i> L., 1753	Marronnier d'Inde, Marronnier commun	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	80410	<i>Agrimonia eupatoria</i> L., 1753	Aigremoine, Francormier	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	80980	<i>Ajuga genevensis</i> L., 1753	Bugle de Genève	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : RAGOT R.				2006
	81295	<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara & Grande, 1913	Alliaire, Herbe aux aulx	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	82321	<i>Anagallis arvensis</i> L., 1753	<i>Mouron rouge, Fausse Morgeline</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	82999	<i>Anthyllis vulneraria</i> L., 1753	<i>Anthyllide vulnérable, Trèfle des sables</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	83912	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl, 1819	<i>Fromental élevé, Ray-grass français</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	84112	<i>Arum maculatum</i> L., 1753	<i>Gouet tâcheté, Chandelle</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	84318	<i>Asperula odorata</i> L., 1753	<i>Aspérule odorante, Belle-étoile, Gaillet odorant</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	85439	<i>Avenula pubescens</i> (Huds.) Dumort., 1868	<i>Avoine pubescente</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	85740	<i>Bellis perennis</i> L., 1753	<i>Pâquerette</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	85904	<i>Betula pubescens</i> Ehrh., 1791	<i>Bouleau blanc, Bouleau pubescent</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	86087	<i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds., 1762	<i>Chlorette, Chlore perfoliée</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	86289	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) P.Beauv., 1812	<i>Brachypode penné</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	86490	<i>Briza media</i> L., 1753	<i>Brize intermédiaire, Amourette commune</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	86601	<i>Bromus erectus</i> Huds., 1762	<i>Brome érigé</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	88510	<i>Carex flacca</i> Schreb., 1771	<i>Laïche glauque, Langue-de-pic</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	88885	<i>Carex spicata</i> Huds., 1762	<i>Laïche en épis</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	89180	<i>Carlina vulgaris</i> L., 1753	<i>Carlina commune, Chardon doré</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	89200	<i>Carpinus betulus</i> L., 1753	<i>Charme, Charmille</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	89653	<i>Centaurea nigra</i> L., 1753	<i>Centaurée noire</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	89697	<i>Centaurea scabiosa</i> L., 1753	<i>Centaurée scabieuse</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	89920	<i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce, 1906	<i>Céphalanthère à grandes fleurs, Helléborine blanche</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : RAGOT R.			10	2006
	89968	<i>Cerastium arvense</i> L., 1753	<i>Céraiste des champs</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : RAGOT R.				2006
	90008	<i>Cerastium fontanum</i> Baumg., 1816	<i>Céraiste commune</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	91169	<i>Cichorium intybus</i> L., 1753	<i>Chicorée amère, Barbe-de-capucin</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	91274	<i>Cirsium acaule</i> Scop., 1769	<i>Cirse sans tige</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	91430	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten., 1838	<i>Cirse commun</i> , <i>Cirse à feuilles lancéolées</i> , <i>Cirse lancéolé</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	91886	<i>Clematis vitalba</i> L., 1753	<i>Clématite des haies</i> , <i>Herbe aux gueux</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	91912	<i>Clinopodium vulgare</i> L., 1753	<i>Sariette commune</i> , <i>Grand Basilic</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	92501	<i>Cornus sanguinea</i> L., 1753	<i>Cornouiller sanguin</i> , <i>Sanguine</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	92606	<i>Corylus avellana</i> L., 1753	<i>Noisetier</i> , <i>Avelinier</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	92876	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 1775	<i>Aubépine à un style</i> , <i>Épine noire</i> , <i>Bois de mai</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	94257	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó, 1962	<i>Orchis de Fuchs</i> , <i>Orchis tacheté des bois</i> , <i>Orchis de Meyer</i> , <i>Orchis des bois</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	94266	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó, 1962	<i>Orchis tacheté</i> , <i>Orchis maculé</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	94273	<i>Dactylorhiza praetermissa</i> (Druce) Soó, 1962	<i>Orchis négligé</i> , <i>Orchis oublié</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	94432	<i>Daphne laureola</i> L., 1753	<i>Daphné lauréole</i> , <i>Laurier des bois</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	95793	<i>Echium vulgare</i> L., 1753	Vipérine commune, Vipérine vulgaire	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	97141	<i>Eryngium campestre</i> L., 1753	Chardon Roland, Panicaut champêtre	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	97434	<i>Eupatorium cannabinum</i> L., 1753	Eupatoire à feuilles de chanvre, Chanvre d'eau	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	97490	<i>Euphorbia cyparissias</i> L., 1753	Euphorbe petit-cyprès, Euphorbe faux Cyprès	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	97896	<i>Evonymus europaeus</i> L.	Bonnet-d'évêque	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	97947	<i>Fagus sylvatica</i> L., 1753	Hêtre, Fouteau	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	98865	<i>Fragaria vesca</i> L., 1753	Fraisier sauvage, Fraisier des bois	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	98921	<i>Fraxinus excelsior</i> L., 1753	Frêne élevé, Frêne commun	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	99373	<i>Galium aparine</i> L., 1753	Gaillet gratteron, Herbe collante	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	99473	<i>Galium mollugo</i> L., 1753	Gaillet commun, Gaillet Mollugine	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	99828	<i>Genista tinctoria</i> L., 1753	Genêt des teinturiers, Petit Genêt	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	100142	<i>Geranium robertianum</i> L., 1753	Herbe à Robert	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	100225	<i>Geum urbanum</i> L., 1753	Benoîte commune, Herbe de saint Benoît	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	100607	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R.Br., 1813	Gymnadénie moucheron, Orchis moucheron, Orchis moustique	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	100787	<i>Hedera helix</i> L., 1753	Lierre grimpant, Herbe de saint Jean	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	102352	<i>Hieracium pilosella</i> L., 1753	Piloselle	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	102797	<i>Himantoglossum hircinum</i> (L.) Spreng., 1826	Orchis bouc, Himantoglosse à odeur de bouc	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	102842	<i>Hippocrepis comosa</i> L., 1753	Hippocrepis à toupet, Fer-à-cheval	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	103031	<i>Humulus lupulus</i> L., 1753	Houblon grimpant	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	103316	<i>Hypericum perforatum</i> L., 1753	Millepertuis perforé, Herbe de la Saint-Jean	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	103514	<i>Ilex aquifolium</i> L., 1753	Houx	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	104397	<i>Juniperus communis</i> L., 1753	Genévrier commun, Peteron	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	104516	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult., 1828	<i>Knautie des champs, Oreille-d'âne</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	104716	<i>Laburnum anagyroides</i> Medik., 1787	<i>Faux-ébénier, Cytise, Aubour</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	105502	<i>Leontodon hispidus</i> L., 1753	<i>Liondent hispide</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	105966	<i>Ligustrum vulgare</i> L., 1753	<i>Troëne, Raisin de chien</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	106234	<i>Linaria vulgaris</i> Mill., 1768	<i>Linaire commune</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	106288	<i>Linum catharticum</i> L., 1753	<i>Lin purgatif</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	106370	<i>Listera ovata</i> (L.) R.Br., 1813	<i>Grande Listère</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	106396	<i>Lithospermum officinale</i> L., 1753	<i>Grémil officinal, Herbe aux perles</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	106595	<i>Lonicera xylosteum</i> L., 1753	<i>Chèvrefeuille des haies, Camérisier des haies</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	106653	<i>Lotus corniculatus</i> L., 1753	<i>Lotier corniculé, Pied de poule, Sabot-de-la-mariée</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	107786	<i>Melampyrum arvense</i> L., 1753	<i>Mélampyre des champs</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	107795	<i>Melampyrum pratense</i> L., 1753	<i>Mélampyre des prés</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	108003	<i>Melittis melissophyllum</i> L., 1753	<i>Mélitte à feuilles de Mélisse</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : MOREAU G. - Données de terrains non publiées.				1998
	108166	<i>Mentha spicata</i> L., 1753	<i>Menthe en épi, Menthe verte</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	108361	<i>Mercurialis perennis</i> L., 1753	<i>Mercuriale vivace, Mercuriale des montagnes</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	110139	<i>Onobrychis viciifolia</i> Scop., 1772	<i>Sainfoin, Esparcette, Sainfoin à feuilles de Vesce</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	110227	<i>Ononis repens</i> L., 1753	<i>Bugrane maritime</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	110335	<i>Ophrys apifera</i> Huds., 1762	<i>Ophrys abeille</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : MOREAU G. - Données de terrains non publiées.				1998
	110410	<i>Ophrys insectifera</i> L., 1753	<i>Ophrys mouche</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : MOREAU G. - Données de terrains non publiées.				1998
	110477	<i>Ophrys sphegodes</i> Mill., 1768	<i>Ophrys abeille</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	110966	<i>Orchis purpurea</i> Huds., 1762	<i>Orchis pourpre, Grivollée</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	111289	<i>Origanum vulgare</i> L., 1753	<i>Origan commun</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	111369	<i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L., 1753	<i>Ornithogale des Pyrénées</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	111556	<i>Orobanche gracilis</i> Sm., 1798	<i>Orobanche grêle, Orobanche à odeur de Girofle</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	113703	<i>Pinus sylvestris</i> L., 1753	<i>Pin sylvestre</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	113893	<i>Plantago lanceolata</i> L., 1753	<i>Plantain lancéolé, Herbe aux cinq coutures</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	113906	<i>Plantago media</i> L., 1753	<i>Plantain moyen</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	114012	<i>Platanthera chlorantha</i> (Custer) Rchb., 1828	<i>Orchis vert, Orchis verdâtre, Platanthère à fleurs verdâtres</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	114539	<i>Polygala calcarea</i> F.W.Schultz, 1837	<i>Polygale du calcaire, Polygala du calcaire</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	114595	<i>Polygala vulgaris</i> L., 1753	<i>Polygala commun, Polygala vulgaire</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	115156	<i>Populus tremula</i> L., 1753	<i>Peuplier Tremble</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	115402	<i>Potentilla anserina</i> L., 1753	<i>Potentille des oies</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	115624	<i>Potentilla reptans</i> L., 1753	<i>Potentille rampante, Quintefeuille</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	115865	<i>Primula elatior</i> (L.) Hill, 1765	Primevère élevée, Coucou des bois	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	115918	<i>Primula veris</i> L., 1753	Coucou, Primevère officinale, Brérelle	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	116012	<i>Prunella vulgaris</i> L., 1753	Brunelle commune, Herbe au charpentier	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	116043	<i>Prunus avium</i> (L.) L., 1755	Merisier vrai, Cerisier des bois	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	116109	<i>Prunus padus</i> L., 1753	Cerisier à grappes, Putiet, Merisier à grappes, Putier	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	116142	<i>Prunus spinosa</i> L., 1753	Épine noire, Prunellier, Pelossier	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	116759	<i>Quercus robur</i> L., 1753	Chêne pédonculé, Gravelin	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	117019	<i>Ranunculus ficaria</i> L., 1753	Ficaire à bulbilles	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	117530	<i>Rhamnus cathartica</i> L., 1753	Nerprun purgatif	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	117616	<i>Rhinanthus minor</i> L., 1756	Petit cocriste, Petit Rhinanthé	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	117774	<i>Ribes rubrum</i> L., 1753	Groseillier rouge, Groseillier à grappes	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	117787	<i>Ribes uva-crispa</i> L., 1753	Groseillier à maquereaux	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	117860	<i>Robinia pseudoacacia</i> L., 1753	Robinier faux-acacia, Carouge	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	118073	<i>Rosa canina</i> L., 1753	Rosier des chiens, Rosier des haies	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	118993	<i>Rubus caesius</i> L., 1753	Rosier bleue, Ronce à fruits bleus, Ronce bleue	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	119097	<i>Rubus fruticosus</i> L., 1753	Ronce de Bertram, Ronce commune	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	119419	<i>Rumex acetosella</i> L., 1753	Petite oseille, Oseille des brebis	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	119977	<i>Salix caprea</i> L., 1753	Saule marsault, Saule des chèvres	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	120685	<i>Salvia pratensis</i> L., 1753	Sauge des prés, Sauge commune	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	120753	<i>Sanguisorba minor</i> Scop., 1771	Pimpinelle à fruits réticulés	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	120772	<i>Sanicula europaea</i> L., 1753	Sanicle d'Europe, Herbe aux chènes	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	122745	<i>Senecio vulgaris</i> L., 1753	Séneçon commun	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	123683	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke, 1869	<i>Silène enflé, Tapotte</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	124233	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill, 1769	<i>Laiteron rude, Laiteron piquant</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	124346	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz, 1763	<i>Alisier des bois, Alisier torminal, Alouchier</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	125447	<i>Tamus communis</i> L., 1753	<i>Sceau de Notre Dame</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	125816	<i>Taxus baccata</i> L., 1753	<i>If à baies</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	126515	<i>Thymus drucei</i> Ronniger, 1924	<i>Serpolet de Druce</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	126573	<i>Thymus serpyllum</i> L., 1753	<i>Serpolet à feuilles étroites, Thym Serpolet</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.				1990
	127029	<i>Tragopogon pratensis</i> L., 1753	<i>Salsifis des prés</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	127294	<i>Trifolium dubium</i> Sibth., 1794	<i>Trèfle douteux, Petit Trèfle jaune</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	128176	<i>Ulmus montana</i> With., 1796	<i>Orme glabre</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	128832	<i>Veronica chamaedrys</i> L., 1753	<i>Véronique petit chêne, Fausse Germandrée</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Nom scientifique de l'espèce	Nomm vernaculaire de l'espèce	Statut(s) biologique(s)	Sources	Degré d'abondance	Effectif inférieur estimé	Effectif supérieur estimé	Année/ Période d'observation
	129083	<i>Viburnum lantana</i> L., 1753	<i>Viorne mancienne</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	129087	<i>Viburnum opulus</i> L., 1753	<i>Viorne obier, Viorne aquatique</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	129147	<i>Vicia cracca</i> L., 1753	<i>Vesce cracca, Jarosse</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	129191	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray, 1821	<i>Vesce hérissée, Ers velu</i>	Reproduction certaine ou probable	Informateur : GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.				1996
	129470	<i>Vinca minor</i> L., 1753	<i>Petite pervenche, Violette de serpent</i>	Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	198911	<i>Viola</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
Reptiles	77490	<i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	<i>Orvet fragile</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	77692	<i>Lacerta vivipara</i> Jacquin, 1787	<i>Lézard vivipare</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994
	78064	<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Couleuvre helvétique</i>	Reproduction indéterminée	Bibliographie : MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.				1994

### 7.3 Espèces à statut réglementé

Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Espèce (nom scientifique)	Statut de détermination	Réglementation
Mammifères	60636	<i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
	61057	<i>Capreolus capreolus</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
	61714	<i>Oryctolagus cuniculus</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
Oiseaux	2623	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	2895	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3422	<i>Columba oenas</i> Linnaeus, 1758	Déterminante	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
				Protection et commercialisation de certaines espèces d'oiseaux sur le territoire français national ( <a href="#">lien</a> )
	3424	<i>Columba palumbus</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
	3603	<i>Picus viridis</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3611	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3764	<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3774	<i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3791	<i>Certhia brachydactyla</i> C.L. Brehm, 1820	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3967	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	3978	<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4013	<i>Luscinia megarhynchos</i> C. L. Brehm, 1831	Déterminante	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4129	<i>Turdus philomelos</i> C. L. Brehm, 1831	Autre	Liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée ( <a href="#">lien</a> )
				Protection et commercialisation de certaines espèces d'oiseaux sur le territoire français national ( <a href="#">lien</a> )
	4257	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4308	<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4564	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4580	<i>Carduelis chloris</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
	4619	<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )
4659	<i>Emberiza cirulus</i> Linnaeus, 1758	Autre	Liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )	
Reptiles	77490	<i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	Autre	Listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire français et les modalités de leur protection ( <a href="#">lien</a> )



Groupe	Code Espèce (CD_NOM)	Espèce (nom scientifique)	Statut de détermination	Réglementation
Angiospermes	99979	<i>Gentianella amarella</i> (L.) Börner, 1912	Déterminante	Liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire français métropolitain ( <a href="#">lien</a> )
	103514	<i>Ilex aquifolium</i> L., 1753	Autre	Liste des espèces végétales sauvages pouvant faire l'objet d'une réglementation préfectorale permanente ou temporaire ( <a href="#">lien</a> )
Gymnospermes	125816	<i>Taxus baccata</i> L., 1753	Autre	Liste des espèces végétales sauvages pouvant faire l'objet d'une réglementation préfectorale permanente ou temporaire ( <a href="#">lien</a> )

## 8. LIENS ESPECES ET HABITATS

Espèce	Habitat	Statut(s) biologique(s)	Sources
80980 <i>Ajuga genevensis</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.
84306 <i>Asperula cynanchica</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.
86087 <i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Huds., 1762		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
89920 <i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce, 1906		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.
92097 <i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartm., 1820		Reproduction certaine ou probable	Informateur MOREAU G. - Données de terrains non publiées.
94257 <i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó, 1962		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
97141 <i>Eryngium campestre</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
99511 <i>Galium pumilum</i> Murray, 1770		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
99828 <i>Genista tinctoria</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
100551 <i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br., 1813		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie A.F.F.O.
100607 <i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R.Br., 1813		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
102797 <i>Himantoglossum hircinum</i> (L.) Spreng., 1826		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.

Espèce	Habitat	Statut(s) biologique(s)	Sources
102842 <i>Hippocrepis comosa</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
108770 <i>Monotropa hypopitys</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.
110335 <i>Ophrys apifera</i> Huds., 1762		Reproduction certaine ou probable	Informateur MOREAU G. - Données de terrains non publiées.
110477 <i>Ophrys sphegodes</i> Mill., 1768		Reproduction certaine ou probable	Informateur RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.
110987 <i>Orchis simia</i> Lam., 1779		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie A.F.F.O.
111012 <i>Orchis ustulata</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.
111369 <i>Ornithogalum pyrenaicum</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
114539 <i>Polygala calcarea</i> F.W.Schultz, 1837		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.
116460 <i>Pulsatilla vulgaris</i> Mill., 1768		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie A.F.F.O.
125981 <i>Teucrium chamaedrys</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.
126159 <i>Thalictrum minus</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Bibliographie MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.
126573 <i>Thymus serpyllum</i> L., 1753		Reproduction certaine ou probable	Informateur RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.

## 9. SOURCES

Type	Auteur	Année de publication	Titre
Bibliographie	A.F.F.O.	1992	Les sites naturels de l'Orne. Tome III. Conseil Général de l'Orne.
	MAZURIER M., MOREAU G. & J., RADIGUE F.	1995	Prospections complémentaires sur 6 ZNIEFF (Est du département de l'Orne), Contrat d'étude AFFO - DIREN 1994.
	RAGOT R.	2006	Fiche d'inventaire des ZNIEFF (0141.0003) 2006. Conservatoire botanique national de Brest, antenne de Basse-Normandie.
	RAGOT R.	2006	Fiche d'inventaire des ZNIEFF (0141.0005) 2006. Conservatoire botanique national de Brest, antenne de Basse-Normandie.
Informateur	GUENIN E. - Données de terrain non publiées, CFEN de Basse-Normandie.	0	

Type	Auteur	Année de publication	Titre
	MOREAU G. - Données de terrains non publiées.	0	
	RADIGUE F. - Données de terrain non publiées.	0	



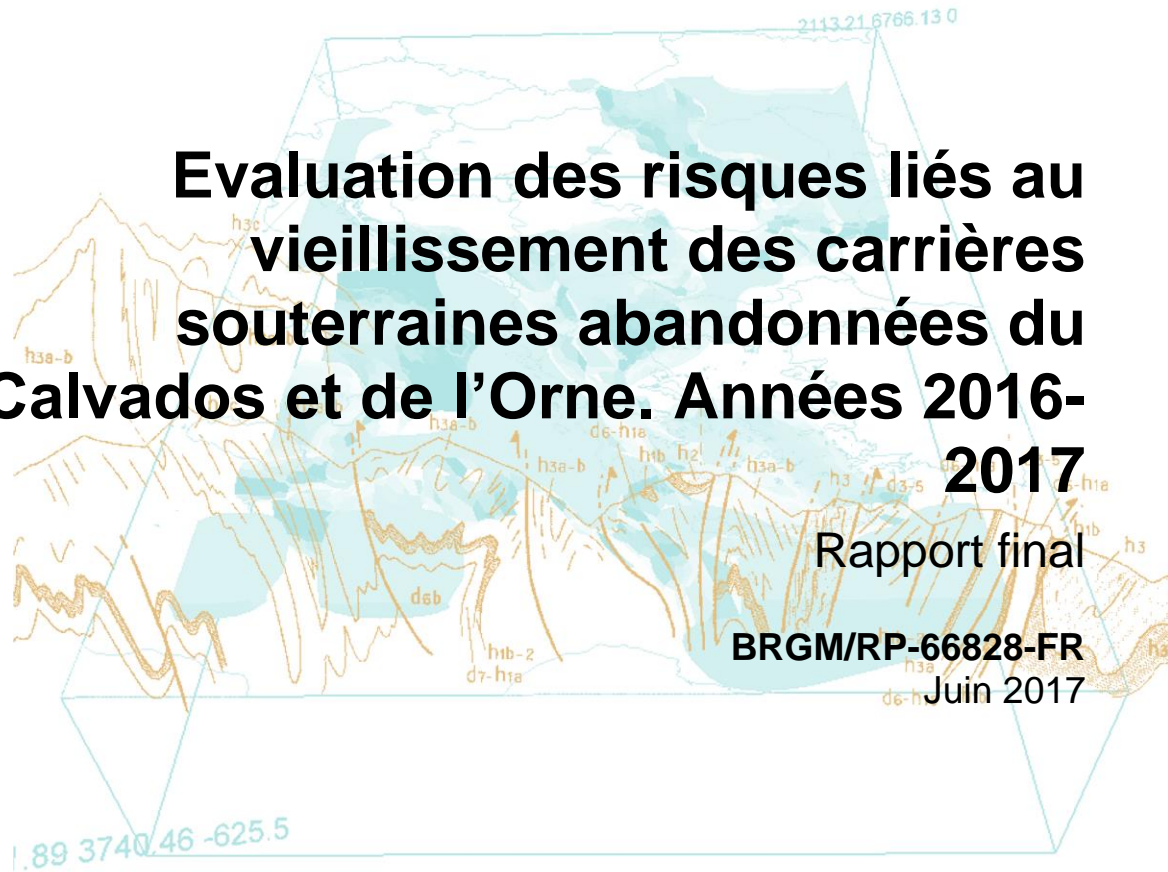


# Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne. Années 2016-2017

Rapport final

BRGM/RP-66828-FR

Juin 2017





# Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne. Années 2016-2017

Rapport final

BRGM/RP-66828-FR  
Juin 2017

**B. Meire, E. Plat, B. Milési**

Avec la collaboration de

J. Ph. Vandorpe, F. Mathieu, T. Jacob, A. Portal, B. François, F. Beaubois, M. Imbault, S. Yart, F. Masson

## Vérificateur :

Nom : P. Pannet

Fonction : Directeur régional délégué  
Grand-Est

Date : 29/06/2017

Signature :



## Approbateur :

Nom : D. Pennequin

Fonction : Directeur Régional

Date : 07/07/2017

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** : Carrière souterraine, diagnostic de stabilité, investigations géophysiques, base de données, topographie souterraine, Bellavilliers, Saint-Langis-lès-Mortagne, Mauves-sur-Huisne, Loissail, Bény-sur-Mer, Basly, Calvados, Orne, Normandie.

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

**Meire B., Plat E, Milési B.** (2017) – Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l’Orne – Années 2016-2017 Rapport final. BRGM/RP-66828-FR, 82 p., 30 ill., 1 tabl., 11 ann., CD.

## Synthèse

Le territoire de l'ex-Basse-Normandie, par sa diversité géologique, a été le siège d'une activité extractive foisonnante pour l'extraction de matériaux divers (minerais, granulats et pierres de taille pour la construction, marne pour l'amendement). Pour la pierre de taille et la marne, un grand nombre de carrières ont été exploitées en souterrain et la très grande majorité de ces exploitations sont aujourd'hui abandonnées. A terme, leur vieillissement peut induire des désordres en surface (effondrements, affaissements), comme ce fût par exemple le cas en 2011 à Saint-Pierre-Canivet (Calvados) ou à Courgeon (Orne), et en 2013 à Caen (Calvados).

Dans le cadre de ses missions d'appui aux politiques publiques qui s'inscrivent au contrat d'objectifs Etat-BRGM 2013-2017, la BRGM a initié en 2014, en partenariat avec la DREAL Normandie, un programme d'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines de pierre de taille situées sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie (Calvados, Orne et Manche).

Une première étude a permis de visiter une quinzaine de carrières souterraines de pierres de taille, creusées dans les calcaires du Bathonien des environs de Caen. Les comptes-rendus de ces visites ont fait l'objet d'un rapport BRGM (RP-64117-FR). Suite à cette étude, et au regard des observations effectuées lors des visites, il s'est avéré nécessaire de poursuivre les investigations sur d'autres carrières souterraines abandonnées pour évaluer leur degré de vieillissement, et notamment sur des carrières creusées dans les craies cénomaniennes.

Dans ce cadre, et en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a poursuivi les investigations sur les carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne, avec pour objectifs de :

- poursuivre le travail initié en 2014, en réalisant de nouvelles inspections de carrières souterraines situées dans les formations sédimentaires du Bathonien (calcaire) et du Cénomanien (craie) ;
- synthétiser l'ensemble des données dans une base de données dédiée ;
- affiner la méthode de suivi des cavités de l'ex-Basse-Normandie en :
  - o testant des méthodes de cartographie/topographie de cavités souterraines ;
  - o appliquant des méthodes géophysiques pour la détection d'anciennes carrières souterraines adaptées au contexte bas-normand.

La première étape du projet a porté sur l'élaboration d'une stratégie de sélection des sites intéressants pour effectuer un diagnostic de stabilité. Pour cela, une série de sélections a été appliquée sur la base de données des cavités souterraines de la DREAL Normandie pour ne retenir que les carrières souterraines potentiellement intéressantes, pouvant être traitées dans le cadre de cette étude. Suite à cette étape, la liste de carrières sélectionnées a été affinée via des visites de terrain (en surface), pour ne retenir que les carrières souterraines de pierre de taille accessibles, et pour lesquelles il est possible d'effectuer un diagnostic de stabilité. Ainsi, la stratégie élaborée dans le cadre de ce projet a permis d'identifier 46 carrières souterraines accessibles (sur les 325 visitées sur le terrain). Les sélections et les vérifications de terrain ont été menées à l'échelle communale.

Dans un second temps, 10 carrières souterraines situées sur les communautés de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche (Orne) et d'Orival – Cœur-de-Nacre (Calvados) ont été retenues pour les investigations en souterrain et l'élaboration de diagnostics de stabilité. Le choix de ces carrières a été effectué en fonction des enjeux situés en surface (bâtiments, voiries, terrains de sports etc.) ou des risques d'intrusions pour les carrières en accès libre. Parmi ces 10 carrières souterraines, 5 sont creusées dans les craies cénomaniennes du Bassin de Mortagne-au-Perche (Orne) et 5 sont creusées dans les calcaires bathoniens du nord de la plaine de Caen (Calvados).

Les carrières retenues ont fait l'objet d'investigations en souterrain pour :

1. Dresser le plan géométrique de la carrière (si absence de plans) ;
2. Réaliser un diagnostic de niveau 1 (selon le guide de l'IFSTTAR - 2014).

L'ensemble des observations réalisées sur le terrain ont été compilées dans une base de données SIG dédiée au projet et développée dans le cadre de la présente étude. Elles ont par ailleurs été utilisées pour mettre à jour la base nationale des cavités souterraine BDCavité, gérée par le BRGM, et disponible via le site internet Georisques.fr.

Les visites de ces carrières ont ensuite abouti à la rédaction de 10 comptes rendus détaillés (en annexe hors-texte de ce rapport) qui viennent compléter ceux réalisés en 2014 (rapport BRGM-RP-64117-FR).

Outre les étapes de sélection des sites, plusieurs actions ont été réalisées afin d'affiner la stratégie de suivi des cavités en ex-Basse Normandie. En ce qui concerne le levé de la géométrie des cavités, différentes méthodes ont été mises en œuvre : levé « classique » semi-automatisé au laser mètre et à la boussole et mesure innovante au scanner laser 3D portatif « ZEB-REVO ». Il a ainsi été montré leur fiabilité (très peu d'écart entre les deux types de mesures) et leur complémentarité (en fonction de la taille de la cavité : la méthode « classique » demeure intéressante sur des cavités de taille inférieure à 1 000 m<sup>2</sup> et à géométrie peu complexe, ou pour des levés géométriques globaux dans le cadre de diagnostics d'urgence).

Par ailleurs, la cavité de Saint-Langis-les-Mortagne (Orne) (dont la géométrie a été levée au « ZEB-REVO ») a été retenue pour réaliser des investigations géophysiques destinées à montrer la pertinence des mesures micro-gravimétriques et électriques pour déterminer l'emprise des cavités dans le contexte bas-normand, lorsque celles-ci ne sont pas accessibles (ici cavités peu profondes dans la craie). Les résultats des investigations géophysiques se sont montrés particulièrement concluants.

Ainsi, cette étude, menée sur des carrières souterraines de dimensions et d'état général très variés, a également permis de déterminer les techniques les plus appropriées à mettre en œuvre, pour élaborer des diagnostics de stabilité destinés à évaluer le degré de vieillissement à long terme des cavités et de constituer la chaîne de traitement : identification des cavités ; si nécessaire : investigations non destructives (géophysique) ; levé géométrique ; diagnostic de stabilité ; bancarisation et archivage de l'information. La durée nécessaire pour les visites en souterrain est également mieux connue sachant que ce temps nécessaire reste indicatif puisque fonction du site (conditions d'accès, présence de CO<sub>2</sub>, etc.).



# Sommaire

<b>1. Contexte et objectifs .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Contexte géologique et géomorphologique du territoire de l'ex-Basse-Normandie .....</b>	<b>11</b>
2.1. CADRE GEOLOGIQUE .....	11
2.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE .....	12
<b>3. Les carrières souterraines en ex-Basse-Normandie.....</b>	<b>13</b>
3.1. L'EXPLOITATION DES PIERRES DE TAILLE EN EX-BASSE-NORMANDIE .....	13
3.1.1. Formations exploitées en ex-Basse-Normandie.....	13
3.1.2. Les méthodes d'exploitation .....	15
3.1.3. Les accès .....	16
3.2. LES RISQUES LIES AUX CAVITES SOUTERRAINES .....	17
<b>4. Sélection des sites à visiter– traitement des bases de données et visites de surface..</b>	<b>19</b>
4.1. PRE-SELECTION DES INDICES .....	19
4.2. VERIFICATIONS DE TERRAIN .....	20
4.3. HIERARCHISATION DES COMMUNAUTES DE COMMUNES A INVESTIGUER	22
4.4. CHOIX DES CAVITES A DIAGNOSTIQUER.....	23
<b>5. Inspection des carrières souterraines abandonnées – diagnostics de stabilité.....</b>	<b>25</b>
5.1. METHODOLOGIE : NIVEAU DE DIAGNOSTIC ET DONNEES UTILISEES.....	25
5.1.1. Niveau de diagnostic .....	25
5.1.2. Données géographiques et topographiques – environnement de la carrière....	26
5.1.3. Données géologiques et hydrogéologiques .....	26
5.1.4. Données historiques .....	26
5.2. TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES – LEVES GEOMETRIQUES .....	27
5.3. FORMALISATION DES OBSERVATIONS.....	30
5.3.1. Données géométriques – contours et emprises .....	30
5.3.2. Etat des piliers .....	31
5.3.3. Fracturation .....	32
5.3.4. Chutes de toit et remontées de fontis .....	33
5.3.5. Ecaillage et décollement de 1 <sup>er</sup> banc de toit.....	34
5.3.6. Observations ponctuelles diverses .....	34
5.3.7. Evaluation qualitative de l'état général des carrières souterraines .....	35

5.4.	CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNEES D'OBSERVATION ET DE SUIVI DE L'ETAT DE STABILITE DES CARRIERES SOUTERRAINES.....	35
5.5.	REALISATION DE COMPTES RENDUS DETAILLES .....	36
5.5.1.	Contenu des fiches .....	36
5.5.2.	Mise en forme cartographique.....	37
5.5.3.	Liste des fiches .....	37
<b>6.</b>	<b>Application de méthodes géophysiques pour la détection de carrières souterraines abandonnées dans le contexte bas-normand.....</b>	<b>39</b>
6.1.	MICROGRAVIMETRIE .....	39
6.1.1.	Rappel de la méthodologie.....	39
6.1.2.	Résultats .....	41
6.1.3.	Conclusions / pertinence de la méthode.....	43
6.2.	METHODES ELECTRIQUES .....	43
6.2.1.	Rappel de la méthodologie.....	43
6.2.2.	Résultats .....	45
6.2.3.	Conclusions / pertinence de la méthode.....	47
<b>7.</b>	<b>Conclusions et perspectives.....</b>	<b>49</b>
7.1.	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES GENERALES .....	49
7.2.	RESULTATS DES DIAGNOSTICS.....	51
7.2.1.	Tableau de synthèse .....	51
7.2.2.	Analyse par communautés de communes.....	55
7.2.3.	Conclusion sur le vieillissement et zones à investiguer .....	56
<b>8.</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>57</b>

## Liste des figures

Illustration 1 : Carte géologique du territoire de l'ex-Basse-Normandie. Les terrains crétacés sont représentés par la couleur vert clair, les terrains jurassiques par la couleur bleue .....	11
Illustration 2 : Les paysages de l'ex Basse-Normandie, intimement liés à la nature géologique du substratum (source : <a href="http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr">http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr</a> ) .....	12
Illustration 3 : Exploitation des terrains sédimentaires du Bassin Parisien en Normandie (Evrard, 1987) .	14
Illustration 4 : Répartition des calcaires du Bathonien (Jurassique moyen – en bleu clair) et du Cénomanién (Crétacé supérieur – en vert) sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie (source : traitement des cartes géologiques harmonisées du BRGM).....	14
Illustration 5 : Exemple d'une géométrie caractéristique d'une carrière exploitée par chambres et piliers tournés (Loisail – Orne).....	15
Illustration 6 : Exemple d'une géométrie caractéristique d'une carrière exploitée par chambres et galeries (Bellavilliers – Orne) .....	16
Illustration 7 : Schéma des différents types d'accès aux carrières souterraines (IFSTTAR, 2014).....	16
Illustration 8 : Répartition des indices de cavités retenus lors des phases de sélection par communautés de communes .....	20
Illustration 9 : Méthodologie de validation des indices sur le terrain .....	21
Illustration 10 : Illustration de la table X_SELECTION_INDICES_BD_DREAL.shp qui bancarise les données de terrain (surface) .....	22
Illustration 11 : Définition des différents niveaux de diagnostics (source : IFSTTAR, 2014) .....	25
Illustration 12 : Contenu des différents niveaux de diagnostics (source : IFSTTAR, 2014).....	26
Illustration 13 : Exemple d'un levé géométrique par la méthode « classique » sous PocketTopo® - cas de la carrière de Mauves-sur-Huisne (BNOAA0000765 – R25_61255P3, P4 et P32) .....	28
Illustration 14 : Illustration du nuage de points 3D réalisé sur la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (levé « fond » et « surface) .....	29
Illustration 15 : Comparaison des méthodes de topographies sur la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne. En rouge, le levé « ZEB-REVO » et en noir le levé par la méthode « classique » .....	30
Illustration 16 : A gauche, extension supposée masquée par un cône d'éboulis (représenté sur les plans par un pointillé) et à droite un contour avéré (front de taille).....	31
Illustration 17 : Illustration des 4 états de stabilité des piliers (carrières de Béný-sur-Mer, de Mauves-sur-Huisne et de Saint-Langis-lès-Mortagne).....	32
Illustration 18 : Illustration des deux types de fractures cartographiées : à gauche, une fracture naturelle karstifiée qui affecte le toit et les piliers (carrière de Loisail « Le Bas Champailleume ») et à droite, des fractures mécaniques qui affectent la voûte (carrière de Basly) .....	33
Illustration 19 : Illustration des deux types d'instabilités de toit : à gauche, les chutes de toit et à droite, un éboulis lié à la remontée d'une cloche de fontis – carrière de Loisail « Le Bas Champailleume » .....	34
Illustration 20 : Illustration d'une zone de décollement de 1 <sup>er</sup> banc de toit dans la carrière de Béný-sur-Mer « Le Rocreux » .....	34
Illustration 21 : Représentation cartographique de la base de données ARCGIS® dédiée aux diagnostics de stabilité.....	36
Illustration 22 : Exemple d'un plan détaillé de diagnostic (ici pour la carrière souterraine de Béný-sur-Mer « Le Rocreux ») .....	37
Illustration 23 : Schéma de principe de la méthode gravimétrique (BRGM, 2009) .....	40

Illustration 24 : Topographie de la zone d'étude (m) montrant les stations gravimétriques (points noirs). Les bâtiments sont marqués par de polygones bleus, les murs par des traits violet et l'emprise de la carrière par un polygone rouge. ....	41
Illustration 25 : Anomalie résiduelle (mGal). Les anomalies négatives significatives sont entourées par un trait discontinu bleu foncé. Les anomalies décelées sont numérotées de A1 à A8. ....	42
Illustration 26 : Situation des différents profils électriques réalisés au droit de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne – l'emprise actuelle de la carrière (en noir sur la carte) a été topographiée après les investigations géophysiques.....	44
Illustration 27 : Principe de la prospection électrique par courant continu (LCPC, 2004) .....	44
Illustration 28 : Dispositif OhmMapper (source : Geometrics).....	45
Illustration 29 : Coupe de résistivité inversée du profil de tomographie électrique ERT 1 .....	46
Illustration 30 : Coupe de résistivité inversée du profil OhmMapper P6 .....	46
Tableau 1 : Evaluation qualitative de l'état général des carrières souterraines d'après les observations effectuées en souterrain et l'impression générale de stabilité lors des visites .....	35

## Liste des annexes

Annexe 1 - Nomenclature spécifique liée aux carrières souterraines .....	59
Annexe 2 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bellavilliers (61) (hors-texte) .....	63
Annexe 3 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (61) (hors-texte).....	65
Annexe 4 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD9 (61) (hors texte).....	67
Annexe 5 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD5 (61) (hors texte).....	69
Annexe 6 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Loisail (61) (hors texte).....	71
Annexe 7 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bény-sur-Mer BNOAA0002218 (14) (hors-texte) .....	73
Annexe 8 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0002117 (14) (hors-texte) .....	75
Annexe 9 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004048 (14) (hors-texte) .....	77
Annexe 10 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004049 (14) (hors-texte) .....	79
Annexe 11 - Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bény-sur-Mer BNOAA0002207 (14) (hors-texte) .....	81



# 1. Contexte et objectifs

Le territoire de l'ex-Basse-Normandie est caractérisé par une diversité géologique remarquable, qui a historiquement été à l'origine d'une activité extractive foisonnante. Les traces d'exploitations sont en effet très nombreuses, et la nature des matériaux extraits est variée (minerais, pierres de taille ou granulats, amendement etc.). L'accessibilité de certains gisements a parfois nécessité la mise en place d'exploitations souterraines (mines, carrières souterraines), qui sont aujourd'hui en grande partie abandonnées.

Au cours de l'année 2011, plusieurs effondrements d'anciennes carrières souterraines abandonnées ont entraîné des désordres au sein ou à proximité des zones urbanisées (Saint-Pierre-Canivet dans le Calvados, Courgeon dans l'Orne). En 2013, plusieurs effondrements se sont également déclarés sur la ville de Caen.

Ces désordres témoignent du vieillissement de certaines carrières souterraines abandonnées, ce qui a nécessité la mise en place de visites de diagnostics pour évaluer leur état de stabilité. L'intérêt de ces inspections est double : d'une part cela permet 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 mise en sécurité, de surveillance et de prévention.

Dans le cadre de ses missions d'appuis aux politiques publiques 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 anciennes carrières souterraines de pierre de taille situées sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie (Calvados, Orne et Manche).

Dans le cadre de ce programme, une première étude a permis de visiter une quinzaine de carrières souterraines de pierres de taille, creusées dans les calcaires du Bathonien des environs de Caen. Les comptes rendus de ces visites ont fait l'objet d'un rapport BRGM (RP-64117-FR). Les résultats de ce premier projet ont montré la nécessité de poursuivre les efforts de connaissance sur l'évaluation des risques liés aux carrières souterraines abandonnées, notamment via la poursuite des visites de site, la réalisation de diagnostics de stabilité de niveau 1, et la mise en œuvre d'une solution de mutualisation de l'information adaptée au niveau de détail attendu et pouvant permettre un suivi dans le temps de l'évolution des cavités. La présente étude, réalisée en partenariat avec la DREAL Normandie, s'inscrit dans cette continuité.

Les objectifs de la présente étude sont multiples :

- poursuivre le travail initié en 2014, en réalisant de nouvelles inspections de carrières souterraines situées dans les formations sédimentaires du Bathonien (calcaire) et du Cénomaniens (craie) ;
- synthétiser l'ensemble des données dans une base de données dédiée ;
- tester des méthodes de cartographie/topographie de cavités souterraines ;
- tester des méthodes géophysiques pour la détection d'anciennes carrières souterraines adaptées au contexte bas-normand ;



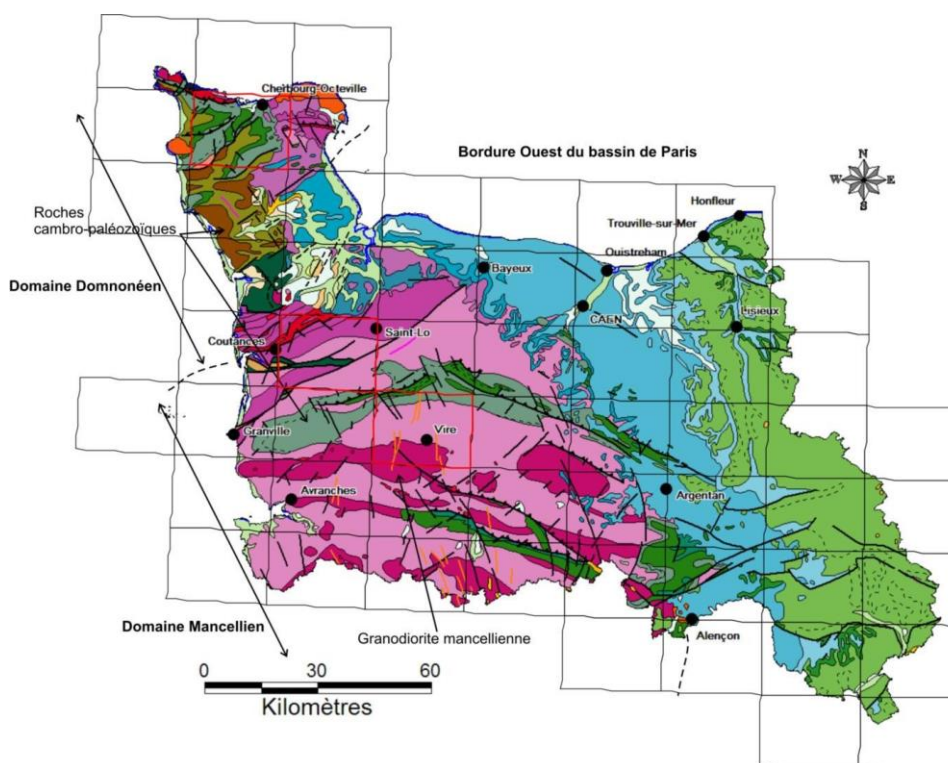
## 2. Contexte géologique et géomorphologique du territoire de l'ex-Basse-Normandie

### 2.1. CADRE GEOLOGIQUE

Le territoire de l'ex-Basse-Normandie est constitué par les départements du Calvados (14), de la Manche (50) et de l'Orne (61). Il est limité au nord et à l'ouest par la Manche, au sud par les régions Bretagne et Pays de la Loire, et à l'est par le territoire de l'ex-Haute-Normandie. La Basse et la Haute Normandie ont fusionné en janvier 2016 pour former la nouvelle région Normandie.

La diversité géologique de ce territoire est remarquable, puisqu'il est situé à cheval sur deux grands ensembles géologiques : le Massif Armoricain à l'ouest, caractérisé par des roches plutoniques, métamorphiques ou sédimentaires d'âge protérozoïque ou paléozoïque, et par la bordure Ouest du Bassin Parisien à l'est, caractérisé par des roches sédimentaires mésozoïques et cénozoïques. L'assise géologique de la Plaine de Caen est formée de terrains marno-calcaires, et la partie est des départements du Calvados et de l'Orne est notamment caractérisée par la présence de craies, qui constituent le soubassement des plateaux situés à l'est de la Dives.

Ces formations sont recouvertes par une couche plus ou moins épaisse de formations superficielles.



*Illustration 1 : Carte géologique du territoire de l'ex-Basse-Normandie. Les terrains crétacés sont représentés par la couleur vert clair, les terrains jurassiques par la couleur bleue*

Cette diversité géologique a depuis longtemps été utilisée par les bas-normands, puisque l'exploitation du sous-sol a permis la production de pierres de taille et de granulats pour la construction, ou encore de marne pour l'amendement des terres agricoles.

## 2.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

Le cadre géomorphologique de l'ex Basse-Normandie est intimement lié au substratum géologique, et trois grands ensembles morphologiques peuvent ainsi être définis, avec d'ouest en est :

- Le Bocage Normand constitué de collines bocagères dont l'altitude varie de 150 à 300 m, incisées par des vallées qui s'y enfoncent par endroits en gorges pittoresques (Suisse Normande). Le substratum du Bocage Normand est composé de roches plutoniques, métamorphiques ou sédimentaires anciennes. Dans les zones basses à proximité du littoral, cet ensemble géomorphologique laisse place à des paysages de marais (Marais du Cotentin), constitués de formations sédimentaires récentes ;
- La Plaine de Caen dont l'altitude varie entre 50 et 100 m, qui s'ouvre depuis l'Orne vers la façade maritime du Bessin où le paysage de plaine se transforme en une succession de petites collines. Le soubassement de la Plaine de Caen est composé de terrains sédimentaires du Jurassique, exploités notamment pour la célèbre Pierre de Caen ;
- Le Pays d'Auge, le Pays d'Ouche et le Perche Ornais, situés à l'est des départements du Calvados et de l'Orne, qui correspondent à des régions de collines bocagères verdoyantes où alternent plateaux et larges vallées en auge. L'altitude y varie de 150 à 250 m. Le soubassement de ces régions est caractérisé par la présence de craies, dont la limite ouest est bien marquée dans le paysage par la cuesta de la Dives.



Illustration 2 : Les paysages de l'ex Basse-Normandie, intimement liés à la nature géologique du substratum (source : <http://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr>)



### **3. Les carrières souterraines en ex-Basse-Normandie**

Le territoire de l'ex-Basse-Normandie présente donc un contexte géologique varié, où l'on retrouve des roches de nature très différentes (grès, schistes, granites, calcaire, sables etc...). Cette diversité a favorisé la mise en place d'une riche activité extractive qui a marqué la région (minerai de fer dans le Perche ou le Bocage Normand, pierres de taille dans la Plaine de Caen, marnières dans le Pays d'Auge etc.). Le contexte géomorphologique et l'accessibilité à la ressource a parfois conduit les exploitants à extraire le matériau depuis des excavations souterraines, dont la plupart sont actuellement abandonnées.

#### **3.1. L'EXPLOITATION DES PIERRES DE TAILLE EN EX-BASSE-NORMANDIE**

##### **3.1.1. Formations exploitées en ex-Basse-Normandie**

Dans les départements du Calvados et de l'Orne, deux formations géologiques ont été intensément exploitées pour la production de moellons pour la pierre de taille :

- Les calcaires du Bathonien (Jurassique moyen), dont le plus célèbre est le Calcaire de Caen, ont été exploités depuis l'antiquité pour la construction. La production s'est considérablement développée sous le règne de Guillaume le Conquérant et des Ducs normands pour la construction de grands monuments religieux, militaires et civils, tant en Normandie qu'en Angleterre. Actuellement, la Pierre de Caen est encore exploitée dans quelques carrières. Notons également que les Calcaires de Creully, de Blainville ou encore de Ranville ont fait l'objet d'une exploitation souterraine, pour la pierre de taille ou pour la production de chaux ;
- Les craies du Cénomani (Crétacé supérieur), utilisées pour les soubassements de nombreux monuments dans le Perche, le Pays d'Ouche ou le Pays d'Auge. Les craies ont également été très exploitées en petites carrières souterraines (marnières) pour l'amendement agricole ou la production de la chaux.

Étages		Principaux faciès	Matériau exploité	Principales localités
Tertiaire	Sparnacien Thanétien	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
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-glaucouneuse	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 corraligène	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 Fa- laise (Calvados)
	Bajocien	calcaire		
Trias		-	-	-

Illustration 3 : Exploitation des terrains sédimentaires du Bassin Parisien en Normandie (Evrard, 1987)

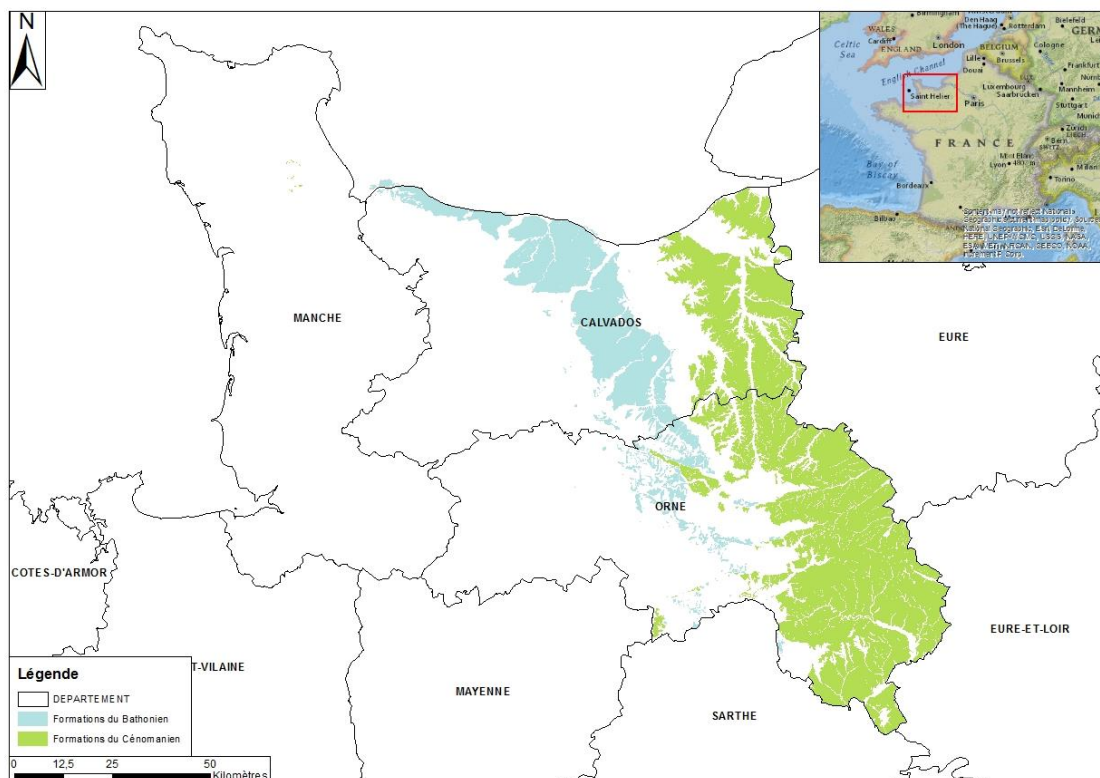


Illustration 4 : Répartition des calcaires du Bathonien (Jurassique moyen – en bleu clair) et du Cénomanien (Crétacé supérieur – en vert) sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie (source : traitement des cartes géologiques harmonisées du BRGM)

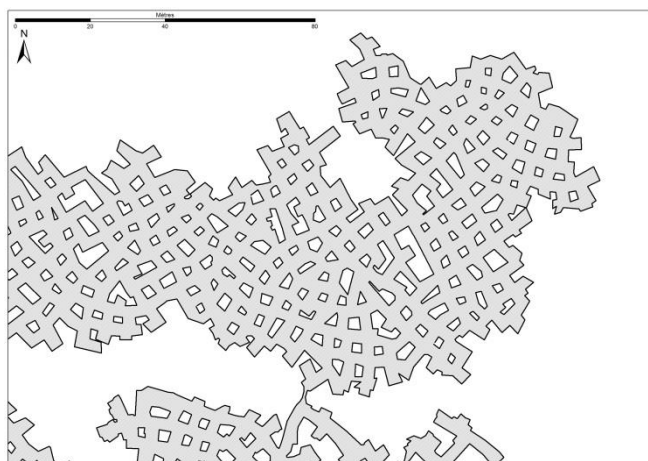
### 3.1.2. Les méthodes d'exploitation

Il existe plusieurs types d'exploitations pour les carrières souterraines, qui dépendent de certains facteurs comme la topographie, la nature lithologique des roches à exploiter (dont leurs caractéristiques mécaniques), de l'usage du matériau extrait, de la profondeur du gisement, de la pression foncière, de la capacité de transport des matériaux ou simplement des us et coutumes des carriers. En ex-Basse-Normandie, la très grande majorité des carrières souterraines ont été exploitées soit par chambres et piliers tournés, soit par chambres et galeries (notamment pour les « marnières », non étudiées dans la présente étude ou les carrières de Fleury-sur-Orne dans l'agglomération de Caen). Les autres méthodes d'exploitation (hagues et bourrage, catiches) sont anecdotiques.

#### ***Carrière souterraine exploitée en chambres et piliers tournés***

Sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie, la majeure partie des carrières de pierre de taille ont été exploitées par la technique des chambres et piliers tournés. Cette technique, très courante pour les carrières de pierres de taille, permet d'exploiter une grande surface en conservant une certaine stabilité si la géométrie des piliers, et leur nombre, est bien dimensionnée pour supporter le toit. La technique consiste à exploiter la pierre en tournant autour des piliers, d'où le terme de « piliers tournés ». Les piliers peuvent être soit alignés, soit disposés de façon « anarchique » (sans organisation spécifique). La disposition des piliers donne des indications sur la période d'activité puisque les carrières à piliers disposés de façon « anarchique » sont généralement anciennes, et souvent en mauvais état. A l'inverse, les carrières à piliers alignés sont la plupart du temps les plus récentes (IFSTTAR, 2014).

Les carrières de Loisail (Orne), de Bénvy-sur-Mer ou de Basly (Calvados) sont de très bons exemples d'exploitations en chambres et piliers tournés alignés.



*Illustration 5 : Exemple d'une géométrie caractéristique d'une carrière exploitée par chambres et piliers tournés (Loisail – Orne)*

#### ***Carrière souterraine exploitée en chambres et galeries***

Cette technique est généralement utilisée pour des exploitations de plus faibles extensions. Une grande partie des « marnières » normandes, creusées pour l'exploitation de la marne à des fins d'amendement, sont par exemple exploitées en chambres et galeries. Le principe est d'exploiter le gisement en galeries dimensionnées de manière à limiter les risques de chutes de

toit, c'est-à-dire en limitant les portances entre chaque paroi. L'accès se fait soit par puits (cas des marnières), soit par cavage (cas des carrières de Fleury-sur-Orne).

La carrière souterraine de Bellavilliers (Orne) est un bon exemple de ce type d'exploitation.

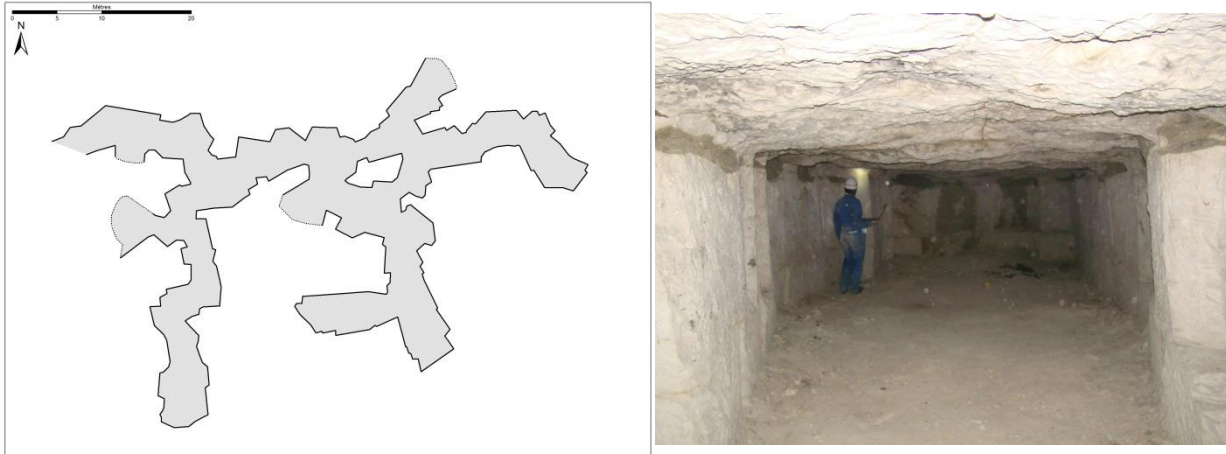


Illustration 6 : Exemple d'une géométrie caractéristique d'une carrière exploitée par chambres et galeries (Bellavilliers – Orne)

### 3.1.3. Les accès

Il existe trois grands types d'accès aux carrières souterraines : les entrées en cavage, les puits et les descenderies. Le choix de l'accès dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- *De la profondeur à laquelle se situent les terrains à exploiter* : une faible épaisseur de recouvrement favorisera par exemple la mise en place de descenderies (cas de la carrière souterraine de Loissail, dans l'Orne), et à l'inverse, une épaisseur de recouvrement importante nécessitera le fonçage de puits pour accéder au gisement. Notons que certaines carrières accessibles en cavage ou par descenderie peuvent également contenir des puits, utilisés notamment pour l'aérage ou pour l'évacuation des matériaux ;
- *De la topographie* : les accès en cavage sont par exemple uniquement situés en pied de talus abrupts ou d'escarpements, notamment le long des vallées (cas des carrières de la vallée de la Mue, dans le Calvados), tandis que les puits et les descenderies seront situés en plateau ;

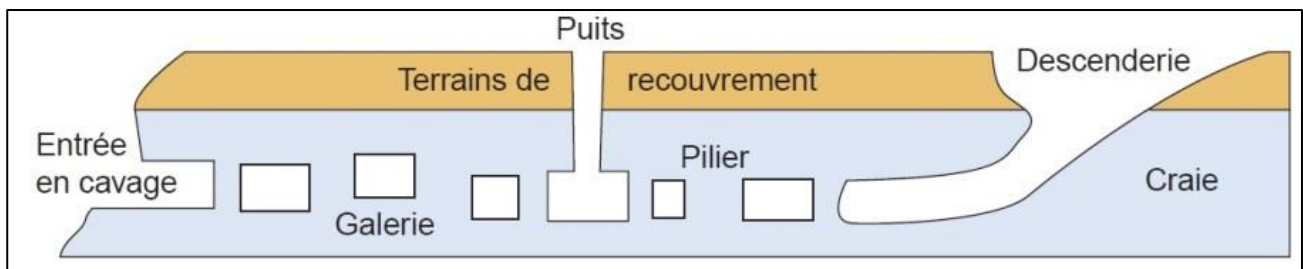


Illustration 7 : Schéma des différents types d'accès aux carrières souterraines (IFSTTAR, 2014)



### 3.2. LES RISQUES LIES AUX CAVITES SOUTERRAINES

La très grande majorité des cavités souterraines ont été abandonnées sans être comblées dans les règles de l'art à la fin de l'exploitation. Les phénomènes liés à leur vieillissement peuvent être à l'origine d'instabilités susceptibles de générer d'importants désordres en surface. La ruine d'une ancienne carrière souterraine peut induire trois types de phénomènes :

- *L'effondrement localisé*, qui est lié à la remontée en surface d'une cloche de fontis ou au débouffrage du puits d'accès. Il s'agit du phénomène le plus courant en Normandie, et concerne tous les types d'exploitation (chambres et piliers, chambres et galeries, catiches). Les effondrements localisés sont généralement circulaires et varient de quelques décimètres à plusieurs mètres de diamètre, selon les dimensions de la carrière ;
- *L'effondrement généralisé*, qui est lié à la rupture d'un ou plusieurs piliers de soutènement. Rare en Normandie, ce type de phénomène ne concerne que les carrières souterraines exploitées par chambres et piliers. Les dimensions surfaciques d'un tel phénomène sont généralement importantes (quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de diamètre) et dépendent également de la géométrie de l'exploitation ;
- *L'affaissement*, qui est la conséquence en surface de la ruine partielle ou totale d'une carrière souterraine. Ce type de phénomène est conditionné soit par une déformation souple des terrains de recouvrement, soit par les matériaux éboulés qui « amortissent » la descente globale des matériaux (lié notamment en foisonnement des matériaux) (IFSTTAR, 2014). En surface, l'affaissement se présente sous la forme d'une cuvette endoréique<sup>1</sup> à bords fléchis dont la taille varie selon la taille de l'exploitation souterraine (de quelques décimètres à plusieurs dizaines de mètres de diamètre).

---

<sup>1</sup> Dépression topographique dépourvue d'exutoire où l'eau ne peut s'évacuer que par infiltration ou évaporation



## 4. Sélection des sites à visiter– traitement des bases de données et visites de surface

L'objectif de cette première partie a été d'élaborer une stratégie pour sélectionner les sites à visiter. Dans le cadre de la réforme territoriale, il est apparu, en concertation avec la DREAL Normandie, que la stratégie devait être établie à l'échelle des communautés de communes.

Cette sélection s'est faite en différentes étapes.

### 4.1. PRE-SELECTION DES INDICES

Cette étape a consisté à réaliser un traitement des bases de données pour filtrer les indices de cavités jugées inintéressantes pour l'étude (ouvrages civils, cavités naturelles, marnières etc.).

La base de données retenue pour effectuer les sélections est l'Atlas Régional des Indices de Cavités Souterraines en Basse-Normandie (ARICS), gérée par la DREAL Normandie et disponible sous l'application CARMEN ([http://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques\\_naturels.map](http://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels.map)), jugée la plus complète sur le domaine d'étude puisqu'elle regroupe, entre autres, la BDCavité du BRGM et le Plan Marnières du CEREMA.

Comme dans l'étude *Plat et al.* (2014), plusieurs critères ont été pris en compte pour effectuer les sélections :

- *critère de précision de localisation des indices* : sont exclus des sélections les indices localisés en « centroïde de commune » ;
- *critère typologique (nature / type de cavité)* : sont exclues des sélections les marnières, bétoires, ouvrages civils et militaires<sup>2</sup>, carrières à ciel ouvert ;
- *critère géologique* : sont exclues des sélections les cavités souterraines situées hors des terrains crayeux du Cénomaniens et calcaires du Bathonien ;
- *critère topographique (optionnel selon les secteurs)* : sont exclus des sélections les indices de cavités situés sur de très faibles pentes qui correspondent essentiellement à des puits de marnière en plateau et des bétoires en vallée. Notons que sur certains secteurs, ce critère n'a pas été pris en compte puisque certaines carrières accessibles par descenderie sont situées sur des plateaux de très faible pente (cas notamment du Perche Ornais, où les formations superficielles sont moins épaisses que dans le Pays d'Auge, ce qui facilite la mise en place de descenderies).

D'autres critères ont été testés mais écartés car jugés non pertinents :

- nombre des instabilités (un grand nombre d'instabilités étant liées aux marnières, ce critère n'a pas été retenu dans le cadre de la présente étude) ;
- présence d'enjeux via la BDTPOPO® de l'IGN (difficulté à évaluer une taille « moyenne » de cavité, et donc les zones à prendre en compte autour des indices) ;
- zone non saturée : l'intérêt de ce critère était de filtrer et d'évacuer toutes les cavités potentiellement situées dans la zone saturée, soumise au battement de la nappe

---

<sup>2</sup> Notons que le fait de ne pas inclure ces cavités souterraines dans la présente étude n'exclue pas qu'elles puissent également être à l'origine de désordres en surface.

phréatique, en partant de l'hypothèse que les carrières souterraines ne peuvent pas être exploitées sous le niveau piézométrique. Théoriquement intéressant, ce critère s'est avéré néanmoins peu concluant, notamment en raison de la difficulté de croiser la profondeur de la nappe avec la profondeur estimée des carrières. Ce critère n'a donc pas été conservé.

Les différentes étapes de sélection ont permis de retenir **1814** indices de cavités sur les 4627 indices bancarisés dans la base de données de la DREAL en mars 2016, ce qui représente 39 % d'indices retenus. L'illustration 8 présente la répartition des indices de cavités retenus lors des phases de sélection par communautés de communes.

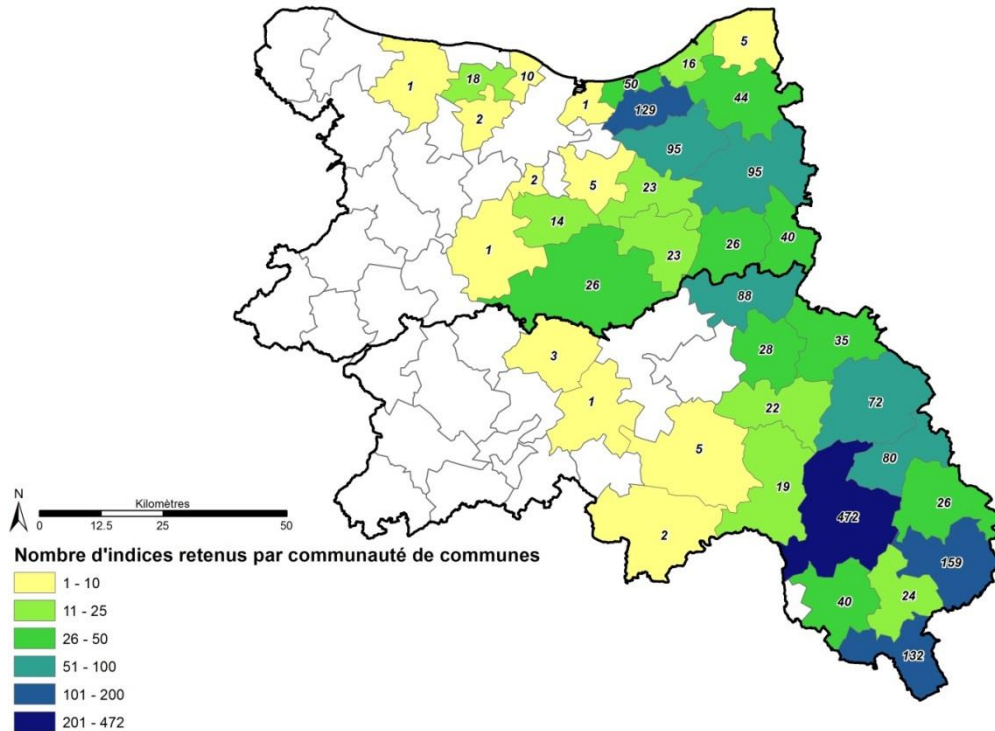


Illustration 8 : Répartition des indices de cavités retenus lors des phases de sélection par communautés de communes

## 4.2. VERIFICATIONS DE TERRAIN

Suite aux étapes de sélection, des vérifications de terrain ont été réalisées avec un objectif double : (1) améliorer la connaissance de la typologie des cavités rencontrées et de leur accès en fonction des secteurs géographiques et (2) repérer les entrées et conditions d'accès.

Les vérifications de terrain ont été réalisées à l'échelle communale, le contact pour l'organisation des visites étant la mairie. Les communes ont été retenues pour les visites d'après les critères suivants :

- nombre d'indices significatifs ;
- variété de contextes géologiques et géographiques ;
- intérêt porté par la mairie pour la démarche.

Outre les indices bancarisés dans les différentes bases de données (qui ne sont à l'heure actuelle pas exhaustives), plusieurs indices de carrières souterraines ont été signalés, soit par



des témoignages recueillis lors des visites de surface (particuliers, mairies), soit par des données historiques retrouvées en archives lors de la phase de préparation des visites.

Les visites ont été réalisées sur 58 communes réparties sur 14 communautés de communes du Calvados et de l'Orne.

Afin de garder une traçabilité des visites de terrain réalisées, la base de données issue de la première sélection a été complétée selon la méthodologie présentée sur l'illustration 9. Un lexique spécifique a été élaboré pour les sélections :

- *Indice non repéré* : il s'agit des indices retenus lors des étapes de sélection mais non repérés ou non retrouvés lors des investigations de terrain ;
- *Indice repéré* : il s'agit des indices de cavités retenus lors des étapes de sélection et repérés sur le terrain. Les indices repérés ont ensuite été classés en trois catégories :
  - o *Indices non retenus* : la cavité a été observée sur le terrain mais elle ne correspond pas aux critères de sélection (cuvettes d'affaissements, effondrements, puits etc.) ;
  - o *Carrière non accessible* : il s'agit d'une carrière dont l'entrée a été observée sur le terrain, mais qui n'est pas ou plus accessible (entrée remblayée ou effondrée, accès sur un terrain privé, accès dangereux). Dans ce cas, l'accès à la carrière est bien localisé, mais il n'est pas possible, à l'heure actuelle, d'y accéder pour effectuer un diagnostic de stabilité ;
  - o *Carrière accessible* : il s'agit des carrières bien identifiées sur le terrain et accessibles. Il s'agit des carrières retenues pour la suite de l'étude (investigations en souterrain et diagnostics de stabilité).

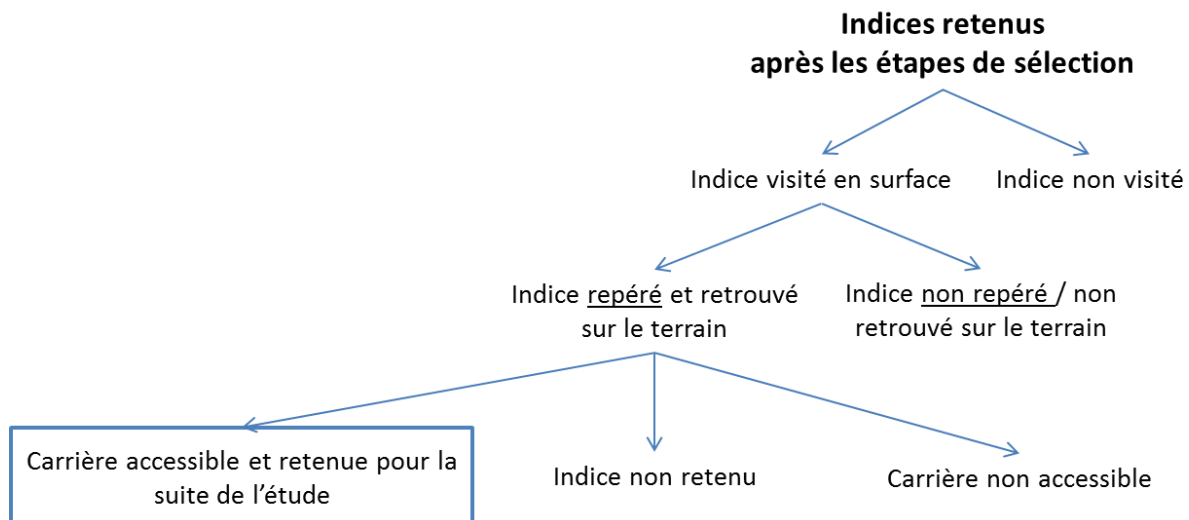


Illustration 9 : Méthodologie de validation des indices sur le terrain

Les résultats des étapes de sélection et des visites de surface sont compilés dans un fichier ArcGis®, inclus dans la base de données dédiée à ce projet (CDROM annexé au présent rapport), nommé X\_SELECTION\_INDICES\_BD\_DREAL.shp. Cette table contient le champ OBS\_BRGM, qui reprend le lexique présenté en Illustration 9.

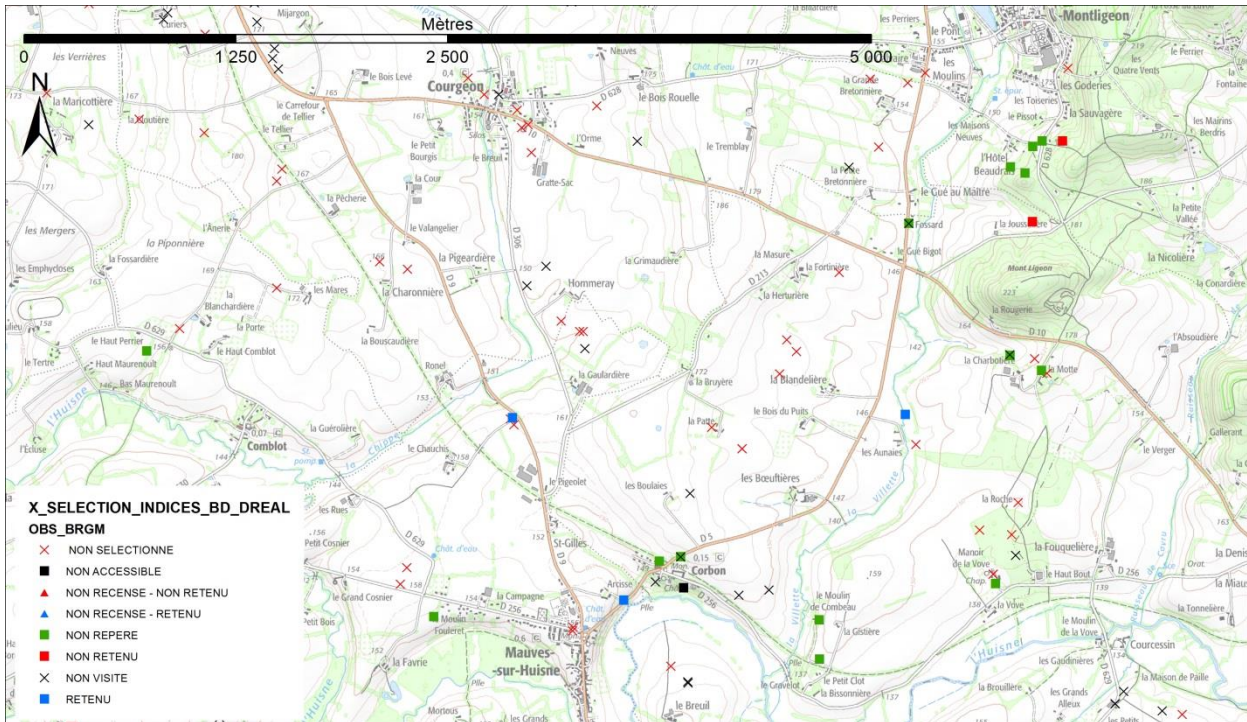


Illustration 10 : Illustration de la table X\_SELECTION\_INDICES\_BD\_DREAL.shp qui banarise les données de terrain (surface)

Ces investigations ont permis de vérifier **325** indices de cavités sur le terrain. Parmi ces 325 indices, **46** correspondent à d'anciennes carrières souterraines accessibles et pour lesquelles un diagnostic de stabilité est réalisable, ce qui représente 14 % des indices de cavités vérifiés par les investigations de surface. Pour le reste, 13 % correspondent à des carrières actuellement inaccessibles, 36 % n'ont pas été retrouvées en surface et 37 % ne présentent pas d'intérêt pour l'étude (puits de marnières, affaissements, etc.).

Parmi ces indices, **23** cavités n'étaient pas recensées dans les bases de données, dont 9 sont accessibles pour y réaliser un diagnostic de stabilité.

### 4.3. HIERARCHISATION DES COMMUNAUTES DE COMMUNES A INVESTIGUER

Sur la base des informations collectées sur le terrain et de la connaissance des services de l'état, une hiérarchisation des communautés de communes concernées par le risque cavité a été élaborée en collaboration avec la DREAL Normandie, la DDTM du Calvados et la DDT de l'Orne, pour prioriser les communautés de communes à investiguer dans la suite de l'étude. Les demandes spécifiques des DDT(M) pour étudier certains territoires ont été notamment prises en compte pour la priorisation des secteurs. Il s'agit :

- Du secteur sud de la communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche, (Orne) ;
- Des communautés de communes d'Orival et Cœur de Nacre (Calvados) ;
- De la communauté de communes du Perche Rémalardais (sud-est du département de l'Orne – non investiguée en surface) ;

- De la communauté de communes du Haut Perche (sud-est du département de l'Orne – non investiguée en surface) ;
- De la communauté de communes de Cambremer, située sur le secteur 1 (Calvados).

Dans un premier temps et en concertation avec les services de l'état, les communautés de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche, d'Orival et Cœur de Nacre ont été retenues.

#### 4.4. CHOIX DES CAVITES A DIAGNOSTIQUER

Suite à cette hiérarchisation, 10 carrières souterraines situées sur les communautés de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche et d'Orival – Cœur-de-Nacre ont été retenues pour les investigations en souterrain et l'élaboration de diagnostics de stabilité. Le choix de ces carrières a été effectué en fonction des enjeux situés en surface (bâtiments, voiries, terrains de sports etc.) ou des risques d'intrusions pour les carrières en accès libre.

Pour la communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche (partie sud), 5 carrières ont fait l'objet d'un diagnostic :

- *Carrière de Bellavilliers* – petite carrière en chambre et galerie accessible par cavage qui sous-cave des terres agricoles ;
- *Carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne* – carrière en chambres et piliers tournés, située en milieu urbain, accessible par un puits ;
- *Carrière de Loissail* (lieu-dit « Le Bas Champaillaume ») – vaste champignonnière exploitée par chambres et piliers tournés, accessible par une descenderie, qui sous-cave une route départementale et des terres agricoles ;
- *Carrière de Mauves-sur-Huisne* (le long de la RD n°5) – carrière en chambres et piliers tournés, accessible par cavage (accès libre), et qui sous-cave des terres agricoles ;
- *Carrière de Mauves-sur-Huisne* (le long de la RD n°9) – carrière en chambres et piliers tournés, accessible par cavage (accès libre), et qui sous-cave une voie communale et des terres agricoles.

Pour la communauté de communes d'Orival et de Cœur-de-Nacre, 5 carrières ont fait l'objet d'un diagnostic. Toutes sont situées le long de la vallée de la Mue :

- *Carrières souterraines de Basly* (3 carrières souterraines situées en rive droite de la Mue) – carrières en chambres et piliers, accessibles par cavage (accès libres), situés le long d'un sentier de randonnée, et qui sous-cavent des terres agricoles et partiellement un terrain de sport (terrain de moto-cross) ;
- *Carrières souterraines de Bény-sur-Mer* (2 carrières souterraines situées en rive droite de la Mue) - carrières en chambres et piliers, accessibles par cavage (accès libres), situés le long d'un sentier de randonnée, qui sous-cavent essentiellement des terres agricoles et partiellement un terrain de sport (terrain de football) ;

D'autres carrières accessibles ont été identifiées sur ces communautés de communes mais n'ont pas fait l'objet d'un diagnostic de stabilité puisque le temps et le budget alloué à cette étude n'a pas permis d'effectuer davantage de visites et de diagnostics.

Les méthodologies utilisées pour l'élaboration des diagnostics sont présentés dans le chapitre 5. Les comptes rendus des 10 diagnostics sont disponibles en annexe (hors texte). L'ensemble des informations et des observations effectuées au cours des diagnostics ont été

compilées dans une base de données spécifique (cf. partie 5.4), élaborée dans le cadre de la présente étude.



## 5. Inspection des carrières souterraines abandonnées – diagnostics de stabilité

### 5.1. METHODOLOGIE : NIVEAU DE DIAGNOSTIC ET DONNEES UTILISEES

#### 5.1.1. Niveau de diagnostic

Les carrières souterraines visitées ont fait l'objet d'un diagnostic de niveau 1, tel qu'il est défini dans le guide de l'IFSTTAR (Illustration 11 et Illustration 12). Ce niveau de diagnostic a pour objectifs de qualifier l'état de stabilité de la carrière (cf. Illustration 11) par l'intermédiaire notamment d'une visite du site associée à une cartographie des vides (géométrie de la carrière souterraine) et une cartographie géotechnique qui permet de situer les éléments d'instabilités (fractures, chutes de toit, fontis, écaillage, état des piliers etc.). L'ensemble des informations et des observations réalisées au cours des visites de carrières ont été compilées dans une base de données dédiée à ce projet (cf. chapitre 5.4).

Le niveau de diagnostic fourni ne se limite toutefois pas aux éléments strictement nécessaires pour le niveau 1, puisque pour certaines carrières à enjeux, des levés géométriques de précision (plan de détail) ont été réalisés au scanner laser 3D (cf. chapitre 5.2).

L'ensemble des comptes rendus de visites sont annexés au présent document.

Niveau	Objectif du diagnostic	Éléments nécessaires au diagnostic	Outils du diagnostic	Temps requis
Diagnostic d'urgence	Donner un avis d'expert sur les conséquences de l'évolution d'une carrière	Visite du site (appréciation de l'influence de l'environnement de la carrière et de son état de dégradation)	Expérience du géotechnicien (synthèse des données existantes)	De quelques heures (situation d'urgence) jusqu'à 2-3 jours
N1	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
N2	Quantifier de façon approchée la stabilité de la carrière	Niveau 1 + élaboration d'un modèle géomécanique	Mise à jour de la cartographie géotechnique + modèles analytiques	Plusieurs semaines à quelques mois
N3	Quantifier précisément le comportement mécanique de la carrière et/ou son évolution	Niveau 2 + instrumentation et /ou logiciel de calcul	Interprétation du suivi et/ou modélisation numérique	Plusieurs mois à quelques années

Illustration 11 : Définition des différents niveaux de diagnostics (source : IFSTTAR, 2014)

Éléments	Moyens	Niveaux de diagnostic			
		DU	N1	N2	N3
<b>Données existantes</b>					
Données géologiques et hydrogéologiques	• Carte géologique et hydrogéologique, base de données du sous-sol (BSS) • Bibliographie (rapports, thèses, articles...)	Vert	Vert	Rouge	Rouge
Données historiques sur l'exploitation	• Archives écrites • Archives numériques • Enquêtes orales	Rouge	Vert	Vert*	Rouge*
Données issues de supports cartographiques	• Carte topographique et géomorphologique, toponymie • Cadastre • Modèle numérique de terrain	Vert	Vert	Rouge	Rouge
Données issues de la télédétection	• Images aériennes	Rouge	Vert	Vert	Rouge
Données géomécaniques	• Bibliographie	Rouge	Rouge	Vert	Vert
Données sur l'environnement de la carrière	• Bibliographie, plans, schéma d'assainissement...	Vert	Vert	Vert	Rouge
<b>Reconnaitances et investigations de terrain</b>					
Environnement de la carrière	• Visite de terrain, observation • Études spécifiques (topographie, hydraulique, vibrations, réseaux...)	Vert	Vert	Vert*	Vert*
Géologie et hydrogéologie	• Observation • Levés géologiques • Sondages • Suivi piézométrique	Rouge	Vert	Vert*	Vert*
Géométrie de l'exploitation	• Levé métrique - Géométrie globale • Levé décimétrique - Plan de détail	Rouge	Vert	Vert	Rouge
Relevé de désordres	• Observation, photographies, description succincte • Description détaillée et localisation précise	Vert	Vert	Vert*	Vert*
Données géomécaniques	• Essais de laboratoire • Essais <i>in situ</i> (dont géophysique)	Rouge	Rouge	Vert	Vert
Données acquises sur le long terme	• Visite régulière • Instrumentation	Rouge	Rouge	Vert	Vert

■ Non nécessaire ou inadapté   
■ Possible   
■ Indispensable   
 \* Mise à jour ou complément

Illustration 12 : Contenu des différents niveaux de diagnostics (source : IFSTTAR, 2014)

### 5.1.2. Données géographiques et topographiques – environnement de la carrière

Les plans des carrières visitées ont été recalés sur les cartes topographiques de l'IGN (SCAN25®) et sur le découpage cadastral, ce qui a permis d'identifier la nature et l'occupation des terrains de recouvrement, et notamment la présence d'enjeux (habitations, voiries etc.).

### 5.1.3. Données géologiques et hydrogéologiques

Chaque carrière diagnostiquée a été replacée dans son contexte géologique et hydrogéologique à partir de l'analyse des cartes géologiques et hydrogéologiques du BRGM, éventuellement des données disponibles dans la Banque du Sous-Sol (BSS), et confirmées par les observations de terrain.

### 5.1.4. Données historiques

Un chapitre de chaque compte rendu de visite est consacré aux données historiques qui ont pu être récupérées dans les archives ou sur le terrain, via des enquêtes de voisinage. Les informations recherchées concernaient essentiellement des indications sur les dates

d'ouvertures et/ou de fermetures des exploitations, l'emprise géométrique (plans), la nature des roches exploitées, et éventuellement des mentions de désordres en surface (effondrements ou affaissements). Les enquêtes de voisinage ont permis de retrouver des cavités et des désordres qui n'étaient pas mentionnés dans les bases de données

## 5.2. TOPOGRAPHIES SOUTERRAINES – LEVES GEOMETRIQUES

Dans le cadre du projet, plusieurs méthodes de topographies souterraines ont pu être testées sur des carrières connues, puis utilisées sur les carrières retenues pour les diagnostics. L'objectif de ces tests avait pour but d'évaluer les avantages et inconvénients de chaque méthode, pour retenir la méthode la plus efficace pour la réalisation de diagnostics de niveau 1, en fonction de la superficie des cavités, et de quantifier l'incertitude de positionnement des différentes méthodes.

### ***Lever distance-mètre laser / boussole – méthode « classique »***

Sur le principe (mesure distance, azimuth et inclinaison), il s'agit de la méthode la plus simple qui permet de dresser des plans topographiques globaux (précision métrique).

La méthode consiste, à partir d'une base de départ (point de référence), à enregistrer le cheminement parcouru en effectuant des mesures de distance et d'azimut entre des bases réparties dans l'ensemble de la carrière souterraine, puis à « habiller » ce cheminement en dessinant les contours de la cavité (Illustration 13). Cet « habillage » est réalisé à partir d'une série de mesures d'orientation et d'azimut effectuées à partir de chaque base vers des points repères (angles de piliers, paroi etc...), ce qui permet de représenter précisément la géométrie de la carrière souterraine (largeur des chambres, dimension des piliers). L'entrée de la cavité constitue le point de référence, localisé avec précision à l'aide d'une carte ou d'un GPS. L'ensemble de la cavité est ensuite positionné par rapport à ce point.

La méthode a été améliorée avec l'arrivée des distance-mètres laser et de leur interaction avec des logiciels de topographie. L'intérêt de cette méthode réside dans l'appareillage relativement basique qu'elle emploie : une boussole de topographe et un distance-mètre laser électronique. Ainsi, l'opérateur réalise un levé dans un ordre prédéfini et celui-ci est directement restitué en numérique. Il s'agit toutefois d'une méthode relativement chronophage, notamment pour les carrières de grandes dimensions, à géométries complexes.

Dans le cadre du projet, cette méthode a été utilisée pour dresser le plan global de 4 carrières souterraines, pour lesquelles aucun plan n'existait.

Les données géométriques ont été traitées à l'aide du logiciel PocketTopo® Version 1.37, développé par les spéléologues. Le traitement et la mise en forme a été réalisée sous SIG (ARCGIS®).

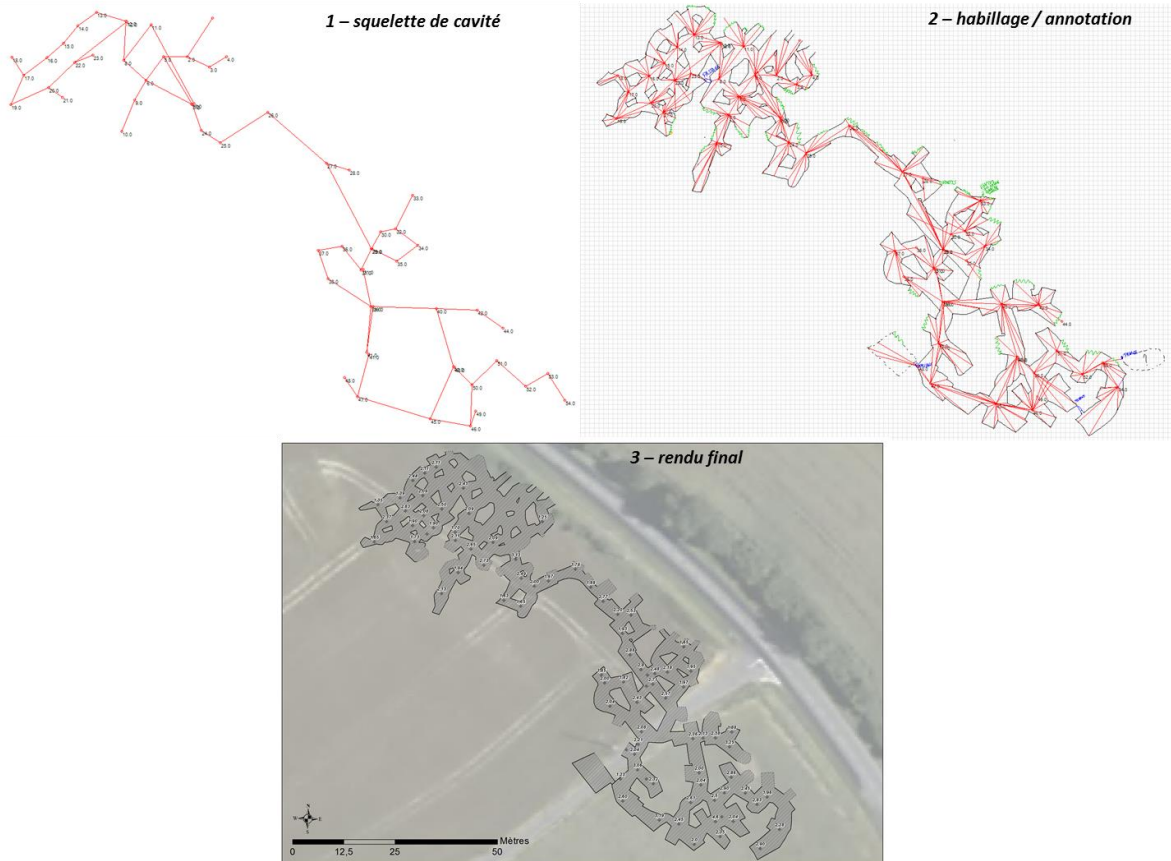


Illustration 13 : Exemple d'un levé géométrique par la méthode « classique » sous PocketTopo® - cas de la carrière de Mauves-sur-Huisne (BNOAA0000765 – R25\_61255P3, P4 et P32)

### Scanner laser 3D portatif : le « ZEB-REVO »

Le « ZEB-REVO » est un laser portable à main développé par des scientifiques australiens. Il s'agit d'un outil de topographie souterraine innovante, qui permet de dresser des plans topographiques précis (précision centimétrique), à des vitesses d'acquisition élevée.

Cette méthode a été testée par le BRGM en collaboration avec d'autres organismes publics dans une carrière souterraine de l'Oise, puis appliquée dans le cadre de ce projet pour la topographie de 4 carrières souterraines de la vallée de la Mue (Calvados), et pour la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (Orne).

Les avantages de cette méthode sont multiples : outre le fait qu'elle permet de dresser des plans de carrières souterraines plus rapidement et plus précisément qu'avec la méthode « classique », le rendu est en trois dimensions, ce qui permet d'apprécier les volumes (Illustration 14), de réaliser des coupes, de visualiser la fracturation et de combiner le levé souterrain avec un levé en surface ou un modèle numérique de terrain existant, de manière à connaître précisément les épaisseurs de recouvrement.

Des traitements des données ont notamment été réalisés sur Saint-Langis-lès-Mortagne pour évaluer les épaisseurs de recouvrement. Ces documents sont inclus dans le compte rendu du diagnostic de stabilité, disponible en annexe de ce rapport. Ces données montrent l'intérêt que présente cette méthode pour les diagnostics de stabilité et la gestion des risques.



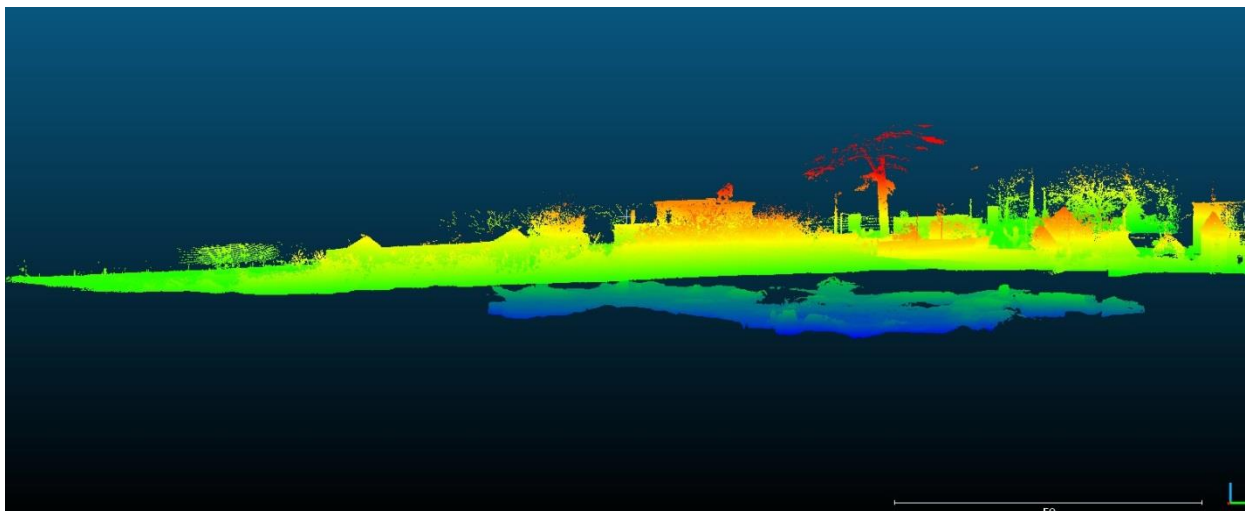


Illustration 14 : Illustration du nuage de points 3D réalisé sur la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (levé « fond » et « surface »)

### Comparaison des méthodes

Le plan de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne a été levé dans un premier temps par la méthode classique en juillet 2016, puis par la méthode du laser scanner portatif « ZEB-REVO » en avril 2017 dans le cadre d'une démonstration proposée à la DREAL Normandie et à la DDT de l'Orne. Le plan « classique » a été élaboré à partir d'une base géoréférencée en surface au GPS centimétrique et l'ensemble du plan a donc été effectué à partir de cette base géoréférencée, en utilisant la méthode présentée sur l'illustration 13. Le levé « ZEB-REVO » a été effectué en souterrain et en surface, ce qui a permis de cartographier les bâtiments situés à proximité de l'entrée et donc de recalibrer l'ensemble du levé à partir de ces repères.

La comparaison des deux plans montre des différences de précision qui sont globalement comprises entre 0,3 et 1,3 m sur l'ensemble des zones topographiées (Illustration 15). En termes d'efficacité de levé, le plan « classique » a nécessité 3 jours de travail (travail de terrain et de traitement) pour cartographier 1500 m<sup>2</sup> de vides, contre 1,5 jour pour le levé « ZEB-REVO » (travail de terrain et traitement du nuage de points) pour cartographier 2600 m<sup>2</sup> de vides et les terrains de surface.

La comparaison des deux méthodes montre clairement que le scanner laser portatif « ZEB-REVO » est le plus approprié pour effectuer les cartographies des réseaux souterrains nécessaires aux diagnostics de stabilité, et cela pour trois raisons :

- la précision du levé est très satisfaisante (précision centimétrique à décimétrique), ce qui équivaut à un plan de détail ;
- la vitesse d'acquisition et de traitement est plus élevée que pour la méthode « classique » ;
- le rendu en 3 dimensions permet d'apprécier les volumes et de réaliser des traitements du nuage de points *a posteriori* (analyse de la fracturation, des piliers etc.). En outre, la comparaison « levé de fond / levé de surface » permet de dresser des cartes d'épaisseurs de recouvrement en tout point de la carrière, avec une précision décimétrique, ce qui est particulièrement intéressant pour gérer le risque ;

- La comparaison de deux levés « ZEB-REVO », réalisés à plusieurs mois ou années d'intervalle, permet d'identifier et de quantifier des différences entre les nuages de points, ce qui peut souligner l'occurrence de mouvements de terrain (chutes de toit, chutes d'écaillles, évolution d'un fontis etc.). Cet outil peut donc également être utilisé pour un suivi régulier des cavités, et donc une gestion du risque à long terme.

La méthode « classique » reste néanmoins intéressante pour le levé de plans globaux sur des petites carrières dans le cadre de diagnostics d'urgence, puisqu'elle ne nécessite qu'un appareillage relativement simple (laser-mètre et boussole).

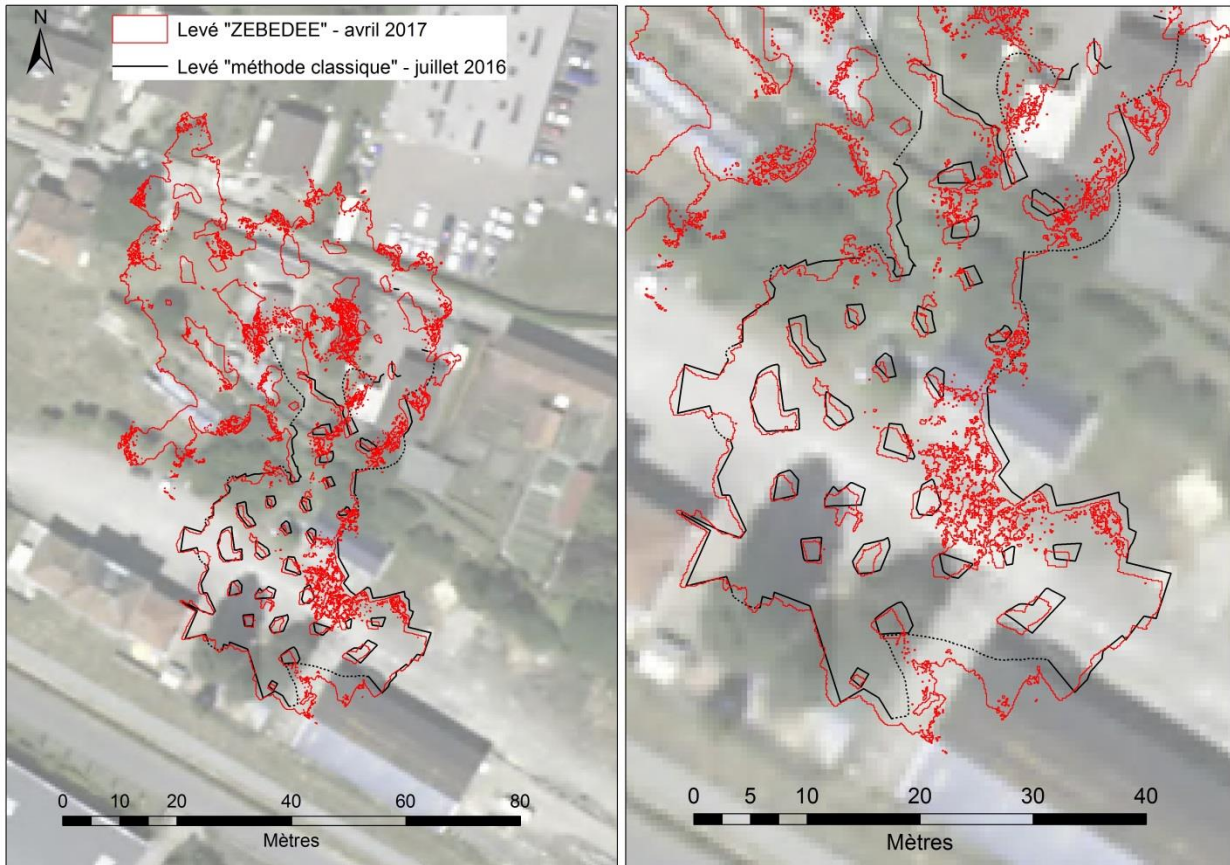


Illustration 15 : Comparaison des méthodes de topographies sur la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne. En rouge, le levé « ZEB-REVO » et en noir le levé par la méthode « classique »

### 5.3. FORMALISATION DES OBSERVATIONS

#### 5.3.1. Données géométriques – contours et emprises

Chaque carrière diagnostiquée possède un plan cartographique dressé pour l'occasion (cf. chapitre 5.2) ou récupéré auprès de géomètres. Ces plans permettent d'une part d'avoir un aperçu de la géométrie de l'exploitation, et d'autre part de reporter les instabilités et les observations effectuées au cours des diagnostics. Sur les 10 carrières diagnostiquées, seules 2 disposaient d'un plan levé par des géomètres (carrières de Loisail « Le Bas Champillaume » et de Bénysur-Mer « Le Rocreux »). Ces plans, disponibles au format informatique, ont donc été directement intégrés dans la base de données.

Les 8 autres carrières ont fait l'objet d'un levé spécifique pour la mise en place du diagnostic. Il s'agit des carrières de Saint-Langis-lès-Mortagne, Mauves-sur-Huisne, Bellavilliers, Basly et Bény-sur-Mer. Les plans ont été dressés soit via la méthode « classique », soit au scanner laser portatif « ZEB-REVO ». Leur précision est donc variable : du plan global (précision métrique) au plan de détail (précision décimétrique). Dans les deux cas, la précision des plans est adaptée aux diagnostics de niveau 1.

Intégrés dans la base de données sous SIG, les plans ont permis d'extraire certaines données géométriques telles que les emprises, les surfaces exploitées, les taux de défrusement, les hauteurs de vide etc. Deux types de contours ont été utilisés pour leur digitalisation sous SIG :

- **Les contours avérés** : figurés en trait plein sur les différentes cartographies, il s'agit des « fronts de taille » de la carrière, qui correspondent à une limite avérée / confirmée de la carrière souterraine ;
- **Les contours supposés** : figurés en pointillés, il s'agit de zones pour lesquelles la limite avérée n'a pas été observée et donc pour lesquelles des extensions sont possibles. La plupart du temps, il s'agit de zones inaccessibles (éboulées, remblayées, trop instables etc.) ;

Au total, les levés géométriques inédits réalisés dans le cadre de cette étude ont permis de dresser 8 nouveaux plans, qui représentent plus de 20.000 m<sup>2</sup> de vides et environ 7 kilomètres de contours.



Illustration 16 : A gauche, extension supposée masquée par un cône d'éboulis (représenté sur les plans par un pointillé) et à droite un contour avéré (front de taille)

### 5.3.2. Etat des piliers

L'état de stabilité d'une carrière souterraine exploitée par chambres et piliers est intimement lié à l'état de ses piliers, puisqu'ils supportent le toit. La rupture simultanée de plusieurs d'entre eux peut induire l'occurrence d'un effondrement généralisé en surface. L'état des piliers témoigne du vieillissement de la carrière souterraine.

L'ensemble des piliers observés en carrière ont donc été classés pour qualifier leur état de stabilité, qui varie de « bon » à « état de post-rupture ». Une description succincte de ces états de stabilité est donnée ci-dessous :

- **Pilier sain** : le pilier est en bon état et n'est affecté par aucune instabilité notable ;



- **Pilier fracturé ou écaillé** : le pilier est traversé par une ou des fracture(s), naturelle(s) ou mécanique(s) et/ou il présente des écaillages sur ses flancs ;
- **Pilier en diabolo** : le pilier présente une forme de diabolo qui résulte d'un écaillage régulier des flancs, lié à des contraintes verticales ou à des fluctuations thermiques et hygrométriques importantes. L'état de stabilité de ce type de pilier est médiocre, la ruine est probable ;
- **Pilier en état de post-rupture** : le pilier est foudroyé, ruiné et totalement fracturé.

Dans la base de données, l'état de stabilité de chaque pilier est défini selon un code couleur qui varie du vert (sain) à violet (post-rupture). Les investigations ont permis d'évaluer l'état de stabilité apparent de plus de 800 piliers, répartis dans les 10 carrières diagnostiquées.

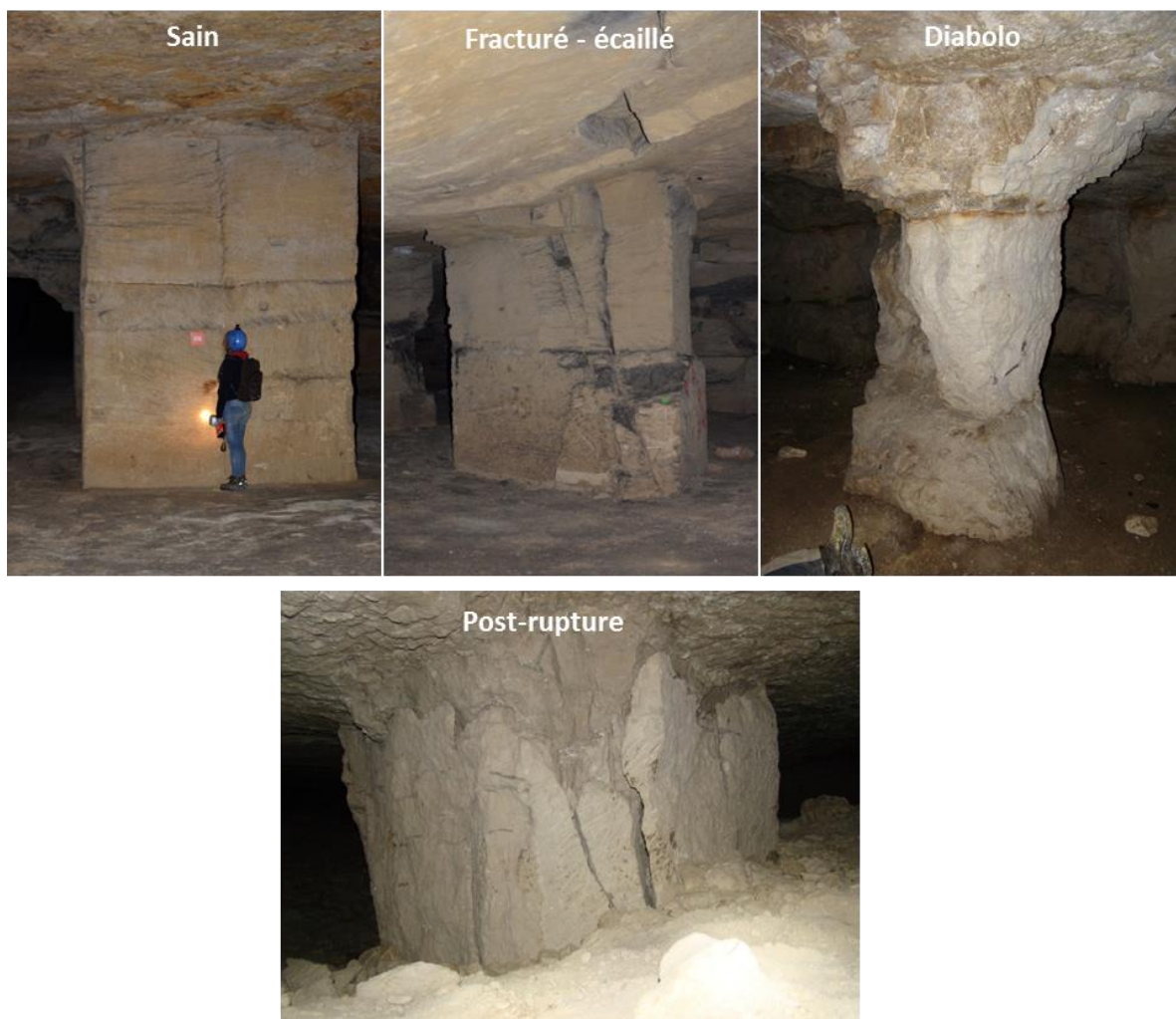


Illustration 17 : Illustration des 4 états de stabilité des piliers (carrières de Bénvy-sur-Mer, de Mauves-sur-Huisne et de Saint-Langis-lès-Mortagne)

### 5.3.3. Fracturation

Les carrières souterraines diagnostiquées ont fait l'objet d'un levé systématique de l'ensemble des fractures qui affectent le toit puisqu'elles renseignent sur l'état de stabilité de la voûte. Les mesures suivantes ont été réalisées sur chaque fracture observée en cavité, et compilées dans



la base de données : azimut, rejet, pendage, ouverture, remplissage, présence de suintements, présence de racines ou de radicelles.

D'autre part, ces fractures ont été différenciées selon leur nature :

- **Fractures naturelles** : il s'agit des fractures de type failles ou diaclases tectoniques, qui affectent le substratum. Ces fractures sont liées à la tectonique régionale ou à la décompression des massifs liée au creusement des vallées. Elles étaient donc présentes dans le massif bien avant le creusement des carrières, et sont donc indépendantes de l'exploitation. Parfois, ces fractures sont associées à des arrivées d'eau et des minéralisations, peuvent être argilisées ou karstifiées, et peuvent générer ou conditionner des instabilités de toit (chutes de toit, cloches de fontis) ;
- **Fractures mécaniques** : les fractures mécaniques correspondent soit à des fractures liées au vieillissement de la carrière souterraine, soit à des fractures liées à la redistribution des contraintes lors de l'excavation. Elles sont généralement situées aux carrefours de galeries, là où les portances entre piliers sont les plus grandes. Ces fractures mécaniques sont les premiers signes d'instabilités qui peuvent générer des chutes de toit, puis des remontées de voûtes, et enfin des remontées de cloches de fontis.

Les fractures ont été cartographiées selon leur nature. Une différenciation est faite dans la base de données selon un code couleur.



*Illustration 18 : Illustration des deux types de fractures cartographiées : à gauche, une fracture naturelle karstifiée qui affecte le toit et les piliers (carrière de Loissail « Le Bas Champaillaume ») et à droite, des fractures mécaniques qui affectent la voûte (carrière de Basly)*

#### 5.3.4. Chutes de toit et remontées de fontis

Les chutes de toit et les remontées de fontis sont deux types d'instabilités qui peuvent, à terme, engendrer des désordres en surface (effondrement localisé, affaissement). Pour chaque carrière diagnostiquée, les secteurs de chutes de toit et de remontées de fontis ont été cartographiés et classés selon un code couleur dans la base de données.



*Illustration 19 : Illustration des deux types d'instabilités de toit : à gauche, les chutes de toit et à droite, un éboulis lié à la remontée d'une cloche de fontis – carrière de Loisail « Le Bas Champailaume »*

### **5.3.5. Ecaillage et décollement de 1<sup>er</sup> banc de toit**

Dans la plupart des cas, les écaillages et les décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit ne correspondent pas à des instabilités susceptibles d'engendrer des désordres en surface à court terme, mais elles représentent un danger avéré pour les visiteurs. Ainsi, toutes les instabilités de ce type repérées lors des diagnostics ont été positionnées sur les plans pour localiser les zones dangereuses. Notons que les décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit correspondent au premier stade d'évolution des chutes de toit, qui peuvent ensuite évoluer vers des remontées de voûte et des remontées de fontis.



*Illustration 20 : Illustration d'une zone de décollement de 1<sup>er</sup> banc de toit dans la carrière de Béný-sur-Mer « Le Rocreux »*

### **5.3.6. Observations ponctuelles diverses**

Ces observations ponctuelles diverses complètent les informations sur l'état qualitatif de stabilité des carrières souterraines. Dans le cadre de ce projet, 8 types d'observations ponctuelles ont été retenues pour être mentionnées sur les plans de diagnostics : les arrivées

d'eau, les blocs au sol, les canalisations et autres réseaux anthropiques, les concrétions carbonatées, les conduits karstiques, les racines et radicelles, les zones inaccessibles et les autres éléments remarquables (puits, informations diverses etc.).

### 5.3.7. Evaluation qualitative de l'état général des carrières souterraines

Pour chaque carrière souterraine diagnostiquée, une évaluation qualitative de l'état général est proposée, classée de bon à très mauvais. Cette évaluation est basée sur les observations effectuées lors des inspections (état des piliers, état de la voûte, fracturation etc.), ainsi que sur l'impression générale de la stabilité perçue par les intervenants lors des visites. A partir de ces critères, quatre classes ont été définies. Une définition sommaire de chaque classe est définie dans le tableau ci-dessous :

EVALUATION QUALITATIVE DE L'ETAT GENERAL	DESORDRES OBSERVES IMPRESSION SUR LA STABILITE LORS DES VISITES
<b>BON</b>	Peu de désordres au toit – les piliers sont globalement sains Impression de sécurité lors des visites
<b>MEDIOCRE</b>	Désordres au toit (chutes de toit, décollement de toit quelques fontis) – les piliers sont fracturés/écaillés ou sains Impression d'insécurité dans certains secteurs de la carrière
<b>MAUVAIS</b>	Nombreux désordres au toit (larges zones de chute de toit, décollement de toit, fontis) – les piliers sont majoritairement fracturés ou écaillés, certains en diabolo Impression d'insécurité dans l'ensemble de la carrière
<b>TRES MAUVAIS</b>	Nombreux désordres au toit (larges zones de chute de toit ou de décollement de toit, nombreux fontis) – les piliers sont majoritairement fracturés/écaillés, en diabolo voire en état de post-rupture Impression d'insécurité totale dans l'ensemble de la carrière

*Tableau 1 : Evaluation qualitative de l'état général des carrières souterraines d'après les observations effectuées en souterrain et l'impression générale de stabilité lors des visites*

Cette évaluation qualitative de l'état général des carrières a notamment été utilisée pour proposer une fréquence de visite pour le suivi de leur vieillissement (cf. 7.2.1).

### 5.4. CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNEES D'OBSERVATION ET DE SUIVI DE L'ETAT DE STABILITE DES CARRIERES SOUTERRAINES

L'ensemble des observations réalisées au cours des diagnostics (années 2014 et 2016-2017) a été bancarisé dans une base de données dédiée au projet. Cette base de données a été créée sur le logiciel de SIG ARCGIS® (Illustration 21).

La notice explicative de chaque table est disponible en annexe de ce rapport (hors texte).



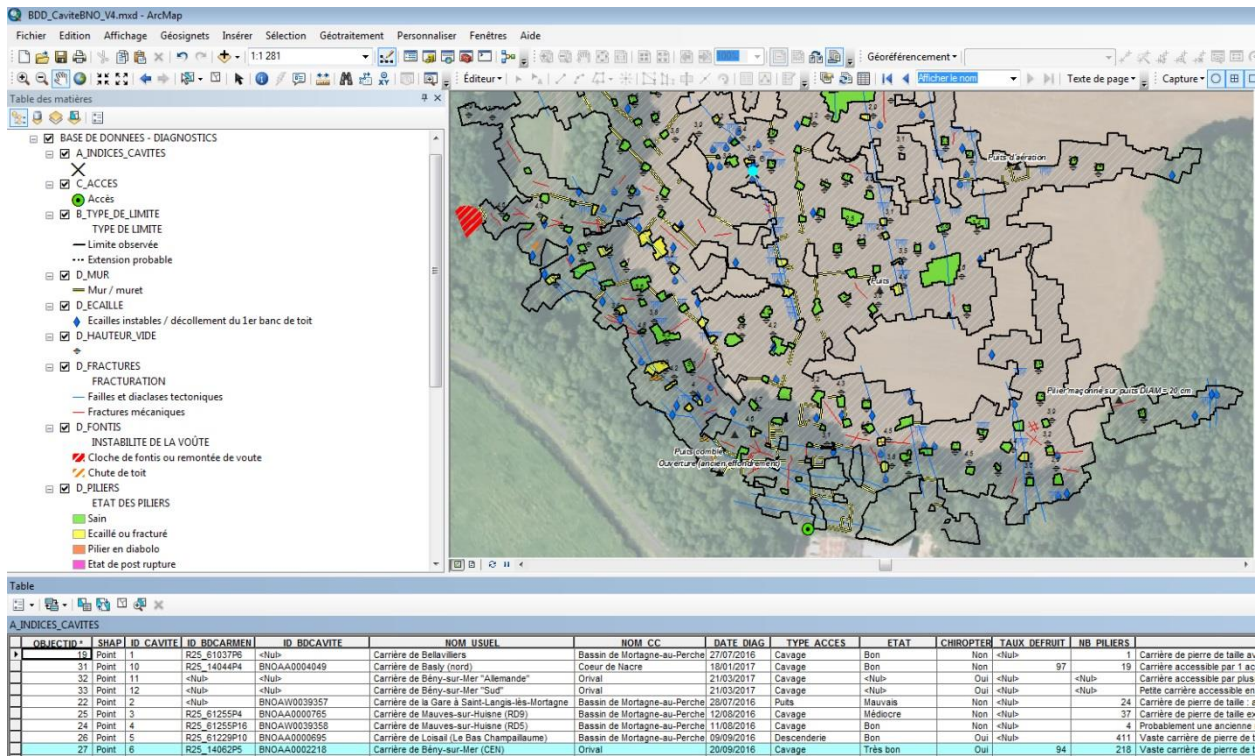


Illustration 21 : Représentation cartographique de la base de données ARCGIS® dédiée aux diagnostics de stabilité

En termes de résultats, l'analyse des différentes tables de la base de données permet d'extraire quelques chiffres concernant la quantité de données acquises dans le cadre de ce projet : **10** carrières souterraines diagnostiquées, levé de **9** plans inédits (3 à la boussole et 6 au scanner laser 3D portable « ZEB-REVO »), **8** ha de vides et plus de **25** kilomètres de contours digitalisés et géoréférencés (dont 2 ha inédits), **633** mesures de hauteurs de vide, évaluation qualitative de l'état de **815** piliers, relevé de **449** fractures, localisation de **245** écaillles et décollement de toit, identification de **152** désordres de type chutes de toit ou remontée de fontis, prise de plus de **300** photographies.

## 5.5. REALISATION DE COMPTES RENDUS DETAILLES

### 5.5.1. Contenu des fiches

Pour chaque carrière souterraine visitée, un compte rendu de diagnostic détaillé a été réalisé selon le modèle élaboré en 2014 et de manière à ce que la lecture de chaque site puisse être indépendante. Il permet de reprendre les observations, les analyses, et de proposer des recommandations en matière de sécurisation. Dans le cas de la mise en place de visites régulières de contrôle, ces comptes rendus pourront également être utilisés pour évaluer le vieillissement des carrières souterraines au cours du temps.

Chaque compte rendu est organisé selon la manière suivante :

- *Contexte général* : objectifs de l'intervention, situation géographique, situation géologique et hydrogéologique de la carrière souterraine, connaissance des cavités dans le secteur, données historiques ;



- *Constat et diagnostic de stabilité* : visite de l'environnement de surface de la carrière et identification des enjeux, reconnaissance et investigations de terrain antérieures si elles existent, données hydrologiques ou hydrogéologiques, inspections des souterrains (accès, géométrie, type d'exploitation, état de stabilité) ;
- *L'évaluation qualitative de l'état général de la carrière* ;
- *Risques résiduels* : en fonction des observations réalisées au cours du diagnostic et des enjeux, détails sur les risques résiduels liés au vieillissement de la carrière souterraine ;
- *Plan détaillé du diagnostic* ;
- *Synthèse, conclusions et recommandations.*

### 5.5.2. Mise en forme cartographique

Chaque compte rendu de visite est accompagné d'une cartographie géotechnique qui localise, sur l'emprise de la carrière souterraine, les instabilités repérées en souterrain et les principales observations (photographies, hauteurs de vides etc.). Ces plans ont été réalisés à partir des données intégrées dans la base de données SIG (Illustration 22).

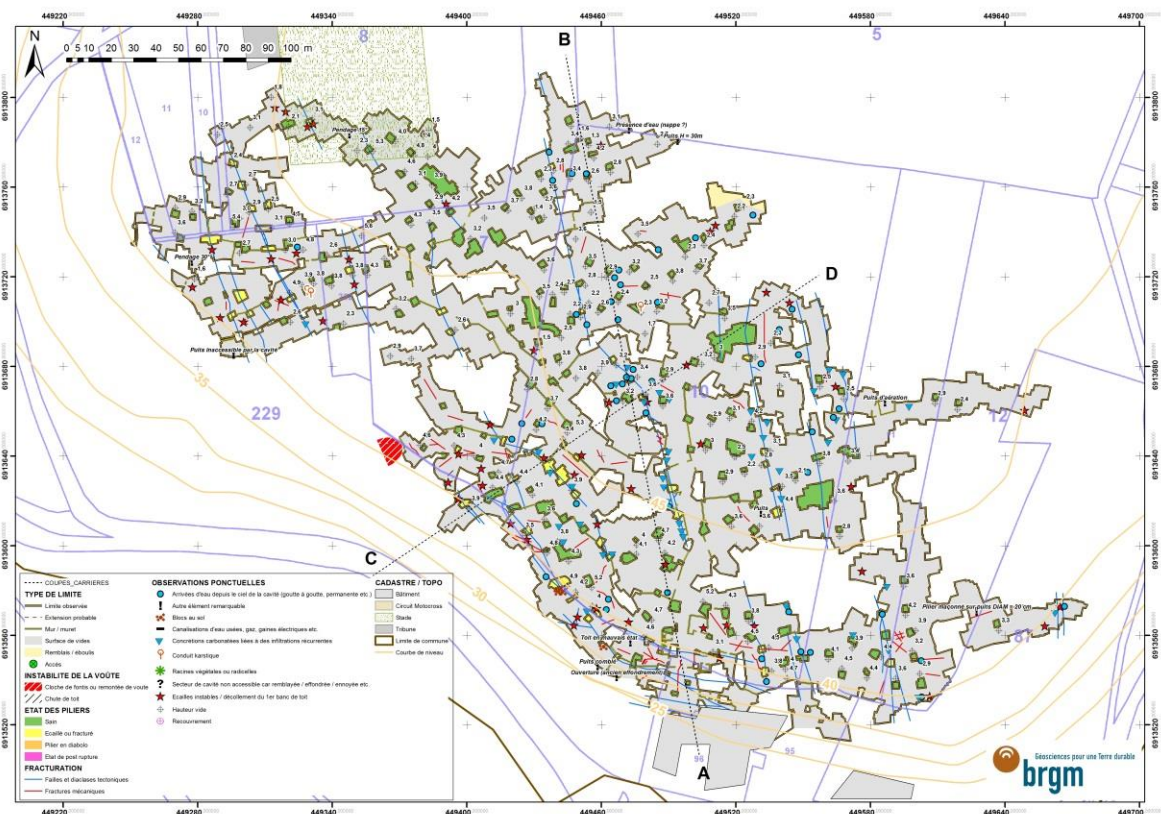


Illustration 22 : Exemple d'un plan détaillé de diagnostic (ici pour la carrière souterraine de Bény-sur-Mer « Le Rocreux »)

### 5.5.3. Liste des fiches

Ainsi, 10 fiches ont été réalisées et sont présentées en annexe (hors-texte) de ce rapport :

Annexe 2 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bellavilliers (61) (hors-texte) .....	63
Annexe 3 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (61) (hors-texte).....	65
Annexe 4 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD9 (61) (hors texte).....	67
Annexe 5 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD5 (61) (hors texte).....	69
Annexe 6 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Loisail (61) (hors texte).....	71
Annexe 7 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bény-sur-Mer BNOAA0002218 (14) (hors-texte) .....	73
Annexe 8 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0002117 (14) (hors-texte) .....	75
Annexe 9 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004048 (14) (hors-texte) .....	77
Annexe 10 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004049 (14) (hors-texte) .....	79
Annexe 11 Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bény-sur-Mer BNOAA0002207 (14) (hors-texte) .....	81

## **6. Application de méthodes géophysiques pour la détection de carrières souterraines abandonnées dans le contexte bas-normand**

Les méthodes géophysiques sont depuis longtemps utilisées dans le domaine de la détection des cavités souterraines (*Debeglia et Lebert, 2003 ; Derouin et Beauce, 1997*). Cependant, sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie, leur utilisation demeure relativement confidentielle.

L'un des objectifs de ce projet était d'identifier la méthode géophysique la plus pertinente pour localiser de manière indirecte des vides liés à la présence de carrières souterraines abandonnées, lorsqu'il n'existe pas d'accès, dans le contexte bas-normand.

Dans ce cadre, deux méthodes géophysiques *a priori* les plus adaptées à la détection de cavités souterraines ont été retenues puis appliquées sur le site de l'ancienne carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne, localisée sur les terrains crayeux du Cénomanien, dans le Perche (Orne). Les deux méthodes utilisées sont la microgravimétrie et l'électrique (tomographie électrique et OhmMapper).

Les mesures géophysiques ont été réalisées en février 2017 par les équipes de l'unité Risques et Prévention du BRGM.

En ce qui concerne les recommandations qui découlent des résultats, elles sont explicitées dans le compte-rendu de visite de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne (annexe hors-texte).

### **6.1. MICROGRAVIMETRIE**

#### **6.1.1. Rappel de la méthodologie**

La microgravimétrie repose sur le principe d'étudier les variations relatives de l'accélération de la pesanteur, qui sont influencées par des variations de densité dans le sous-sol. Ces variations de densité peuvent être traduites en termes de structures ou d'objets géologiques. La présence d'un vide souterrain induira par exemple un déficit de densité dans le sous-sol, qui peut être décelé par la microgravimétrie.

La mise en œuvre de cette technique nécessite de disposer d'un microgravimètre très sensible (sensibilité de l'ordre du  $\mu\text{Gal}$ ), disposé en stations de mesures. Ces stations de mesures sont généralement réparties avec un espacement constant, qui dépendra de la géométrie du vide recherché : plus la cavité est petite, plus les anomalies de densité engendrées seront faibles et plus le maillage devra être serré, et inversement. Chaque station de mesure nécessite un relevé topographique de précision.

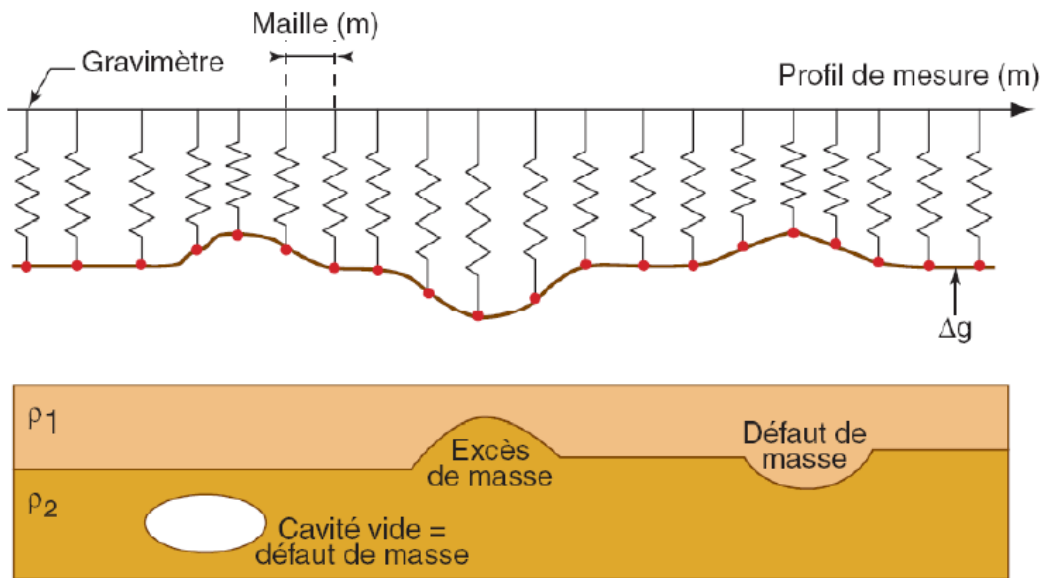


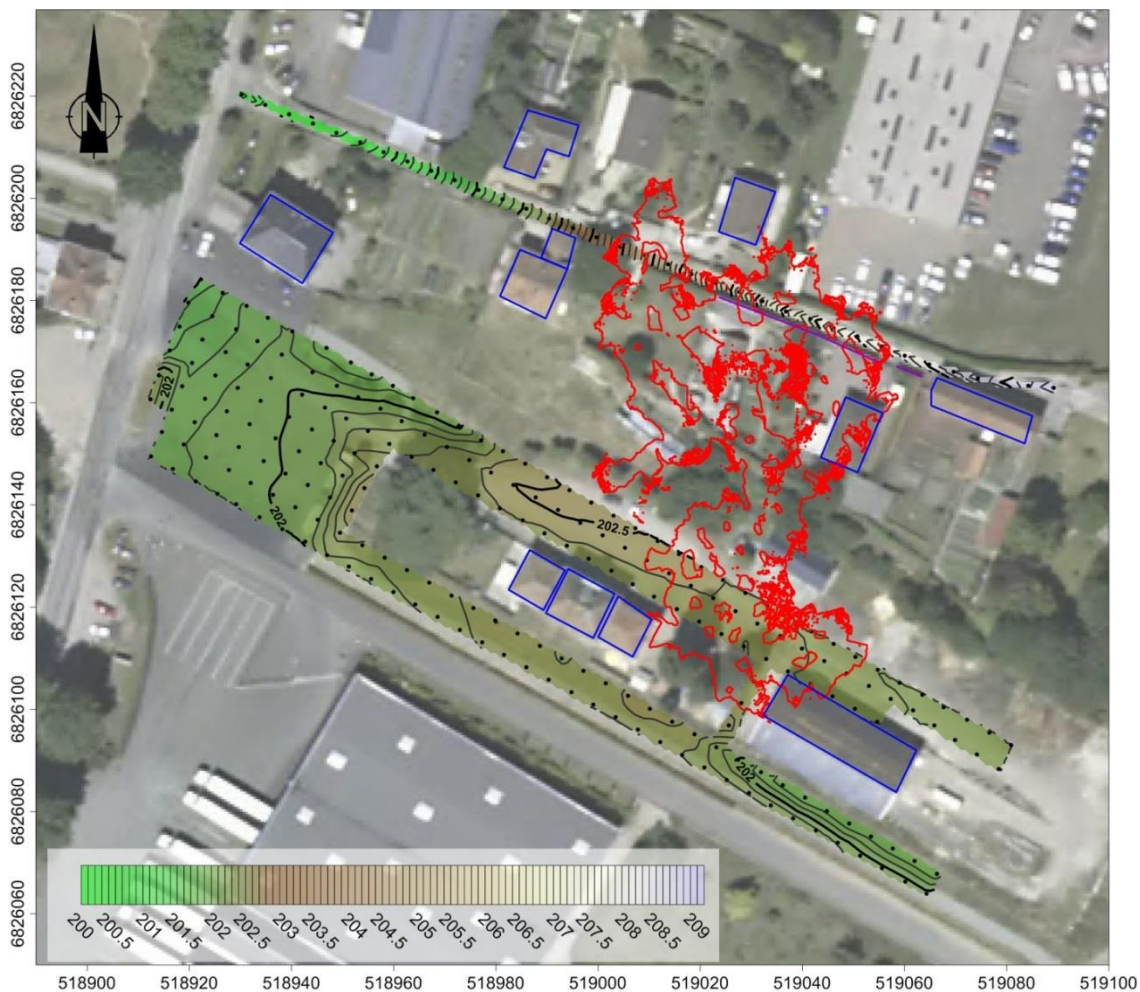
Illustration 23 : Schéma de principe de la méthode gravimétrique (BRGM, 2009)

245 stations gravimétriques ont été implantées, nivelées et mesurées en gravimétrie sur la zone d'étude (Illustration 24) à la maille de 5 x 5 m.

L'implantation des stations et les mesures gravimétriques ont été réalisés par deux agents du BRGM, ingénieur et technicien en géophysique, entre le 6 et le 8 février 2017.

Une station totale Trimble S7 a été utilisée pour déterminer l'altimétrie et le positionnement relatif des points, et un GPS différentiel Trimble Geo7X a été utilisé pour le recalage de l'étude dans le référentiel Lambert 93. Ce recalage a été effectué par l'obtention de coordonnées, précises à 1 cm, de deux stations de base topographique (utilisées pour la mise en station de la station totale) par des mesures d'au moins 30 minutes au GPS différentiel sur chaque station. Le positionnement des stations et la topographie de la zone d'étude sont présentés sur l'illustration 24.





*Illustration 24 : Topographie de la zone d'étude (m) montrant les stations gravimétriques (points noirs). Les bâtiments sont marqués par des polygones bleus, les murs par des traits violet et l'emprise de la carrière par un polygone rouge.*

### 6.1.2. Résultats

L'anomalie résiduelle fait ressortir les variations de gravité en lien avec les variations de densité de la subsurface, objet de cette étude. Elle est présentée à l'illustration 25.

L'anomalie résiduelle a une dynamique de 0,066 mgal, variant de -0,042 mGal à 0,026 mGal.

Les anomalies positives ne feront pas l'objet d'une analyse détaillée, car elles marquent les excès de masse, qui ne sont pas l'objet de cette étude.

Les anomalies négatives sont retenues selon les critères suivants :

- Les anomalies sont retenues si et seulement si leur amplitude est supérieure à 0.015 mgal (seuil de signification de l'étude). Cette valeur est choisie car elle correspond typiquement à l'amplitude du bruit géologique, lié aux variations d'épaisseur de remblais, aux variations de facies... ;

- Les anomalies doivent affecter au moins 2 stations contiguës, mais des anomalies affectant une seule station peuvent être retenues si celles-ci se présentent selon des axes négatifs, ou si elles sont proches d'anomalies proches ou de vides connus.

Selon les critères énoncés précédemment, 8 anomalies sont retenues (Illustration 25). Les anomalies A1, A4 et A5 sont morcelées et sont subdivisées en plusieurs anomalies contiguës A1, A1', A1'', A4, A4', A4'', A5, A5'.

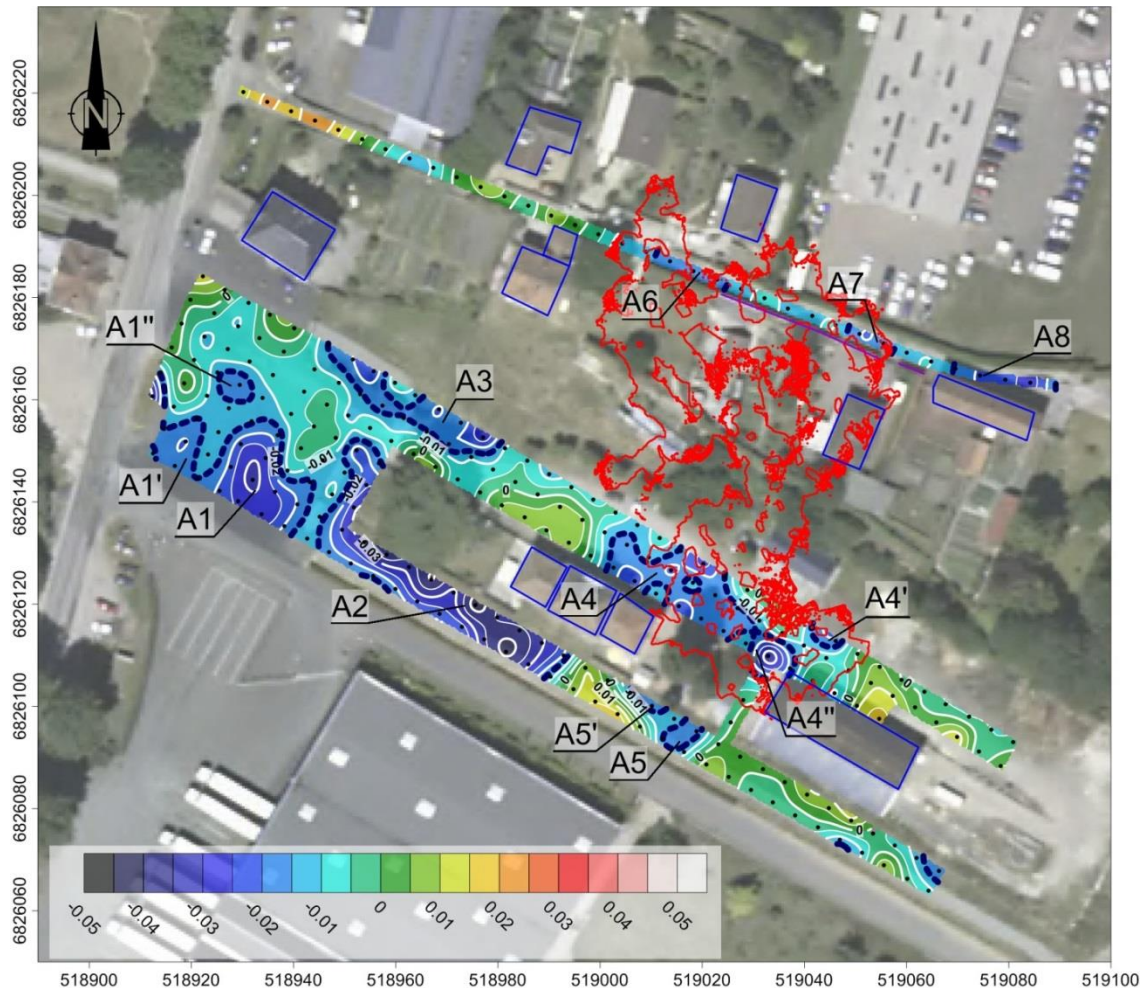


Illustration 25 : Anomalie résiduelle (mGal). Les anomalies négatives significatives sont entourées par un trait discontinu bleu foncé. Les anomalies décelées sont numérotées de A1 à A8.

Les anomalies A4, A4', A4'', A6, et A7 sont localisées en grande partie au droit de l'emprise de la carrière reconnue et accessible. Il est donc fortement plausible que ces anomalies soient générées par le vide de la carrière.

Les anomalies A1 et A2 sont notables par leur large emprise, affectant plus de 10 stations chacune, et leur amplitude importante, supérieure à 0,030 mGal. L'état actuel des connaissances du sous-sol ne permet pas de les relier à des carrières connues, mais cette hypothèse est la plus plausible. En effet, à ce stade des investigations, les anomalies gravimétriques négatives décelées ne peuvent être interprétées de manière univoque, sans informations complémentaires fournies par d'autres méthodes géophysiques et/ou des données de sondages mécaniques. Elles peuvent correspondre :

- à des variations latérales de densités au sein des terrains, liées à leur nature et à leur lithologie, à leur degré d'altération ou à leur degré de compaction ;
- à des cavités vides, ennoyées, ou partiellement remblayées (hypothèse la plus plausible) ;
- à des variations d'épaisseur de remblais peu dense sur un substrat plus dense ;

Pour lever les ambiguïtés d'interprétation, il est donc préconisé d'effectuer des sondages de contrôle jusqu'à une profondeur atteignant au moins 10 m au niveau des zones caractérisées par des anomalies négatives. Le détail des recommandations pour le site de Saint-Langis-lès-Mortagne est compilé dans le compte-rendu de visite (annexe hors-texte).

### **6.1.3. Conclusions / pertinence de la méthode**

Les résultats des mesures microgravimétriques se sont montrés particulièrement concluants dans la mesure où les vides souterrains topographiés sont clairement associés à des anomalies microgravimétriques négatives, signalant un déficit de masse dans le sous-sol. Bien qu'une anomalie gravimétrique ne puisse pas être interprétée de manière univoque sans sondages de contrôle, l'hypothèse d'anomalies liées à la présence de vides souterrains demeure la plus plausible. Cela tend à démontrer la pertinence de l'utilisation de la microgravimétrie pour la détection de vides souterrains anthropiques dans le contexte géologique du Bassin de Mortagne-au-Perche (carrières peu profondes creusées dans la craie).

## **6.2. METHODES ELECTRIQUES**

### **6.2.1. Rappel de la méthodologie**

Dans le cadre de ce projet, deux méthodes électriques ont été utilisées : la tomographie électrique (ERT) et le dispositif OhmMapper. La localisation des profils électriques (ERT et OhmMapper) est figurée sur l'illustration 26.

Les mesures électriques ont été réalisées par deux agents du BRGM, ingénieur et technicien en géophysique, entre le 13 et le 16 février 2017.



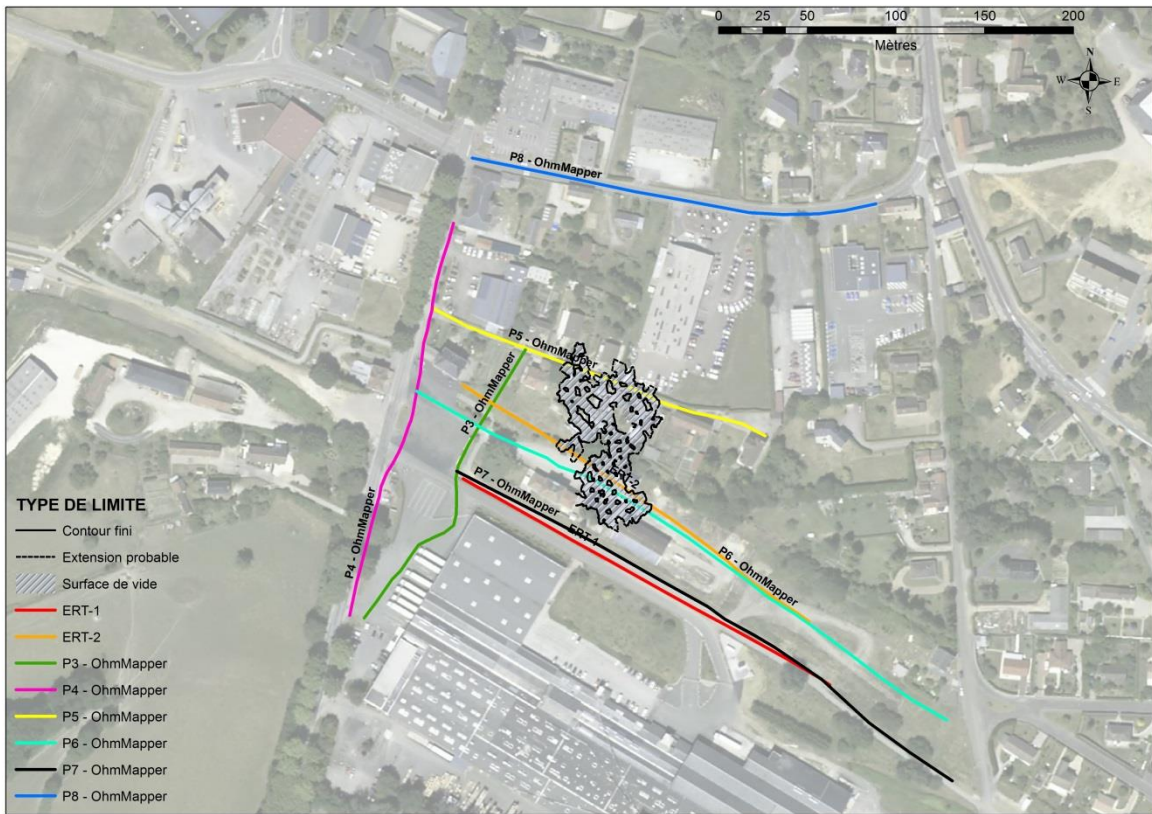


Illustration 26 : Situation des différents profils électriques réalisés au droit de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne – l'emprise actuelle de la carrière (en noir sur la carte) a été topographiée après les investigations géophysiques

### Tomographie électrique

La tomographie électrique (ERT pour Electrical Resistivity Tomography) est une méthode géophysique permettant d'obtenir la distribution de la résistivité des matériaux (roches ou structures) en profondeur à partir de mesures de potentiel électrique en surface. Ce type d'acquisition présente l'avantage de fournir des résultats fiables et d'être rapidement mis en œuvre. Le principe de base de la prospection électrique est d'injecter dans le sol un courant électrique d'intensité  $I$  entre deux électrodes A et B et de mesurer la différence de potentiel  $\Delta V$  induite entre une autre paire d'électrodes M et N (Illustration 27).

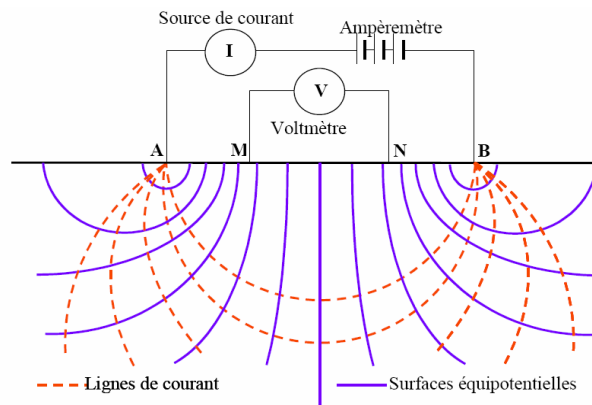


Illustration 27 : Principe de la prospection électrique par courant continu (LCPC, 2004)



Trois configurations d'acquisition / dispositifs d'électrodes existent pour la tomographie électrique (configurations dipôle-dipôle, Schlumberger et Wenner), chacune présentant des avantages et des inconvénients.

L'acquisition des deux profils électriques ERT a été réalisée à l'aide d'un résistivimètre Syscal-Pro (IRIS Instruments, France) en configuration dipôle-dipôle, avec des électrodes métalliques régulièrement espacées de 2,5 m sur une longueur de 237,5 m par profil (soit un total de 475 m de profil ERT). L'espacement inter-électrodes de 2,5 m a été choisi afin d'assurer une bonne résolution des terrains de sub-surface.

### **OhmMapper**

Cette technique de mesure fait appel à des électrodes posées au sol pour l'injection du courant et la mesure du champ électrique. Le système est tracté au sol par un véhicule, et peut fonctionner sur différents types de sols : terrain naturel, asphalte, béton (non armé) etc. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide à mettre en œuvre qu'un profil de tomographie électrique.



*Illustration 28 : Dispositif OhmMapper (source : Geometrics)*

L'acquisition des profils électriques OhmMapper a été réalisée à l'aide du dispositif OhmMapper (Geometrics, USA) avec des longueurs de dipôle de 5 m. Avec ce dispositif, la profondeur d'investigation est de l'ordre de 8 m.

### **6.2.2. Résultats**

Les résultats sont présentés sous la forme de coupes de résistivité inversées (exemples en Illustration 29 pour un profil ERT et Illustration 30 pour un profil OhmMapper), qui mettent en évidence des variations de la résistivité du sous-sol. Les couleurs chaudes (jaune, rouge, violet) correspondent à des horizons résistants et les couleurs froides (bleu, vert) à des horizons conducteurs. L'ensemble des 8 coupes de résistivité inversées issues des prospections électriques sont présentées dans le compte-rendu de visite de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne, en annexe hors-texte de ce rapport.



plausible, cette hypothèse reste toutefois à vérifier, notamment en implantant un sondage de contrôle.

Concernant les profils OhmMapper P3, P4 et P8, aucune anomalie résistive importante n'est visible sur les coupes de résistivité inversées. Notons que les profils P3 et P4, situés à l'ouest de l'emprise connue de la carrière souterraine, recoupent pourtant des anomalies gravimétriques négatives. A l'heure actuelle, l'origine de la non-corrélation des anomalies électriques et microgravimétriques au niveau de ces deux profils n'est pas connue.

### **6.2.3. Conclusions / pertinence de la méthode**

Les deux profils de tomographie électrique ERT1 et ERT2 ont mis en évidence des anomalies résistives situées à environ 5 m de profondeur, soit globalement à la profondeur de la carrière souterraine. Pour le profil ERT2, l'anomalie résistive est située à l'emplacement de l'emprise actuellement connue de la carrière. Pour le profil ERT1, situé au sud de la gare, l'anomalie résistive se corrèle avec l'anomalie négative A2 mise en évidence sur la carte microgravimétrique, ce qui tend à confirmer la présence d'un vide souterrain (hypothèse qu'il conviendra de vérifier par l'implantation d'un sondage de contrôle).

Concernant les profils OhmMapper, les résultats sont concluants pour les profils P5, P6 et P7 dans la mesure où les anomalies résistives se corrélaient avec l'emprise actuellement connue de la carrière souterraine. Pour les profils P3 et P4, pourtant situés au niveau d'anomalies gravimétriques négatives, aucune anomalie résistive n'est visible sur les coupes de résistivité inversée. A l'heure actuelle, l'origine de la non-corrélation des anomalies électriques et gravimétriques n'est pas connue.

Compte tenu de ces résultats, il apparaît que les méthodes électriques semblent adaptées pour la détection de vides souterrains anthropiques dans le contexte géologique du Bassin de Mortagne-au-Perche (carrières souterraines peu profondes et creusées dans la craie), notamment pour la tomographie électrique. La méthode OhmMapper mériterait toutefois d'être appliquée sur d'autres carrières souterraines de ce type pour être confirmée.





## 7. Conclusions et perspectives

Le territoire de l'ex-Basse-Normandie, par sa diversité géologique, a été le siège d'une activité extractive foisonnante pour l'extraction de matériaux divers (minerais, granulats et pierres de taille pour la construction, marne pour l'amendement). Pour la pierre de taille et la marne, un grand nombre de carrières ont été exploitées en souterrain et la très grande majorité de ces exploitations sont aujourd'hui abandonnées. A terme, leur vieillissement peut induire des désordres en surface (effondrements, affaissements), comme ce fût par exemple en 2011 à Saint-Pierre-Canivet (Calvados) ou à Courgeon (Orne), et en 2013 à Caen (Calvados).

Dans le cadre de ses missions de service public qui s'inscrivent au contrat d'objectifs Etat-BRGM 2013-2017, le BRGM a initié en 2014, en partenariat avec la DREAL Normandie, un programme d'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines de pierre de taille situées sur le territoire de l'ex-Basse-Normandie (Calvados, Orne et Manche).

Une première étude a permis de visiter une quinzaine de carrières souterraines de pierres de taille, creusées dans les calcaires du Bathonien des environs de Caen. Les comptes rendus de ces visites ont fait l'objet d'un rapport BRGM (RP-64117-FR). Suite à cette étude, et au regard des observations effectuées lors des visites, il s'est avéré nécessaire de poursuivre les investigations sur d'autres carrières souterraines abandonnées pour évaluer leur vieillissement, et notamment sur des carrières creusées dans les craies cénomaniennes.

Dans ce cadre, et en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a poursuivi les investigations sur les carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne, avec pour objectifs de :

- poursuivre le travail initié en 2014, en réalisant de nouvelles inspections de carrières souterraines situées dans les formations sédimentaires du Bathonien (calcaire) et du Cénomaniens (craie) ;
- synthétiser l'ensemble des données dans une base de données dédiée ;
- d'affiner la méthode de suivi des cavités de l'ex-Basse-Normandie en :
  - o testant des méthodes de cartographie/topographie de cavités souterraines ;
  - o appliquant des méthodes géophysiques pour la détection d'anciennes carrières souterraines adaptées au contexte bas-normand.

### 7.1. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES GENERALES

La première étape du projet a porté sur l'élaboration d'une stratégie de sélection des sites intéressants pour effectuer un diagnostic de stabilité. Pour cela, une série de sélections a été appliquée sur la base de données des cavités souterraines de la DREAL Normandie pour ne retenir que les carrières souterraines potentiellement intéressantes pour cette étude. Suite à cette étape, la liste de carrières sélectionnées a été affinée via des visites de terrain (en surface), pour ne retenir que les carrières souterraines de pierre de taille accessibles, et pour lesquelles il est possible d'effectuer un diagnostic de stabilité. Ainsi, la stratégie élaborée dans le cadre de ce projet a permis d'identifier 46 carrières souterraines accessibles (sur les 325 visitées sur le terrain). Les sélections et les vérifications de terrain ont été menées à l'échelle communale.

Dans un second temps, en collaboration avec les services de l'Etat, les communautés de communes à investiguer ont été priorisées sur la base des investigations de terrain et de la connaissance locale des services de l'Etat. Ainsi, les secteurs retenus dans le cadre de cette étude étaient :

- le secteur sud de la communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche, (Orne) ;
- les communautés de communes d'Orival et Cœur de Nacre (Calvados).

Suite à cette hiérarchisation, 10 carrières souterraines situées sur les communautés de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche et d'Orival – Cœur-de-Nacre ont été retenues pour les investigations en souterrain et l'élaboration de diagnostics de stabilité. Le choix de ces carrières a été effectué en fonction des enjeux situés en surface (bâtiments, voiries, terrains de sports etc.) ou des risques d'intrusions pour les carrières en accès libre. Parmi ces 10 carrières souterraines, 5 sont creusées dans les craies cénomaniennes du Bassin de Mortagne-au-Perche (Orne) et 5 sont creusées dans les calcaires bathoniens du nord de la plaine de Caen (Calvados).

Les carrières retenues ont fait l'objet d'investigations en souterrain pour :

1. Dresser le plan géométrique de la carrière (si absence de plans) ;
2. Réaliser un diagnostic de niveau 1 (selon le guide de l'IFSTTAR - 2014).

L'ensemble des observations réalisées sur le terrain ont été compilées dans une base de données SIG dédiée au projet et développée dans le cadre de la présente étude. Elles ont par ailleurs été utilisées pour mettre à jour la base nationale des cavités souterraines BDCavité, gérée par le BRGM.

Les visites de ces carrières ont ensuite abouti à la rédaction de 10 comptes rendus détaillés qui viennent compléter ceux réalisés en 2014 (rapport BRGM/RP-64117-FR). Ces comptes rendus permettent d'une part de faire un état des lieux de l'état de stabilité des carrières souterraines diagnostiquées, et d'autre part, en fonction de leur état de stabilité, de proposer des recommandations en matière de sécurisation (sécurisation ou interdiction d'accès, travaux complémentaires, poursuite d'un diagnostic de niveau 2, surveillance etc.).

Outre les étapes de sélection des sites, plusieurs actions ont été réalisées afin d'affiner la stratégie de suivi des cavités en ex-Basse Normandie. En ce qui concerne le levé de la géométrie des cavités, différentes méthodes ont été mises en œuvre : levé « classique » semi-automatisé au laser mètre et à la boussole et mesure innovante au scanner laser 3D portatif « ZEB-REVO ». Il a ainsi été montré leur fiabilité (très peu d'écart entre les deux types de mesures) et leur complémentarité (en fonction de la taille de la cavité : la méthode « classique » demeure néanmoins intéressante sur des cavités de taille inférieure à 1 000 m<sup>2</sup> et à géométrie peu complexe, ou pour des levés géométriques globaux dans le cadre de diagnostics d'urgence).

Par ailleurs, la cavité de Saint-Langis-les-Mortagne (dont la géométrie a été levée au « ZEB-REVO ») a été retenue pour réaliser des mesures géophysiques de manière à montrer la pertinence des mesures micro-gravimétriques et électriques pour la détermination de l'emprise des cavités lorsque celles-ci ne sont pas accessibles dans le contexte bas-normand (ici cavité peu profonde dans la craie). Les résultats des investigations géophysiques se sont montrés particulièrement concluants dans la mesure où les vides topographiés ont été clairement

identifiés par les mesures électriques et micro-gravimétriques. Ces mesures ont par ailleurs permis de mettre en évidence des anomalies dans le prolongement de galeries inaccessibles (secteurs remblayés ou éboulés, présence de CO<sub>2</sub>), ce qui souligne très probablement des extensions.

Ainsi, cette étude, menée sur des carrières souterraines de dimensions et d'état général très variés, a permis d'estimer les techniques les plus appropriées à mettre en œuvre pour l'élaboration de diagnostics de stabilité des cavités et de constituer la chaîne de traitement : identification des cavités, investigations non destructives (géophysique), levé géométrique, diagnostic de stabilité, bancarisation et archivage de l'information. La durée nécessaire pour les visites en souterrain est également mieux connue sachant que ce temps nécessaire reste indicatif puisque fonction du site (conditions d'accès, présence de CO<sub>2</sub>). En moyenne et en condition normale, le levé géométrique au « ZEB-REVO » peut être réalisé en 1 jour / ha environ (0,1 ha / jour pour la méthode classique) et le diagnostic en 1 jour / ha (selon l'état de la carrière), auquel il faut rajouter le double de temps en post-traitement (traitement des données géométriques, rédaction d'un compte-rendu détaillé, bancarisation des observations). Une manière de diminuer la durée de post-traitement serait d'utiliser des tablettes durcies et de compléter la base de données à l'avancement sur le terrain.

Concernant la base de données créée dans le cadre de ce projet, elle a pour but de bancariser l'ensemble des données et observations disponibles sur les carrières souterraines (emprise, fracturation, état de stabilité, photographies, etc.). Sa conception doit permettre de l'alimenter régulièrement par de nouvelles données (nouvelles cartographies, nouveaux diagnostics etc.). Toutefois, pour que cette base de données devienne, à terme, un vrai outil de gestion du « risque cavité » à différentes échelles (région, département, communauté de communes, commune), il serait intéressant, d'une part, qu'elles puissent être partagées sur une plateforme commune et, d'autre part, qu'y soit intégré un volet sur le « suivi des cavités », qui permettrait de bénéficier de rappel et de suivre l'évolution de leur vieillissement et/ ou la réalisation des travaux menés sur une carrière à plus ou moins long terme. Ce type de base de données existe pour certains territoires très concernés par le risque cavité (exemple de l'Eurométropole de Strasbourg etc...).

## 7.2. RESULTATS DES DIAGNOSTICS

En termes de résultats, l'analyse des différentes tables de la base de données permet d'extraire quelques chiffres concernant la quantité de données acquises dans le cadre de ce projet : **10** carrières souterraines diagnostiquées, levé de **9** plans inédits (3 à la boussole et 6 au scanner laser 3D portatif « ZEB-REVO »), **8** ha de vides et plus de **25** kilomètres de contours digitalisés et géoréférencés (dont 2 ha inédits), **633** mesures de hauteurs de vide, évaluation qualitative de l'état de **815** piliers, relevé de **449** fractures, localisation de **245** écailles et décollement de toit, identification de **152** désordres de type chutes de toit ou remontée de fontis, prise de plus de **300** photographies.

### 7.2.1. Tableau de synthèse

Le tableau ci-dessous permet de faire une synthèse des principales conclusions des comptes rendus présentés en annexe pour les 10 carrières souterraines diagnostiquées lors de la présente étude (2016-2017), ainsi que celles diagnostiquées lors de l'étude précédente (2014).





N° CAV	DPT	COM-COM	NOM CAVITE	ID BASE BRGM ID BASE DREAL	ETAT GENERAL	DESCRIPTION SUCCINCTE / COMMENTAIRE SUR LA STABILITE	PHENOMENE REDOUTE / POTENTIEL	EP. RECOUV.	AGE DEBUT EXPLOIT.	RECONNAISSANCE COMPLEMENTAIRE ET TRAVAUX	SUIVI	DATE DIAG
1	61	Bassin de Mortagne-au-Perche	Bellavilliers « La Carrière »	BNOAW0039359 R25_61037P6	BON	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et galeries pour l'extraction de la craie de Rouen  Accès par cavage (accès libre dans une propriété privée)  Un effondrement ancien observé en souterrain et en surface qui ne semble pas compromettre la stabilité de la carrière	Chutes de toit	5,5 m (minimum)	XVIII <sup>ème</sup> siècle	RAS	5 ans	2016
2	61	Bassin de Mortagne-au-Perche	Saint-Langis-lès-Mortagne « Ancienne gare »	BNOAW0039357 -	MAUVAIS TRES MAUVAIS	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la craie de Rouen  Accès actuel par puits. Nombreuses chutes de toit et remontées de fontis, certains ayant déjà atteint la surface  Faibles épaisseurs de recouvrement. Sous-cave des enjeux (voirie, jardins, habitations). Présence de poches de CO <sub>2</sub> dans la cavité. Extensions supposées	Effondrement localisé par remontée de fontis  Effondrement généralisé par rupture de piliers  Chutes de toit	1 – 9 m	XIX <sup>ème</sup> (avant 1840)	Poursuite du diagnostic de stabilité de niveau 1 pour la partie « nord »  Réalisation d'investigations géotechniques (sondages de reconnaissance de vide) pour confirmer les anomalies décelées par la géophysique – éventuellement fonçage de nouveaux puits d'accès ou d'aéragage  Poursuite des investigations géophysiques au droit des extensions supposées  (Si des vides sont reconnus) – poursuite des investigations souterraines (topographie et diagnostic de stabilité) des extensions	Annuelle	2016
3	61	Bassin de Mortagne-au-Perche	Mauves-sur-Huisne « RD n°9 »	BNOAA0000765 R25_61255P3	MEDIOCRE MAUVAIS	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la craie de Rouen  Accès par cavage (accès libre dans un talus routier)  Etat variable selon les secteurs. Nombreuses chutes de toit et remontées de fontis, certains ayant déjà atteint la surface. Faibles épaisseurs de recouvrement. Sous-cave une voirie communale	Effondrement localisé par remontée de fontis  Chutes de toit	2 – 3 m	XIX <sup>ème</sup> siècle (avant 1886)	Vérifier si des mouvements de terrain ont déjà été recensés sur la voie communale qui relie la RD9 au lieu-dit « Le Cauchis » + traitement d'une cheminée karstique au droit de cette voirie  Réaliser des investigations géophysiques pour vérifier l'existence d'extensions de la carrière sous la route départementale 9  Sécurisation des accès  Réaliser des investigations géophysiques dans le « bourg » de Mauves-sur-Huisne	2 ans	2016
4	61	Bassin de Mortagne-au-Perche	Mauves-sur-Huisne « RD n°5 »	BNOAW0039358 R25_61255P16	BON	Carrière souterraine de craie cénomaniennne exploitée par chambres et piliers pour la production de chaux, de marne pour l'amendement ou pour la pierre de taille  Accès par cavage. Accès libre en bord de route par bouche de cavage.  Carrière en bon état général	Effondrement localisé par débouillage de puits	2 – 3 m	Inconnu	Sécurisation des accès  Signaler la présence du puits vertical en surface (risque de débouillage)	5 ans	2016
5	61	Bassin de Mortagne-au-Perche	Loisail « Le Bas Champailaume »	BNOAA0000695 R25_61229P3	BON	Vaste carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la craie de Rouen  Accès par descendrière en bord de route, sécurisé pour la préservation des chiroptères  Etat de stabilité globalement bon mais plusieurs instabilités de types chutes de toit ou remontées de fontis, dont un situé sous la RD n°8. Sous-cave une route départementale	Effondrement localisé par remontée de fontis  Chutes de toit	4,5 – 18 m	Début XIX <sup>ème</sup>	Vérifier si des mouvements de terrain ont déjà été recensés sur la route départementale n°8. Si aucun phénomène n'est recensé, réaliser des sondages de reconnaissance de vide pour intercepter une probable remontée de fontis	2 à 3 ans	2016
6	14	Orival	Bény-sur-Mer « Le Rocreux »	BNOAA0002218 R25_14062P5	BON	Vaste carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la pierre de Creully  Accès par cavage, sécurisé pour la préservation des chiroptères  Carrière en bon état	Chutes de toit  Eboulement et/ou chutes de blocs au niveau des entrées	10 – 30 m	XIX <sup>ème</sup> siècle (avant 1885)	RAS	5 ans	2016
7	14	Cœur-de-Nacre	Basly « stand de tir »	BNOAA0004050	NON REALISE	Diagnostic non réalisé faute d'accès (accès privé)	-	-	-	-	-	-
8	14	Cœur-de-Nacre	Basly BNOAA0002117	BNOAA0002117 R25_14044P1	MEDIOCRE	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la pierre de Creully.  Accès par trois cavages en libre accès le long d'un sentier de randonnée.  Etat de stabilité médiocre : nombreuses fractures au toit, zones de chutes de toit, état des piliers majoritairement fracturés ou écaillé	Chutes de toit  Effondrement généralisé par rupture de piliers  Eboulement et/ou chutes de blocs au niveau des entrées	10 – 12 m	Période médiévale ?	Sécurisation des accès	2 ans	2017
9	14	Cœur-de-Nacre	Basly BNOAA0004048	BNOAA0004048 R25_14044P3	MEDIOCRE	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la pierre de Creully  Accès par cavage. Accès libre et visible depuis un sentier de randonnée	Chutes de toit  Eboulement et/ou chutes de blocs au niveau des entrées	10 – 15 m	Période médiévale ?	Sécurisation des accès	2 ans	2017

10	14	Cœur-de-Nacre	Basly BNOAA0004049	BNOAA0004049 R25_14044P4	BON	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la pierre de Creully. Accès par cavage en libre accès le long d'un sentier de randonnée.	Chutes de toit Eboulement et/ou chutes de blocs au niveau des entrées	10 – 12 m	Période médiévale ?	Sécurisation des accès	Tous les 5 ans	2017
11	14	Orival	Bény-sur-Mer BNOAA0002207	BNOAA0002207 R25_14062P4	MEDIOCRE	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers pour l'extraction de la pierre de Creully Accès par cavage. Accès libre et visible depuis un sentier de randonnée	Chutes de toit Eboulement et/ou chutes de blocs au niveau des entrées	2,5 – 8 m	Inconnu	Sécurisation des accès	2 ans	2017
12	14	Falaise	Aubigny		MEDIOCRE MAUVAIS	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers tournés (voire hague et bourrage pour certains secteurs) pour l'exploitation de la pierre d'Aubigny Accès par cavage Une zone où les piliers sont en état de post-rupture	Effondrement localisé par remontée de fontis Effondrement généralisé par rupture de piliers Chutes de toit	9 m	XVIII <sup>ème</sup> siècle	Levé géométrique Réalisation d'investigations géophysiques pour vérifier l'existence d'extensions de la carrière sous la route départementale et dans le secteur nord		2014
13	14	Caen-la-Mer	Fleury-sur-Orne		BON MAUVAIS	Accès par cavage			Période médiévale	Diagnostic géotechnique complémentaire		2014
14	14	Caen-la-Mer	Hérouville		MAUVAIS		Effondrement localisé par remontée de fontis Débourrage de conduits karstiques	7 m	XV <sup>ème</sup> siècle	Levé géométrique Investigations géotechniques complémentaires (sondages) Diagnostic complémentaire	Annuelle	2014
15	14	Caen-la-Mer	Mondeville		MEDIOCRE	Carrière souterraine de pierre de taille exploitée par chambres et piliers tournés pour l'exploitation de la pierre de Creully Accès par cavage chez des particuliers	Chute de 1 <sup>er</sup> banc de toit Effondrement généralisé du toit		Période médiévale	Réalisation d'un diagnostic de niveau 3 ou 4	2 ans	2014
16	14	Val Es Dunes	Conteville		MAUVAIS	Accès par cavage, accès actuel par un puits Nombreuses chutes de toit et remontées de fontis, certains ayant déjà atteint la surface	Chutes de blocs Affaissement Effondrement généralisé		Période médiévale	Levé géométrique Confortement de la cavité au niveau de la chaussée Eventuellement mise en place d'investigations géophysiques pour mettre en évidence d'éventuelles continuités		2014

## 7.2.2. Analyse par communautés de communes

### ***Communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche (61)***

5 carrières souterraines de pierres de taille ont fait l'objet d'un diagnostic de stabilité dans la partie sud de la communauté de communes du Bassin de Mortagne-au-Perche. Toutes sont creusées dans les craies cénomaniennes.

L'état général de ces carrières souterraines varie de bon (Bellavilliers, Loisail) à mauvais (Mauves-sur-Huisne), voire très mauvais pour la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne, ce qui reflète une forte variabilité de l'état général des carrières creusées dans les craies du secteur de Mortagne-au-Perche. Notons également que la carrière de Courgeon, diagnostiquée en 2015 par le CEREMA et située à quelques kilomètres au sud de Mortagne-au-Perche, présente également pour certains secteurs un état de stabilité très mauvais.

Il ressort de cette analyse que, d'une part, l'état général des carrières de pierres de taille creusées dans les craies du Bassin de Mortagne-au-Perche varie de bon à très mauvais, ce qui rend impossible une généralisation de l'état des carrières souterraines à l'échelle de la communauté de communes et que, d'autre part, la moitié des carrières actuellement diagnostiquées sur la communauté de communes présente un état général mauvais à très mauvais, avec des faibles épaisseurs de recouvrement (souvent inférieures à 3 m), de nombreuses instabilités ponctuelles (chutes de toit et remontées de fontis), et situées à proximité d'enjeux (voiries, maisons d'habitation). Ces observations doivent nous alerter sur les risques potentiels encourus. En effet, les archives mentionnent d'autres carrières de ce type, actuellement inaccessibles, mais qu'il conviendrait d'étudier, comme par exemple sous le bourg de Mauves-sur-Huisne.

Deux méthodes géophysiques (microgravimétrie et électrique) ont été appliquées sur le site de la carrière de Saint-Langis-lès-Mortagne pour évaluer leur intérêt pour la recherche indirecte de vides souterrains. Les résultats de ces campagnes se sont montrés particulièrement concluants puisque les vides souterrains topographiés ont été identifiés en anomalies négatives sur la carte gravimétrique et en anomalies résistives sur les profils électriques, ce qui démontre la pertinence de ces méthodes pour la recherche de vides anthropiques dans le contexte géologique du Bassin de Mortagne-au-Perche. On notera que des anomalies ne correspondant pas à des vides connus ont été identifiées à proximité d'enjeux. Il conviendra donc d'identifier l'origine de ces anomalies, et le cas échéant, de définir l'état de stabilité des vides.

Au regard de ces résultats, la poursuite des investigations sur la communauté de communes de Mortagne-au-Perche s'avère prioritaire pour continuer à retrouver les carrières souterraines abandonnées afin d'évaluer leur vieillissement. L'utilisation des méthodes géophysiques pourrait s'avérer particulièrement intéressante pour localiser des carrières souterraines actuellement inaccessibles.

### ***Communautés de communes d'Orival et Cœur-de-Nacre (14)***

5 carrières souterraines de pierres de taille ont fait l'objet d'un diagnostic de stabilité sur les communautés de communes d'Orival et Cœur-de-Nacre. Toutes sont creusées dans les calcaires bathoniens (Calcaires de Creully).

Malgré l'âge de ces carrières (probablement médiéval), elles présentent un état de dégradation moins avancé (état général jugé bon à médiocre) et ainsi *a priori* un vieillissement plus lent que

celles creusées dans les craies cénomaniennes. Ceci est vraisemblablement à mettre en relation avec la plus grande compétence du bathonien par rapport à la craie cénomanienne.

En outre, les épaisseurs de recouvrement sont généralement plus importantes (supérieures à 10 m dans la plupart des cas visités), et les phénomènes de remontée de fontis sont plus rares que dans les craies cénomaniennes. A noter que les carrières souterraines de ce secteur semblent à la fois en meilleur état et à la fois moins dégradées que les carrières de l'agglomération de Caen la mer (*Plat et al.*, 2014).

### **7.2.3. Conclusion sur le vieillissement et zones à investiguer**

L'état général de ces carrières varie de bon à très mauvais, avec une plus grande diversité pour les carrières creusées dans la craie (bon à très mauvais) que pour celles creusées dans les calcaires (bon à médiocre). L'analyse des résultats indique également que les carrières creusées dans la craie présentent un état général plus mauvais, avec des épaisseurs de recouvrement souvent plus faibles que les carrières creusées dans les calcaires bathoniens. En termes de géométrie, les carrières souterraines creusées dans les calcaires bathoniens sont plus vastes que celles creusées dans la craie.

Au regard de ces résultats, il apparaît que les carrières souterraines creusées dans la craie au niveau de la communauté de Commune de Mortagne-au-Perche présentent un état de vieillissement plus avancé que les carrières souterraines creusées dans les calcaires bathoniens au niveau des communautés de communes d'Orival et Cœur-de-Nacre. Etant donné leur âge plus récent, le vieillissement y semble donc plus rapide. Pour la suite des investigations, il conviendra donc de s'orienter prioritairement vers les carrières situées en contexte crayeux (Bassin de Mortagne-au-Perche, Pays d'Auge notamment). A noter que pour mémoire, la communauté de communes de Falaise semble également concernée par un certain nombre de cavités présentant un mauvais état général dans des zones qui peuvent être urbanisées (Aubigny, Saint Pierre Canivet...).

Enfin, tous les indices de cavités bancarisés dans les bases de données et retenus lors des étapes de sélection n'ont pas fait l'objet d'une vérification sur le terrain. De même, toutes les carrières souterraines accessibles n'ont pas fait l'objet d'un diagnostic de stabilité : ainsi 36 des 46 cavités accessibles n'ont pas pu être visitées (dont a minima deux dans la communauté de Mortagne-au-Perche). Dans ce cadre, nous recommandons de poursuivre ce type d'étude pour continuer à acquérir des données sur les carrières souterraines abandonnées de l'ex-Basse-Normandie, nécessaire pour la gestion du risque « cavité ».



## 8. Bibliographie

**DEBEGLIA N., LEBERT F.** (2003) Détection des cavités par géophysique. Bilan des expériences 1990-2002. BRGM/RP-52898-FR, 165 p., 50 ill. 2 ann.

**DEROUIN.J.P., BEAUCE.A.** (1997) Méthodologie de détection des cavités souterraines en Haute-Normandie par méthodes géophysiques. BRGM/R39567, 47p.

**GREGOIRE.S., CHEVREL.S., THAUVIN.M** (2009) – Inventaire et logigramme des méthodes de recherches des anciens orifices débouchant au jour. Rapport final. Rapport BRGM/RP-57438-FR. 161 p.

**LCPC** (2004) – Détection de cavités souterraines par méthodes géophysiques. Guide technique. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

**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 BRGM/RP-64117-FR, 198 p., 23 ill., 5 ann.  
**IFSTTAR** (2014) – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées. Guide méthodologique.

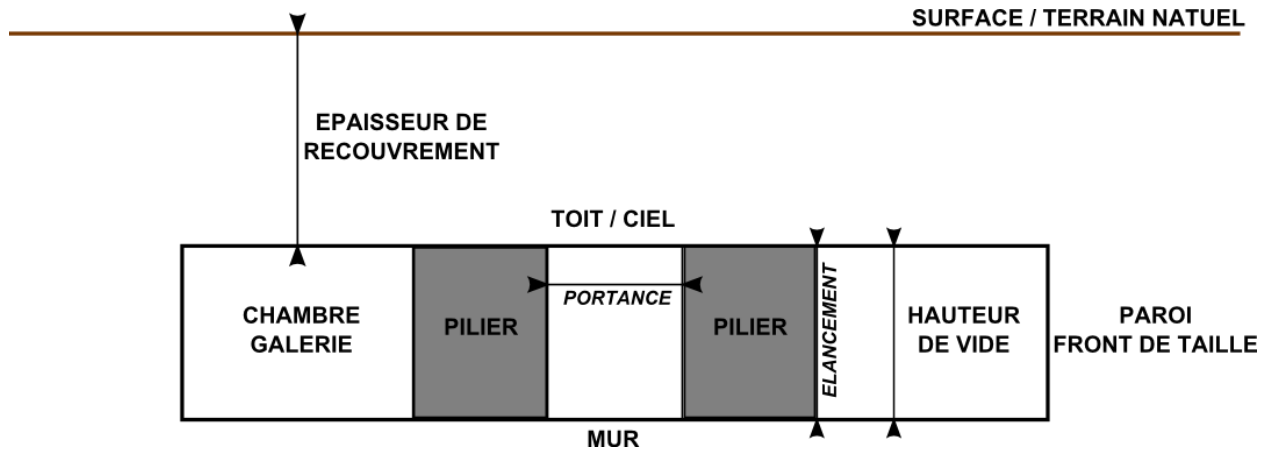


**Annexe 1**  
-  
**Nomenclature spécifique liée aux carrières  
souterraines**





Les différents comptes rendus de visites reprennent la nomenclature spécifique aux carrières souterraines, dont les principaux termes sont illustrés sur la figure ci-dessous.

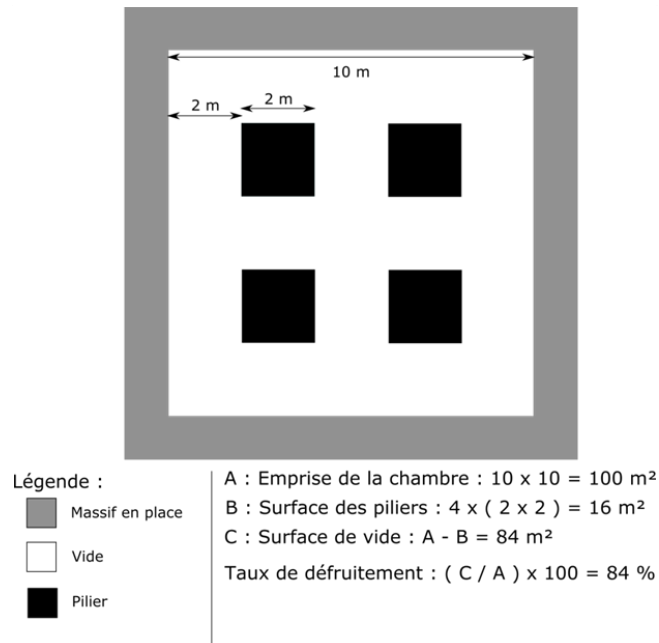


*Nomenclature spécifique aux cavités souterraines*

En outre, les levés géométriques réalisés dans le cadre de cette étude ont permis d'acquérir des connaissances sur le taux de défrètement des carrières. Ce taux de défrètement correspond à la surface des vides (surface exploitée par les carrières) par rapport à la surface totale de l'exploitation (vides et piliers compris), ce qui se traduit par la formule suivante :

$$[\text{superficie des vides} / \text{superficie totale (vides + piliers)}] \times 100$$

Plus une carrière a été exploitée, plus le taux de défrètement sera élevé.



*Représentation schématique du taux de défrètement*



## **Annexe 2**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bellavilliers (61) (hors-texte)**





## **Annexe 3**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Saint-Langis-lès-Mortagne (61) (hors-texte)**



## **Annexe 4**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD9 (61) (hors texte)**





## **Annexe 5**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Mauves-sur-Huisne RD5 (61) (hors texte)**



## **Annexe 6**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Loisail (61) (hors texte)**





## **Annexe 7**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bénvy-sur-Mer BNOAA0002218 (14) (hors-texte)**



## **Annexe 8**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0002117 (14) (hors-texte)**





## **Annexe 9**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004048 (14) (hors-texte)**



## **Annexe 10**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Basly BNOAA0004049 (14) (hors-texte)**



## **Annexe 11**

-

### **Compte rendu détaillé du diagnostic de stabilité de la carrière souterraine de Bénvy-sur-Mer BNOAA0002207 (14) (hors-texte)**







Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Normandie**

14 route d'Houpeville  
Parc de la Vatine

76130 – Mont-Saint-Aignan – France

Tél. : 02 35 60 12 00