



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# **Porter à connaissance (PàC) - carrières de Pontillon -**

**Décembre 2021**

*Commune de Rémalard-en-Perche  
- Commune historique de Rémalard -*

*Communauté de communes Coeur du Perche*



Source : BRGM

## Table des matières

1. Contexte.....	3
2. Données actuelles.....	3
3. Diagnostic et recommandations du BRGM.....	4
4. Prescription d'urbanisme au titre du R111-2 du code de l'urbanisme.....	4
4.1 Carrière cartographiée et zone d'influence (zonage rose).....	5
4.2 Périmètre de protection de 60 mètres (zonage jaune).....	5
5. Synthèse des risques sur la commune.....	6
Annexe 1 : emprise de la carrière et périmètre de sécurité.....	7
Annexe 2 : extrait de l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – année 2018 -2020 - BRGM.....	9

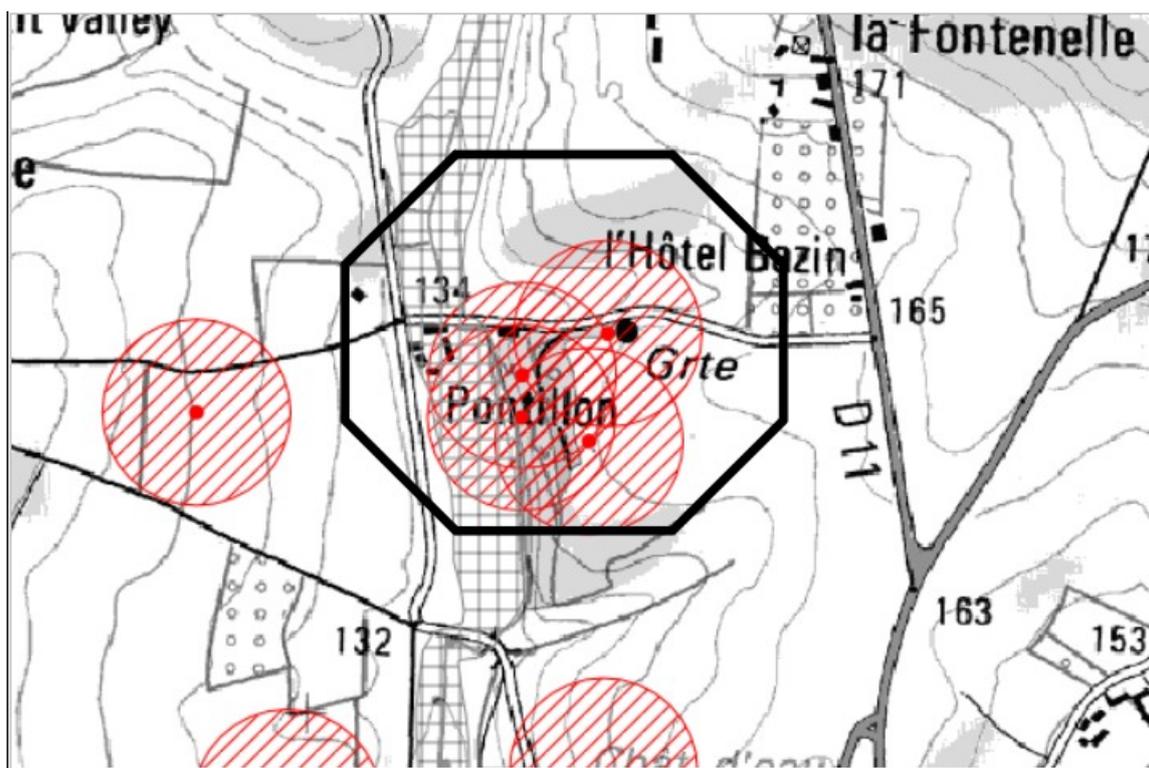
## 1. Contexte

Le BRGM, en partenariat avec la DREAL Normandie, mène des études sur le vieillissement des carrières souterraines. La commune de Rémalard-en-Perche, commune historique de Rémalard, est concernée par la troisième tranche des investigations (années 2018 à 2020) avec les carrières de Pontillon (carrière Nord, grande carrière et carrière Sud). Elles se situent au lieu-dit du même nom. Le bureau national géologique a réalisé les levés géométriques les 7 et 8 août 2019 et les diagnostics de stabilité entre le 13 octobre et le 20 novembre 2020.

## 2. Données actuelles

Dans le département de l'Orne, les indices de cavités sont répertoriés dans les bases de données du BRGM et de la DREAL.

Le BRGM a croisé les informations entre les données de terrain et les deux bases de données de cavités. Il apparaît que quatre indices sont recensés sur le secteur des trois carrières (polygone noir).



Extrait de la carte dynamique Carmen de la DREAL Normandie

### 3. Diagnostic et recommandations du BRGM

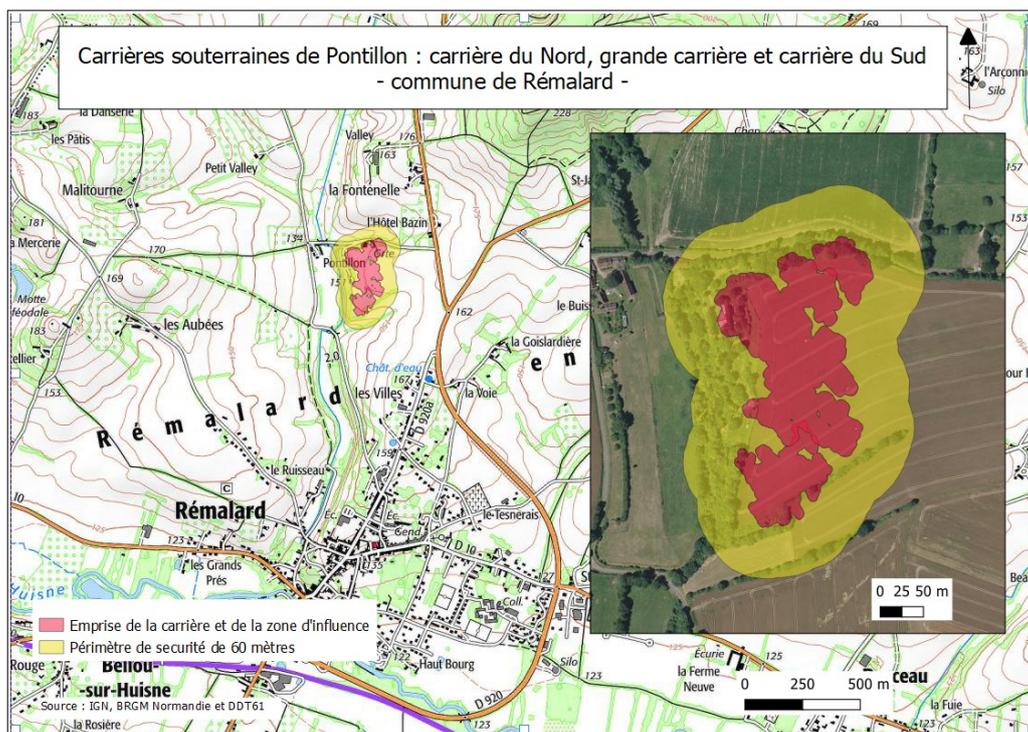
Se référer aux pages 29 et 30 du rapport du BRGM en annexe 2.

### 4. Prescription d'urbanisme au titre du R111-2 du code de l'urbanisme

*R111-2 du CU Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations.*

Le BRGM a établi la cartographie de la carrière et la DDT y a intégré la zone d'influence. Lors d'un éventuel effondrement du toit de la carrière, la zone impactée serait en effet plus étendue que l'emprise de la carrière elle-même. Cette zone d'influence a été calculée en prenant en compte les hauteurs moyennes de recouvrement et de vide. Le zonage rose recouvre ainsi l'emprise de la carrière avec la zone d'influence qui est généralement de quelques mètres.

D'autre part, des incertitudes persistent sur l'emprise de la carrière du fait que certains endroits n'étaient pas accessibles à cause d'éboulements ou de remblaiements. La DDT a donc mis en place une zone de protection (périmètre de sécurité) de 60 mètres autour de la zone d'influence de la carrière.



#### 4.1 CARRIÈRE CARTOGRAPHIÉE ET ZONE D'INFLUENCE (ZONAGE ROSE)

Le diagnostic établi par le BRGM fait part d'un état médiocre et notamment par la présence de piliers fissurés et de chutes de toit. Cette zone est donc impropre à l'urbanisation.

Aucun travaux de terrain, déblaiement ou terrassement, ne devra être entrepris sans étude géotechnique.

Il serait souhaitable d'y interdire des utilisations comme le passage et le stationnement de poids lourds, ou le stockage de matériaux lourds ( $>1t/m^2$ ), tout au moins sur les secteurs identifiés par le BRGM.

#### 4.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION DE 60 MÈTRES (ZONAGE JAUNE)

Il n'est pas recommandé le passage et le stationnement de poids lourds, ou le stockage de matériaux lourds ( $>1t/m^2$ ) avant la réalisation d'une étude géotechnique.

Dans cette zone, la constructibilité peut y être autorisée moyennant des reconnaissances techniques (basées sur des sondages carottés ou destructifs avec enregistrement de paramètres, avec une densité et une profondeur suffisante).

## 5. Synthèse des risques sur la commune

Sur la commune de Rémalard-en-Perche, les risques naturels suivants ont déjà été répertoriés sur les sites de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement :

GÉNÉRATEURS DE RISQUE	SOURCE D'INFORMATIONS
Les cavités répertoriées ou non répertoriées	Carte dynamique de la DREAL Normandie sur la prédisposition aux risques mouvements de terrain : <a href="https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_mvt.map">https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_mvt.map</a>
Chutes de blocs	
Glissements de terrain	
Retrait-gonflement des argiles	Carte dynamique de la DREAL Normandie sur la prédisposition aux risques inondations : <a href="https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_inondation.map">https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_inondation.map</a>
Débordement de cours d'eau	
Remontée de nappe	

Autres bases d'informations :

- ✓ le site de la Direction générale de la prévention des risques :

<https://www.georisques.gouv.fr> ;

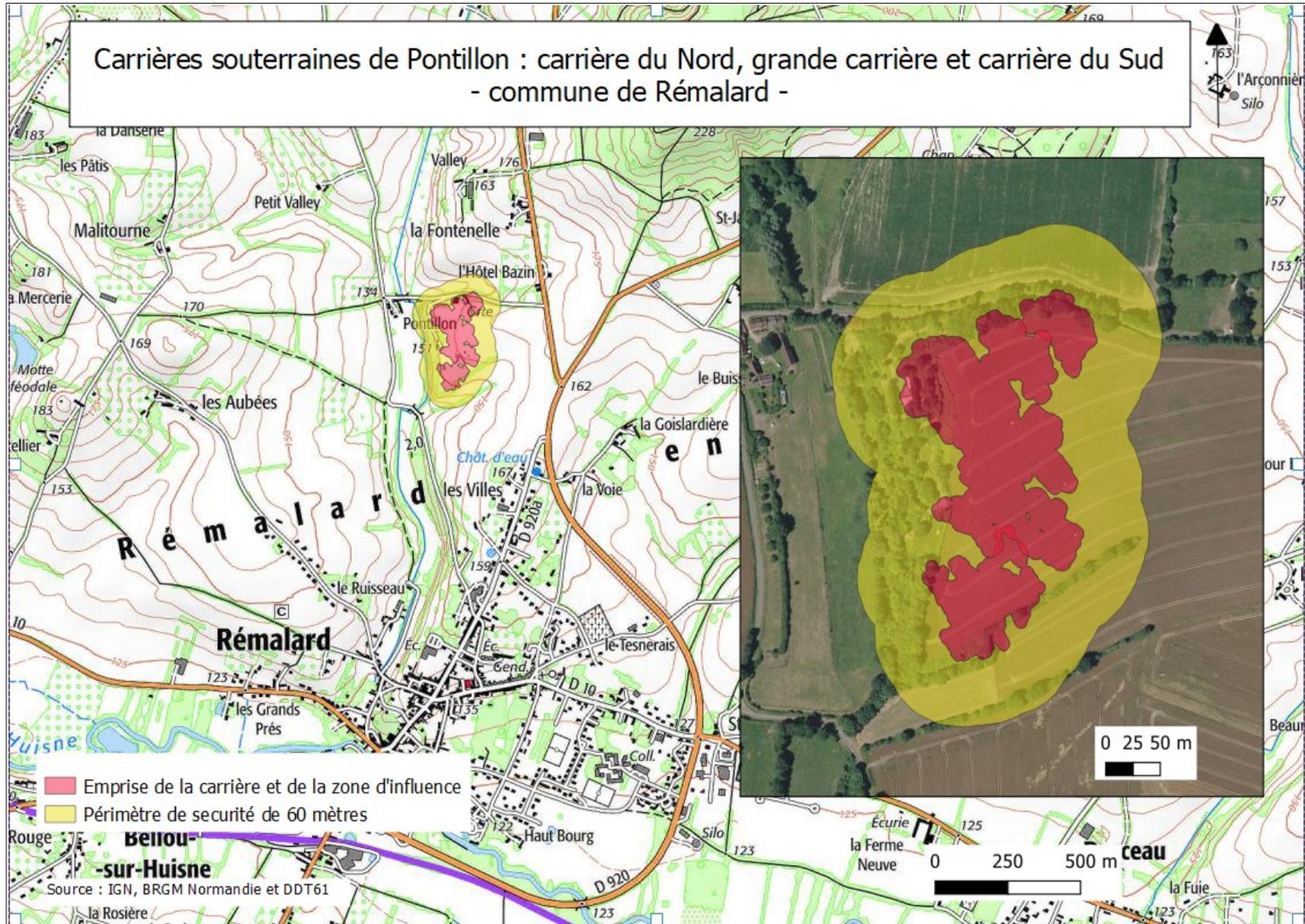
- ✓ le site du Bureau des recherches géologiques et minières :

<http://infoterre.brgm.fr/> ;

- ✓ le site des services de l'État dans l'Orne : <http://www.orne.gouv.fr/prevention-et-gestion-des-risques-naturels-et-r425.html> où les plans de préventions des risques sont consultables et téléchargeables.

## **Annexe 1 : emprise de la carrière et périmètre de sécurité**

Carrières souterraines de Pontillon : carrière du Nord, grande carrière et carrière du Sud  
- commune de Rémalard -



**Annexe 2 : extrait de l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – année 2018 -2020 - BRGM**

## REMALARD (61) – Carrières souterraines de « Pontillon »

NOM USUEL	Carrières souterraines de Rémalard – LD « Pontillon »
DEPARTEMENT	Orne
COMMUNAUTE DE COMMUNES	Perche Rémalardais
N° DE CAVITE DANS LA BASE (A_INDICES_CAVITES)	n°15a, n°15b et n°15c
ID BDCavité - BRGM	BNOAA0000485 - BNOAA0000461 - BNOAA0000460
ID BD DREAL	R25_61345P1 - R25_61345P2 - R25_61345P23 - R25_61345P26
ETAT DE STABILITE	<p>Carrière nord (15a) : <b>BON</b></p> <p>« Grande carrière » (15b) : <b>MEDIOCRE</b></p> <p>Carrière « sud » (15c) : <b>MEDIOCRE</b></p>

### 1. CONTEXTE GENERAL

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines abandonnées des départements de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), mené en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a effectué le levé géométrique et le diagnostic de stabilité de niveau 1 des carrières souterraines abandonnées de Rémalard, situées au lieu-dit « Pontillon ». Les levés géométriques ont été réalisés les 7 et 8 août 2019, et le diagnostic de stabilité entre le 13 octobre et le 20 novembre 2020.

#### a. Situation géographique et géomorphologique

Les carrières souterraines sont situées au lieu-dit « Pontillon », au nord de la commune de Rémalard (Orne) (Illustration 1).

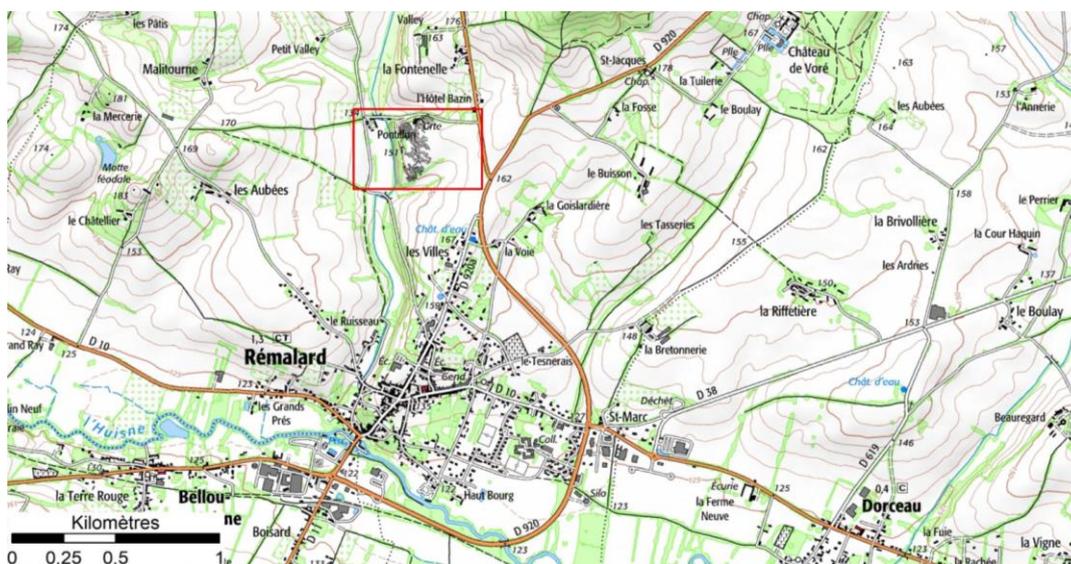


Illustration 1 : Situation des carrières souterraines de « Pontillon » (rectangle rouge) sur la carte topographique du secteur (source : Scan25® de l'IGN)

Il s'agit d'un ensemble de trois cavités (carrière « nord », « grande carrière » et carrière « sud » - cf. 8) creusées dans le versant oriental d'une petite vallée dans laquelle circule le ruisseau de Boiscode, affluent de l'Huisne.

D'un point de vue morphologique, le versant oriental de cette vallée asymétrique est caractérisé par une pente légère mais régulière (2 à 3%), marqué en pied par un abrupt d'une dizaine de mètres de hauteur. La présence de ces « grottes » est mentionnée sur la carte topographique Scan25® du secteur (cf. Illustration 1). Les entrées des carrières sont situées aux coordonnées suivantes (Lambert 93 en mètres) :

- Entrée de la carrière « nord » : X = 535 387 m ; Y = 6 817 989 m ; Z = 149 m NGF ;
- Entrée de la « grande carrière » : X = 535 293 m ; Y = 6 817 901 m ; Z = 151 m NGF ;
- Entrée de la carrière « sud » : X = 535 286 m ; Y = 6 817 742 m ; Z = 148 m NGF.

## b. Situation géologique

D'un point de vue géologique, d'après la carte géologique à 1/50.000 du secteur (n°253 – La Loupe, *Moguedet et al.*, 2000), des cartes géologiques limitrophes et des observations effectuées sur le terrain, les carrières souterraines de Rémalard sont creusées dans les craies cénomaniennes, ici représentées par le faciès de la Craie de Rouen (Cénomaniens moyen – Crétacé supérieur). Il s'agit d'une craie blanche, tendre, peu cohérente, à rares silex de couleur gris bleuté ou noirs, et dont l'épaisseur peut atteindre 25 à 30 m. A l'heure actuelle, le ciel de la cavité est essentiellement représenté par un banc gris-verdâtre, fossilifère, très glauconieux, et à nombreux terriers. Il ne s'agit pas du ciel d'origine, qui était situé quelques décimètres sous ce niveau mécaniquement plus résistant, ce qui a favorisé les décollements. Stratigraphiquement, ce niveau correspond à un hard-ground (niveau induré correspondant à des surfaces d'arrêt de sédimentation), probablement le HG Rouen n°2 ou le HG Rouen n°3.

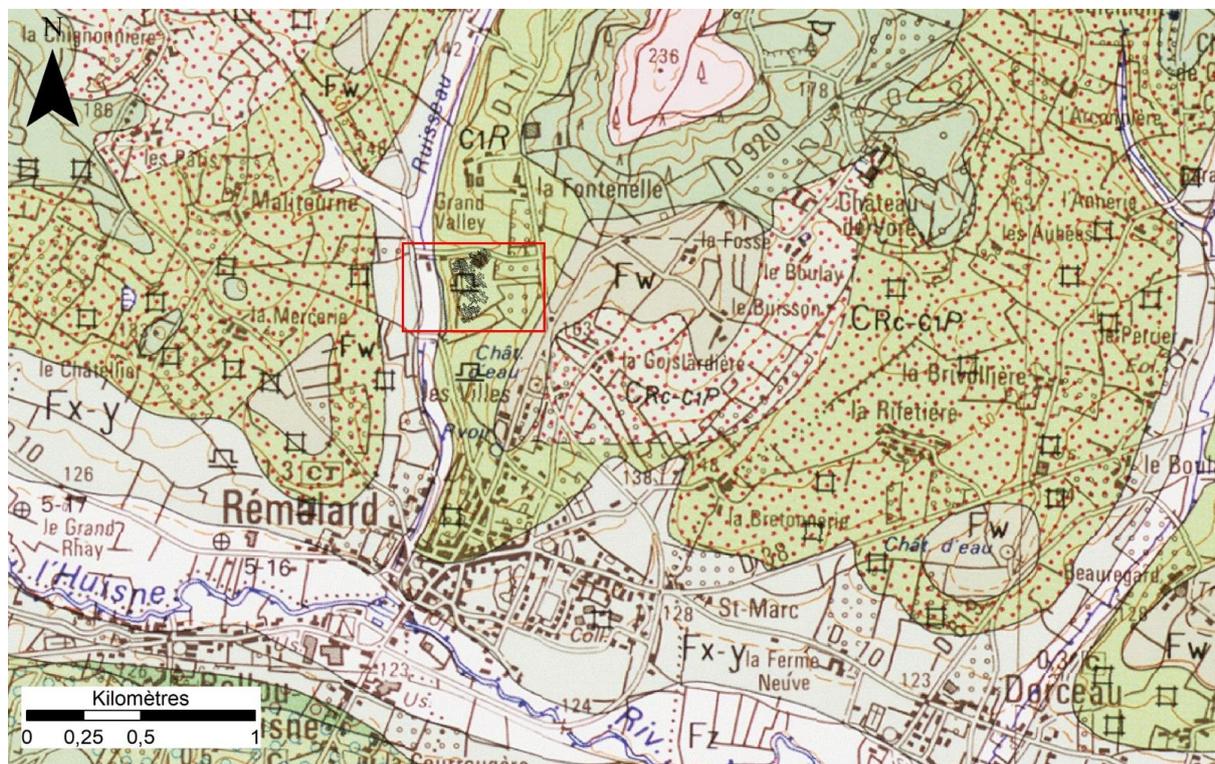


Illustration 2 : Situation des carrières souterraines de « Pontillon » (rectangle rouge) sur un extrait de la carte géologique à 1/50.000 – feuille n°253 (La Loupe) (source : BRGM)

A noter que le massif crayeux dans lequel ont été creusées les carrières de Rémalard présente une complexité singulière, qui semble propre à ce secteur du Perche. En effet, la stratification des bancs de craie présente localement un pendage significatif, et la craie est affectée par un réseau dense de diaclases et de conduits karstiques verticaux, obliques (pendages de l'ordre de 30 à 70°) ou horizontaux, plus ou moins connectés entre eux. Ces conduits karstiques fossiles sont essentiellement comblés d'argiles gris-verdâtres à brunes, glauconieuses et parfois par du sable grossier quartzueux de couleur ocre, analogue aux faciès de la base de la formation des Sables du Perche (Cénomaniens supérieur). Cette densité de fracturation et de karstification explique probablement le fait que la Craie de Rémalard était réputée de qualité inférieure par les bâtisseurs (Moguedet et al., 2000).



Illustration 3 : Vue sur la complexité du massif crayeux dans la « grande carrière », qui présente des pendages et une importante densité de diaclases et de conduits karstiques

### c. Hydrologie / hydrogéologie du site

Les jours des visites, les galeries étaient totalement sèches et aucune trace d'inondations passées n'était visible sur les parements. A noter uniquement la présence de quelques zones isolées de percolations d'eau récurrentes à l'origine de concrétions carbonatées.

D'après le propriétaire de la carrière, présent lors des visites, les infiltrations d'eau depuis le toit de la cavité sont fréquentes lorsque le champs sus-jacent est labouré, et plus rares lorsque ce dernier est en herbage.

### d. Connaissance préexistante des cavités

L'ensemble des carrières souterraines situées au lieu-dit « Pontillon » sont bancarisées dans les principales bases de données relatives aux cavités souterraines. Ainsi, 4 indices sont recensés dans la base de données de la DREAL (indices R25\_61345P1, R25\_61345P2, R25\_61345P23 et R25\_61345P26). Ils correspondent respectivement aux identifiants BNOAA0000460, BNOAA0000461, BNOAA0000482 et BNOAA0000485 de la BDCavité du BRGM (<http://georisques.gouv.fr>).

Ces indices proviennent de sources diverses (inventaire de la mairie pour l'indice BNOAA00000485, archives départementales de l'Orne (cadastre napoléonien) pour les indices BNOAA0000460 et 461, et carte géologique à 1/50.000 pour l'indice BNOAA0000482).

Les nouvelles données de terrain (plans, coordonnées des accès etc.) ont donc permis de mettre à jour les fiches de la BDCavité du BRGM :

- La cavité BNOAA0000485 a été associée à la carrière « nord ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement précis de la descenderie située le long de la voie communale ;
- La cavité BNOAA0000461 a été associée à la « grande carrière ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement précis de la descenderie ;
- La cavité BNOAA0000460 a été associée à la carrière « sud ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement de la descenderie ;
- L'indice de cavité BNOAA0000482 correspond à un doublon (source d'information : carte géologique) et a donc été supprimé.

### e. Données historiques sur l'exploitation

D'après deux déclarations manuscrites retrouvées dans les archives départementales de l'Orne (série S-1153), à partir desquelles ont été recensés les indices BNOAA0000460 (carrière « sud ») et BNOAA0000461 (« grande carrière »), l'activité extractive était en cours en 1869, puisqu'un certain M. Cogniau, un maçon du village de Pontillon, déclare le 30 juillet 1869 « *exploiter pour les besoins de mon métier une carrière située sous une pièce de terre [...]. La masse à extraire est le tuffeau mou dans lequel se trouve mêlé un peu de silex. Ce tuffeau est recouvert d'une couche de pierre très dure qui ne peut être travaillée, laquelle a une épaisseur de sept mètres sous trois mètres d'épaisseur de terre. Cette carrière s'exploite par galeries souterraine* ».

Deux plans sommaires sont joints à cette déclaration, et leur confrontation avec le cadastre napoléonien de 1827 (série 3P2-345) indique qu'il s'agit soit de la « Grande carrière » et de la carrière « sud », soit de deux entrées différentes à la « Grande carrière » (hypothèse tout à fait plausible d'après les observations en souterrain) (Illustration 4).

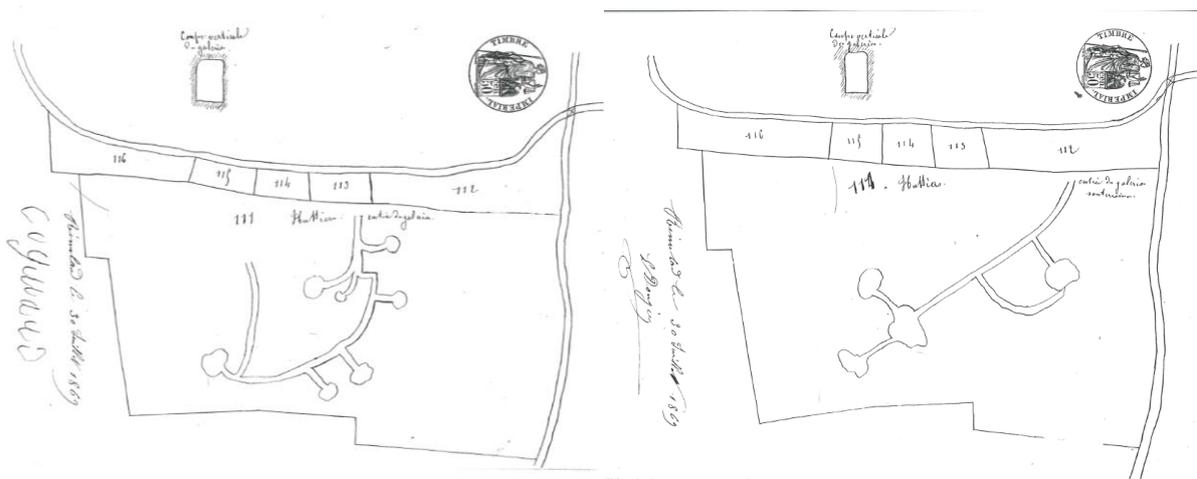


Illustration 4 : Plans sommaires joints aux déclarations du 30 juillet 1869, qui mentionnent la carrière « sud » (à gauche) et la « grande carrière » à droite. La route à droite des images est celle qui relie la RD11 au bourg de Pontillon. La carrière « nord » n'est pas mentionnée

Toutefois, il n'est pas certain que le début de l'exploitation de la pierre à Pontillon date de 1869, puisque ce document d'archive ne mentionne pas l'« ouverture » de la carrière, mais uniquement son « exploitation ». Son origine remonte probablement au XVII<sup>ème</sup> ou au XVIII<sup>ème</sup> siècle, période où apparaît la craie dans les principaux bâtiments de la région.

L'exploitation s'est poursuivie jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, *a minima* jusqu'au 21 juillet 1886, date à laquelle le service des mines et carrières de l'Orne a rédigé un procès-verbal qui fait état d'un « *ouvrier tué dans un éboulement, Rémalard* » (archives départementales de l'Orne – série S1095). Nous n'avons pas d'informations complémentaires sur cet événement. A noter que cette exploitation n'apparaît pas dans le « répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 », rédigé par le Ministère des travaux public en 1890. Il est donc vraisemblable que l'activité extractive se soit terminée entre 1886 et 1889. A noter que la carrière « nord » n'est pas mentionnée dans ces archives, mais plusieurs photographies de son entrée ont été retrouvées. Les dates précises des prises de vues sont inconnues, mais datent probablement du début du XX<sup>ème</sup> siècle. Elle était donc déjà ouverte à cette époque.

Suite à l'exploitation de la pierre, les terrains situés devant les descenderies ont été occupés par des roseraies, puis les galeries ont été utilisées comme champignonnières, probablement depuis la fin de la 2<sup>ème</sup> Guerre mondiale et jusqu'en 2012.



Illustration 5 : Photographies anciennes des entrées de la carrière « nord » à gauche (dite belle carrière de la Gaieté) et descenderie de la « grande carrière » à droite (dates inconnues)



Illustration 6 : Entrée de la « belle carrière de la Gaieté », qui correspond à la carrière « nord » (date inconnue)

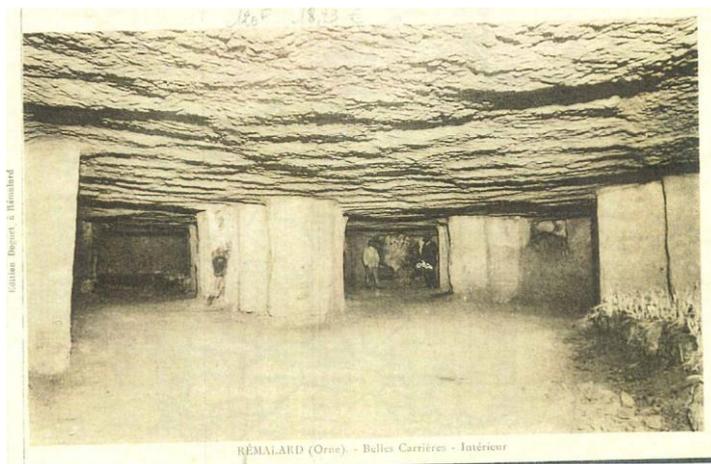


Illustration 7 : Intérieur de la « belle carrière », qui correspond à la carrière « nord » (date inconnue)

## 2. ENVIRONNEMENT DE LA CARRIERE SOUTERRAINE

### a. Environnement de surface / enjeux

Les carrières souterraines sous-cavent essentiellement des terres agricoles, situées sur les parcelles ZC 0016 et ZC 0017. Seule la partie nord de la carrière « nord » est localisée sous la petite route départementale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Au droit des zones explorées, il s'agit du seul enjeu « matériel » connu en surface.

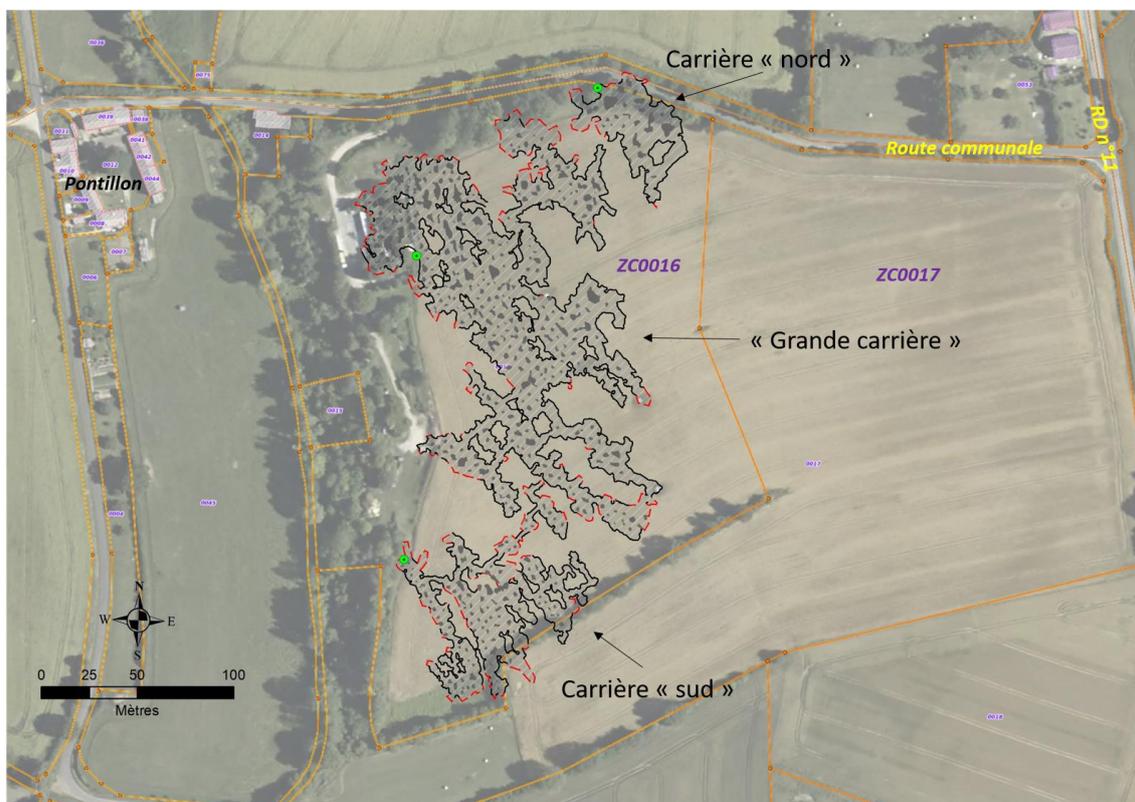


Illustration 8 : Environnement de surface de la carrière souterraine de Pontillon (avec ses trois « sous-carrières ») sur l'orthophoto et le cadastre (IGN). Les limites en tiretés rouges correspondent à des limites supposées, au-delà desquelles des vides non cartographiés existent vraisemblablement. Les différentes entrées sont représentées par les points verts

Cet ensemble de cavités est régulièrement visité par les membres du Groupe Mammalogique Normand dans le cadre du suivi des populations de chauves-souris, ce qui constitue donc un enjeu.

Enfin, soulignons que l'emprise cartographiée par le BRGM en 2019 ne correspond pas à l'emprise originelle de l'exploitation, qui était plus vaste. De nombreux secteurs remblayés et/ou éboulis, actuellement inaccessibles, masquent la présence de galeries aujourd'hui aveugles. Ces limites « supposées » sont représentées sur le plan de la carrière par des tirets rouges (cf. Illustration 8).



Illustration 9 : Environnement de surface au droit des vides (parcelle ZC0017)

## **b. Présence de chiroptères**

D'après le Groupe mammalogique Normand, ces trois carrières abritent de nombreux individus de chauves-souris, et sont régulièrement visitées par le Groupe Mammalogique Normand pour y effectuer des comptages. La carrière « sud » est occupée par une colonie de grands rhinolophes. Plus d'une centaine d'individus étaient présents lors du diagnostic (réalisé en présence du GMN).

## **c. Informations diverses**

La « grande carrière » de Rémalard a été exploitée comme champignonnière jusqu'en 2012. De fait, de nombreuses traces de cette activité sont encore visibles, et notamment des bâches plastiques qui limitent l'accès à certains secteurs.

Cinq puits d'aérage ont été repérés en souterrain et retrouvés en surface. Ces puits sont plus ou moins sécurisés (cf. chapitre 3 – état des puits). Ils ont été notamment utilisés pour contrôler le géo-référencement des plans des galeries.

Enfin, l'affleurement situé au-dessus de l'entrée de la carrière « nord » est référencé dans l'inventaire du patrimoine géologique de Normandie sous la référence BNO0049 (<http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/GEOL/BNO-0049f.pdf>). Il présente un intérêt patrimonial évalué à 1 étoile sur 3.

### **3. INSPECTION DES SOUTERRAINS / DIAGNOSTIC DE STABILITE**

#### **a. Rappel des méthodes employées**

Les levés géométriques ont été réalisés par le BRGM les 7 et 8 août 2020. La méthode employée est celle du scanner laser portatif « ZEB-REVO » avec un protocole expérimental développé par le BRGM (cf. rapport méthodologique). Les nuages de points obtenus ont été géoréférencés à partir de repères en surface, positionnés au GPS avec une précision centimétrique. Ces levés ont permis d'élaborer un plan de détail de la carrière, qui à notre connaissance, correspond au premier plan réalisé pour cette vaste cavité. En outre, les levés 3D ont été utilisés pour réaliser les plans des hauteurs de vides, de l'altitude du plancher et du toit de la carrière (cf. annexes).

Les visites pour effectuer le diagnostic de stabilité ont été effectuées en deux temps : du 13 au 15 octobre 2020, puis du 17 au 20 novembre 2020. Le diagnostic est de niveau 1 suivant le IFSTTAR (2014) et la méthode employée est détaillée dans le chapitre 4 du corps de texte principal du rapport.

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

Le site de « Pontillon » est constitué d'un ensemble de trois carrières souterraines localisées sous les parcelles ZC 0016 et ZC 0017 (Illustration 8). D'après nos observations, ces trois carrières étaient jadis connectées les unes aux autres, mais actuellement, les galeries de « liaisons » sont en grande partie remblayées et/ou éboulées, ce qui limite d'une part le passage de l'une à l'autre et d'autre part l'accessibilité de certaines zones. Il s'agit de :

- La carrière « nord » (n°15a), accessible par une petite descenderie située le long de la voie communale qui relie la RD n°11 au bourg de Pontillon. L'accès à cette carrière est fermé par une porte ;
- La « grande carrière » (n°15b), accessible par une descenderie située sur la parcelle ZC 0016. L'accès à cette carrière est fermé par une porte ;
- La carrière « sud » (n°15c), accessible depuis une descenderie située à la limite entre les parcelles ZC 0016 et ZC 0017. L'accès à cette carrière est ouvert.

A noter que les trois accès sont tous situés sur des parcelles privées.



Illustration 10 : Vues sur les trois entrées par descenderie (en haut à gauche : « Grande carrière », en haut à droite : carrière « sud », en bas : carrière « nord »)

Ces trois carrières souterraines ont été exploitées selon la technique des « chambres et piliers », pour l'extraction de pierre à bâtir et probablement pour la production de marne pour l'amendement des terres agricoles et/ou pour la fabrication de la chaux. L'extraction des matériaux a été réalisée manuellement au pic, comme en témoignent encore les traces visibles sur les parements et les piliers, ou sur le toit lorsqu'il s'agit du toit originel. La géométrie de la carrière présente des piliers disposés de façon irrégulière et qui présentent des tailles et des géométries très variables.

Les données géométriques principales à retenir concernant cet ensemble de trois carrières souterraine sont les suivantes :

- Nombre d'accès : **3** accès principaux pour chaque carrière (non sécurisés)
- Nombre de niveau(x) : **1**
- Nombre de puits ouvert(s) en surface : **5**
- Nombre total de piliers : **427**
  - o Carrière « nord » : **23**
  - o « Grande carrière » : **304**
  - o Carrière « sud » : **100**
- Superficie des vides (*surface exploitée pour les 3 carrières*) : **de l'ordre de 17 000 m<sup>2</sup>**
  - o Carrière « nord » : **~ 1560 m<sup>2</sup>**

- « Grande carrière » : ~ **11 730 m<sup>2</sup>**
- Carrière « sud » : ~ **3710 m<sup>2</sup>**
- Taux de défrètement moyen (*rapport entre les vides et la surface totale*) : **91 %**
  - Carrière « nord » : **89 %**
  - « Grande carrière » : **91 %**
  - Carrière « sud » : **94 %**
- Moyennes des hauteurs de vide : **1,8 m**
  - Carrière « nord » : **1,8 m**
  - « Grande carrière » : **2,1 m**
  - Carrière « sud » : **1,6 m**
- Volume approximatif (*pour l'ensemble des 3 carrières*) : **de l'ordre de 31 000 m<sup>3</sup>**
- Epaisseurs de recouvrement :
  - Carrière « nord » : **1 – 14 m** (moyenne : 6,5 m)
  - « Grande carrière » : **0,9 – 15 m** (moyenne : 8,2 m)
  - Carrière « sud » : **0 – 10 m** (moyenne : 5,2 m)



Illustration 11 : « Paysages » typiques dans les 3 carrières souterraines de Pontillon – En haut : Carrière « sud » ; au milieu : « Grande carrière » ; en bas : Carrière « nord »

### c. Etat géotechnique

D'un point de vue général, l'état de stabilité des carrières souterraines peut être qualifié de **bon** à **médiocre** selon les secteurs. Pour plus de clarté et de précision dans les descriptions, les trois cavités seront traitées indépendamment.

#### **Etat des piliers**

Au total, 427 piliers ont été identifiés et décrits dans le réseau souterrain de « Pontillon », dont plus de la moitié sont affectés de fractures mécaniques. Parmi ces piliers fracturés, 53 présentent un état de dégradation avancée (piliers traversés de grosses fractures mécaniques, très écaillés ou en « diabolo »), et 4 sont en état de post-rupture. Il apparaît donc qu'une majorité des piliers sont sous-dimensionnés vis-à-vis des contraintes mécaniques verticales exercées par le recouvrement. La mise sur plan de l'état de chaque pilier, selon 4 classes (sain, fracturé / écaillé, très fracturé / en diabolo et post-rupture) a permis d'identifier 5 secteurs où se côtoient plusieurs piliers en mauvais état. Ces secteurs constituent des zones « sensibles », potentiellement instables, dans la mesure où la ruine de l'un des piliers entraînerait très probablement la ruine ou la dégradation des piliers alentours. La ruine simultanée de plusieurs piliers pourrait engendrer d'importants désordres au fond et en

surface, de type affaissement ou effondrement généralisé. Ces secteurs « sensibles », nommés secteur A à secteur E, ont été reportés sur le plan en Illustration 12.

A noter que d'autres piliers très fracturés mécaniquement, mais entourés de piliers en état correct, ont été observés en dehors de ces zones sensibles.

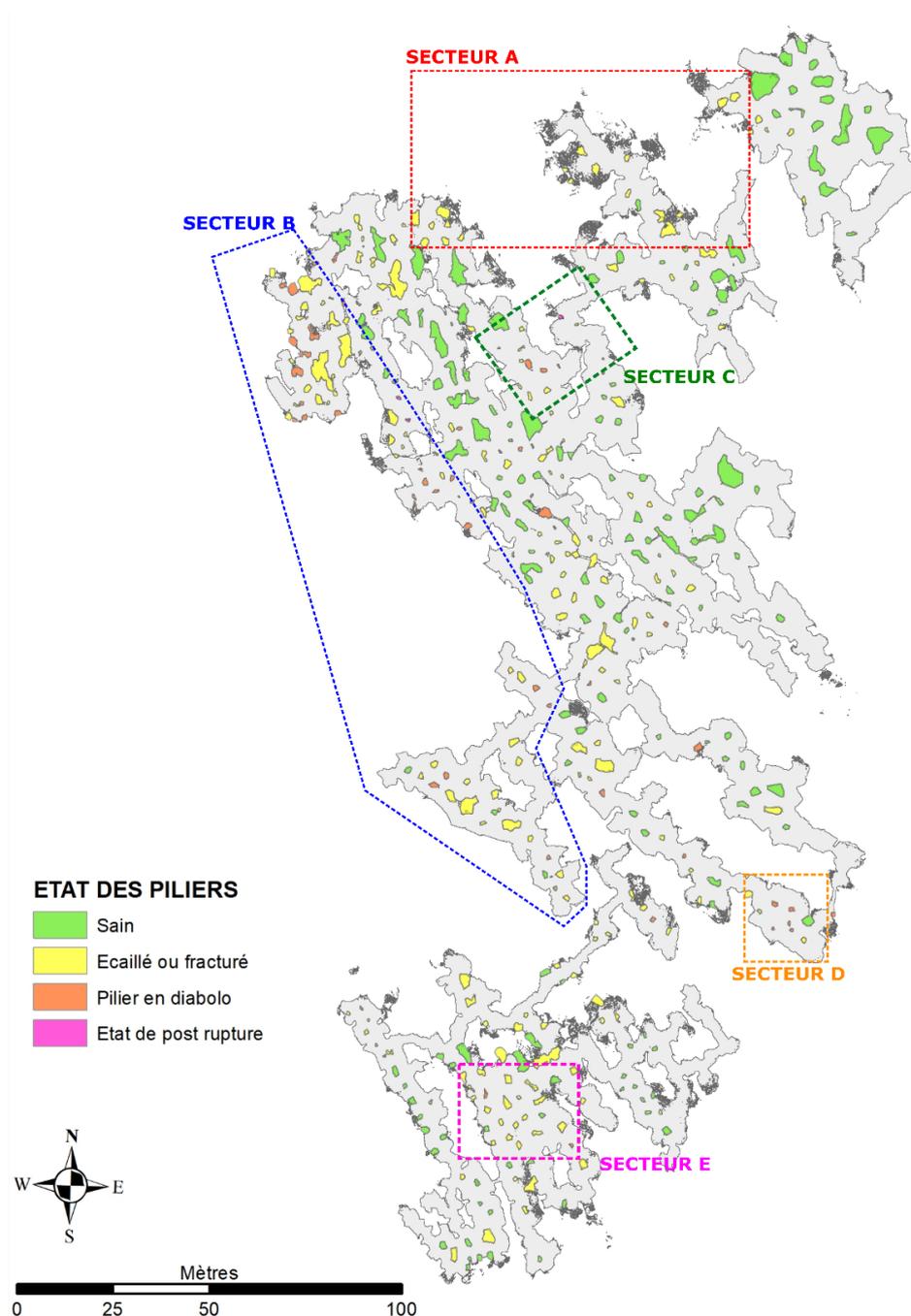


Illustration 12 : Principaux secteurs de piliers en mauvais état

- **Carrière « nord »**

La stabilité des piliers de la carrière « nord » est globalement satisfaisante, puisque sur les 23 piliers identifiés, 16 sont en bon état, et 7 sont affectés de fractures mécaniques. Ces 7 piliers fracturés présentent les sections les plus réduites. Ils sont tous localisés dans la partie ouest

de la cavité, à proximité des secteurs remblayés qui se prolongent vers l'extrémité nord de la « grande carrière » (secteur A sur le plan en Illustration 12).

- « Grande carrière »

L'état de stabilité des piliers de la « grande carrière » varie selon les secteurs. C'est dans la partie ouest de la carrière, suivant une « bande » globalement orientée NO-SE, que se situent les piliers les plus fracturés, et plus particulièrement dans le secteur nord-ouest, à l'emplacement des accès dont certains sont aujourd'hui comblés et/ou effondrés (secteur B sur Illustration 12). Dans ce secteur, les piliers sont tous affectés de fractures mécaniques plus ou moins développées et importantes, et trois d'entre eux sont dans un état très précaire. Il s'agit des piliers P279 et P280, tous deux situés directement à l'entrée actuelle de la cavité et en partie confortés « artisanalement » pour limiter les écaillages, ainsi que le P101 totalement ruiné (cf. Illustration 13). A noter que les confortements des piliers P279 et P280 n'ont pas été réalisés dans les règles de l'art, ce qui les rend vraisemblablement totalement inopérants.



*Illustration 13 : En haut, vue sur deux piliers en très mauvais état à l'entrée actuelle de la « grande carrière » (pilier P279 à gauche, et P280 à droite). En bas, vue le pilier P101 en état de post-rupture (pilier foudroyé)*

Le second secteur « sensible » vis-à-vis de la stabilité des piliers est localisé dans la partie centrale de la cavité (secteur C sur l'illustration 12). Il regroupe plusieurs piliers de section réduite, tous fracturés ou très fracturés mécaniquement. L'un de ces piliers est en état de post-rupture (pilier P155) et est totalement désolidarisé du toit. Il est actuellement soutenu de façon

précaire par des remblais et par des barres métalliques installées par l'actuel propriétaire (Illustration 14).



*Illustration 14 : Vue sur le pilier P155 désolidarisé du toit et maintenu par des remblais et des barres métalliques*

Enfin, plusieurs petits piliers très fracturés mécaniquement se côtoient à l'extrémité sud-est de la « grande carrière » (secteur D sur l'illustration 12). Dans ce secteur, l'épaisseur du recouvrement dépasse 10 m.

- **Carrière « sud »**

La majorité des piliers identifiés dans la carrière « sud » sont fracturés mécaniquement. La partie centrale de cette carrière (secteur E sur l'illustration 12) correspond au point le plus « sensible » vis-à-vis de la stabilité des piliers puisque tous les piliers de ce secteur présentent des sections réduites et tous sont affectés de fractures mécaniques plus ou moins importantes. Deux d'entre eux sont dans un état de dégradation avancé (P340 et P355).



*Illustration 15 : Exemple du pilier P340 très fracturé mécaniquement*

### **Etat de la voûte et fracturation**

Dans la majeure partie du réseau souterrain de Rémalard, le ciel de la carrière est constitué par un banc gris-verdâtre glauconieux irrégulier, induré, de type « hard-ground » (cf. chapitre b). Ce banc ne correspond pas au ciel originel de l'exploitation, qui était situé quelques décimètres sous ce niveau glauconieux, ce qui a vraisemblablement favorisé les décollements et les chutes de toit. De nombreux phénomènes de ce type, plus ou moins évolués et récents, ont été observés dans divers secteurs de la carrière. Le ciel originel n'est quant à lui visible qu'en de rares endroits géotechniquement plus stables.

D'autre part, le massif crayeux dans lequel ont été creusées les carrières de Rémalard est concerné par un dense réseau de conduits karstiques et de diaclases, plus ou moins interconnectées et remplies de matériaux argileux ou sableux. Dans certains secteurs, cette densité de fracturation est à l'origine d'instabilités de toit ou d'écaillages isolés parfois volumineux.

- **Carrière « nord »**

L'essentiel du ciel de la carrière « nord » est constitué par le niveau induré glauconieux irrégulier, le toit d'origine (repérable grâce aux traces de pic) n'étant visible que dans une petite moitié sud. Le secteur d'affleurement du banc glauconieux est associé à une « zone d'instabilités diffuses », caractérisée par la présence de nombreuses petites écailles centimétriques à décimétriques plus ou moins décollées du toit. Localement, cette « zone d'instabilités diffuses » est également marquée par la présence d'instabilités ponctuelles plus volumineuses, décimétriques ou métriques (notées E sur le plan détaillé du diagnostic), qui présentent un danger pour les intervenants en souterrain (Illustration 16). Ce type d'instabilité est absent des secteurs où est encore présent le ciel originel, plutôt marqué par de grandes fissures mécaniques voire de décollements de 1<sup>er</sup> banc.

Au total, l'examen du ciel de la carrière « nord » a permis d'identifier 18 instabilités de toit « surfaciques », et 20 instabilités ponctuelles de type « écailles ou blocs instables ». Une seule zone de remontée de voûte est visible dans le sud de la carrière. Cette instabilité est associée au passage d'un large conduit karstique (F"4 sur le plan détaillé du diagnostic), ponctuellement associé à un conduit karstique vertical colmaté d'argile marron. Le déboufrage partiel de ce conduit karstique est à l'origine d'une petite remontée de fontis circulaire (D"17).



*Illustration 16 : Vue sur la « zone d'instabilités diffuses » dans la partie nord de la carrière « nord », caractérisée par la présence de petites écailles (flèches rouges) et d'instabilités ponctuelles volumineuses (ellipse rouge)*



*Illustration 17 : Instabilité de type « chute de 1<sup>er</sup> banc de toit » dans la carrière « nord » (flèche bleue) associée à des petits décollements (flèches rouges). A noter que dans la partie gauche de la photo, le ciel est constitué par le niveau glauconieux verdâtre propice aux instabilités. Le toit originel, plus régulier et marqué par les traces de pics, est visible dans la partie droite de la photo*

Enfin, à l'instar du reste du réseau de Rémalard, la carrière « nord » est concernée par de nombreux conduits karstiques verticaux, obliques ou horizontaux, plus ou moins ouverts et interconnectés, généralement remplis de matériaux argileux ou sableux. Ces conduits karstiques sont associés à des diaclases naturelles, peu ouvertes, disposées parfois en « relais » entre deux fractures plus importantes. Suivant leur disposition dans la carrière, ces fractures ont conditionné le développement d'instabilités surfaciques (décollements, chutes de toit) ou ponctuelles (écaillages etc.). Toutes ces structures suivent une orientation globalement NNO-SSE. Lorsque l'épaisseur de recouvrement est faible (extrémité nord de la cavité), ces fractures sont soulignées par un important développement de radicules, ce qui favorise les infiltrations d'eau depuis la surface.

- **Grande « carrière »**

Le ciel de la « grande carrière » est partout représenté par le niveau induré glauconieux. Le ciel originel n'est plus visible, ce qui explique que l'ensemble des galeries soit concerné par de nombreuses instabilités plus ou moins évoluées et plus ou moins volumineuses :

- Les instabilités « peu évoluées » sont courantes et visibles dans toutes les galeries. Elles peuvent être surfaciques (essentiellement des décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit ou des chutes de toit) ou ponctuelles (écaillages ou blocs isolés décimétriques à métriques situés au toit ou sur les parements). Ces instabilités ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface, mais présentent un danger non négligeable pour les intervenants en souterrain ;
- Les instabilités plus évoluées (de type remontées de voûte ou cloche de fontis) sont rares et principalement localisées au niveau des anciens accès et des secteurs inaccessibles situés dans la partie nord / nord-ouest de la cavité. A la différence des instabilités « peu évoluées », ces phénomènes pourraient être à l'origine de désordres en surface.

L'examen du toit de la « grande carrière » a permis d'identifier 166 instabilités surfaciques (notées D sur le plan détaillé du diagnostic) et 107 instabilités ponctuelles de type « écaillages » ou blocs isolés (notées E sur le plan détaillé du diagnostic).



*Illustration 18 : Remontée de cloche de fontis (D19) dans la « grande » carrière de Rémalard*

D'autre part, le toit de la carrière est concerné par un dense réseau de conduits karstiques et de diaclases. Ces fractures naturelles sont verticales ou présentent des pendages de 30° à 70°, et suivent toute une orientation globalement NNO-SSE (N130° à N150°). Elles sont généralement ouvertes (de quelques centimètres à plus d'1 mètre), remplies de matériaux argileux ou sableux, et parfois soulignées par un important développement racinaire lorsque l'épaisseur de recouvrement est faible (Illustration 19).



*Illustration 19 : Important développement racinaire dans un petit conduit karstique situé dans le secteur nord-ouest de la « grande carrière », où le recouvrement est peu épais (fracture F31)*

Le réseau karstique de la carrière de Rémalard est très complexe, et est à rapprocher de celui observé pour la présente étude dans les carrières de Maisoncelle ou du Clos-Saint-Marc (commune de Cour-Maugis-sur-Huisne). Les conduits karstiques présentent en effet

d'importantes variations d'ouverture, d'orientation et parfois de pendage, et cela sur quelques mètres à décimètres de distance, ce qui rend difficile de les suivre. Les conduits verticaux peuvent être interconnectés via de petits « relais » et sont souvent associés à des conduits horizontaux ou subhorizontaux ou des « puits » karstiques verticaux comblés d'argile. Cette densité de fracturation et de karstification favorise les instabilités. Les développements karstiques importants ont été notés *K* sur le plan détaillé du diagnostic.

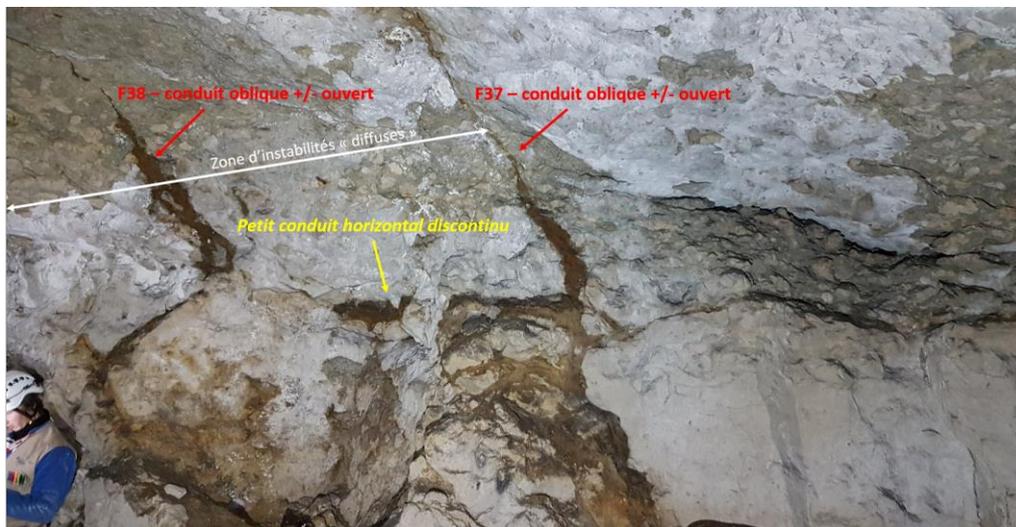


Illustration 20 : Exemple de forme karstique complexe dans la « grande carrière », associée à une « zone d'instabilité diffuse » entre F37 et F38

- **Carrière « sud »**

La carrière « sud » présente un état de stabilité globalement similaire à celui de la « grande carrière », à savoir médiocre. Ces deux cavités étant d'ailleurs connectées. Le toit d'origine n'est plus visible et est partout représenté par le niveau glauconieux irrégulier. Les instabilités de toit sont essentiellement caractérisées par des décollements de 1<sup>er</sup> banc, localement par des chutes de toit (notamment dans le secteur sud-est) et par des instabilités ponctuelles décimétriques à métriques. Au total, l'examen du toit de la carrière « sud » a permis d'identifier 10 instabilités ponctuelles (écaillages isolés ou blocs instables) et 39 instabilités de type « décollements de 1<sup>er</sup> banc » ou « chutes de toit ». Aucune remontée de voûte ou cloche de fontis n'a été constatée.

Cette carrière est traversée en son centre par un « faisceau » de fractures, large d'une vingtaine de mètres environ, et qui correspond à un ensemble de diaclases et de conduits karstiques comblés de matériaux argileux, d'ouverture pluridécimétrique, à pendage de 60° à 70° SO. Dans ce « faisceau », la craie est plus altérée, traversée de multiples petits conduits argileux ou limoneux. Cet état de fracturation / karstification a favorisé la présence de « zones d'instabilités diffuses », caractérisées par de nombreuses petites écaillages isolées au toit et sur les parements. D'autre part, la densité de fracturation augmente à mesure que l'on se rapproche de l'extrémité sud-ouest de la carrière, à proximité d'anciennes entrées actuellement remblayées. Ces fractures suivent toujours une orientation NNO-SSE, et sont à l'origine de décollements de 1<sup>er</sup> banc, voire de chutes de toit.



*Illustration 21 : Vue sur une « zone d'instabilité diffuse » liée au passage de plusieurs conduits karstiques orientés NNO-SSE et associés à de multiples petits conduits horizontaux ou obliques (zone d'instabilité D'29)*

### **Etat des entrées**

Les fronts de taille dans lesquelles sont creusées les entrées sont marquées par la présence d'instabilités ponctuelles centimétriques à pluridécimétriques qui peuvent présenter un danger pour les visiteurs.

### **Etat des puits**

Cinq puits ont été identifiés en souterrain, et tous ont été retrouvés en surface. Ils sont sécurisés en tête et *a priori* semblent stables vis-à-vis d'un éventuel phénomène de rupture de tête de puits.

## **4. POINTS SENSIBLES ET ZONES DE DANGER**

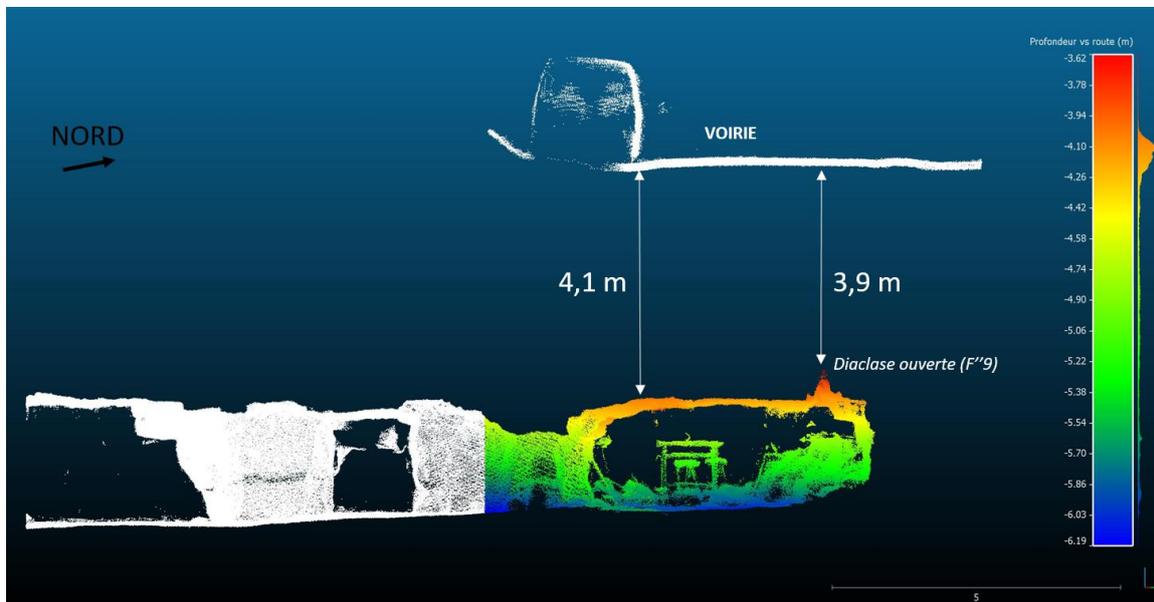
Les « points sensibles » identifiés dans les trois carrières souterraines sont essentiellement liés à la présence de piliers en mauvais état. Il s'agit de 5 secteurs (nommés A à E – cf. c) qui regroupent plusieurs piliers voisins très fracturés mécaniquement, écaillés ou en diablo. Dans ces secteurs, la ruine de l'un des piliers entraînerait très probablement la ruine des piliers alentours, ce qui pourrait favoriser l'occurrence de désordres en surface (affaissements ou effondrements, voire effondrement généralisé).

Concernant l'état de la voûte, 5 cloches de fontis ont été observées, dont 4 sont situées dans le secteur nord-ouest de la « grande carrière ». Les épaisseurs de recouvrement y sont faibles (de l'ordre de 1 à 3 m), ce qui n'exclut pas qu'elles puissent débousser en surface à plus ou moins court terme. La cloche de fontis D'17, liée au déboussage en cours d'un conduit karstique vertical, est également à l'origine d'un amincissement non négligeable du recouvrement. En cas d'évolution, cette instabilité pourrait générer un effondrement localisé en surface.

Enfin, les galeries situées à l'extrémité nord de la carrière « nord » sous-cavent la petite route communale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». D'après les levés 3D, l'épaisseur de

recouvrement y varie de 3 à 4 m (Illustration 22 et Annexe 5). A noter qu'au-delà de la route départementale, en souterrain une partie des galeries est remblayée et inaccessible. Il s'agit donc d'un point sensible qu'il conviendra de surveiller.

Enfin, l'ensemble des instabilités repérées en souterrain constituent un danger potentiel pour les intervenants en souterrain. Elles sont réparties dans toutes les galeries.



*Illustration 22 : Coupe dans le nuage de points en 3D au niveau de l'extrémité nord de la carrière « nord ». Dans ce secteur, la petite route communale est sous-cavée par des galeries parfois comblées, avec des épaisseurs de recouvrement faibles (3,5 à 5 m)*

## 5. PLANS DETAILES DES DIAGNOSTICS – RELEVES DES DESORDRES

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « nord » ont été compilées sur le plan en Illustration 24.

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « Grande Carrière » ont été compilées sur le plan en Illustration 25.

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « sud » ont été compilées sur le plan en Illustration 26.

Pour les trois plans, la légende est présentée ci-dessous (Illustration 23).

## Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – années 2018-2020

<p><b>Informations géométriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Accès</li> <li> Contour fini (front de taille)</li> <li> Extension probable</li> <li> Murs maçonnés / cloisons</li> <li> Emprise (surface de vides)</li> <li> Zones de remblais</li> </ul> <p><b>Informations géographiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Courbes de niveau (5 m - NGF)</li> <li> Courbes de niveau (1 m - NGF)</li> </ul>	<p><b>Etat qualitatif des piliers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Etat de post rupture</li> <li> Pilier en diabolo ou très fracturé</li> <li> Fracturé ou écaillé</li> <li> Sain</li> </ul> <p><b>Instabilités de toit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Fontis ouvert en surface</li> <li> Cloche de fontis</li> <li> Ebauche de cloche de fontis</li> <li> Chute de 1er banc de toit</li> <li> Décollement de 1er banc</li> <li> Zone d'instabilités diffuses</li> </ul> <p><b>Fractures</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Conduit karstique</li> <li> Diaclase</li> <li> Fractures mécaniques</li> </ul>	<p><b>Instabilités ponctuelles (blocs / écailles)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Centimétrique</li> <li> Décimétrique</li> <li> Métrique</li> <li> Décamétrique</li> </ul> <p><b>Observations diverses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Blocs au sol</li> <li> Suintements / infiltrations d'eau</li> <li> Concrétions carbonatées liées à des infiltrations récurrentes</li> <li> Conduit karstique</li> <li> Racines végétales ou radicelles</li> <li> Autre élément remarquable</li> <li> Secteur de cavité non accessible car remblayée / effondrée / ennoyée etc.</li> </ul>
--	--	--

*Illustration 23 : Légende des plans des diagnostics*



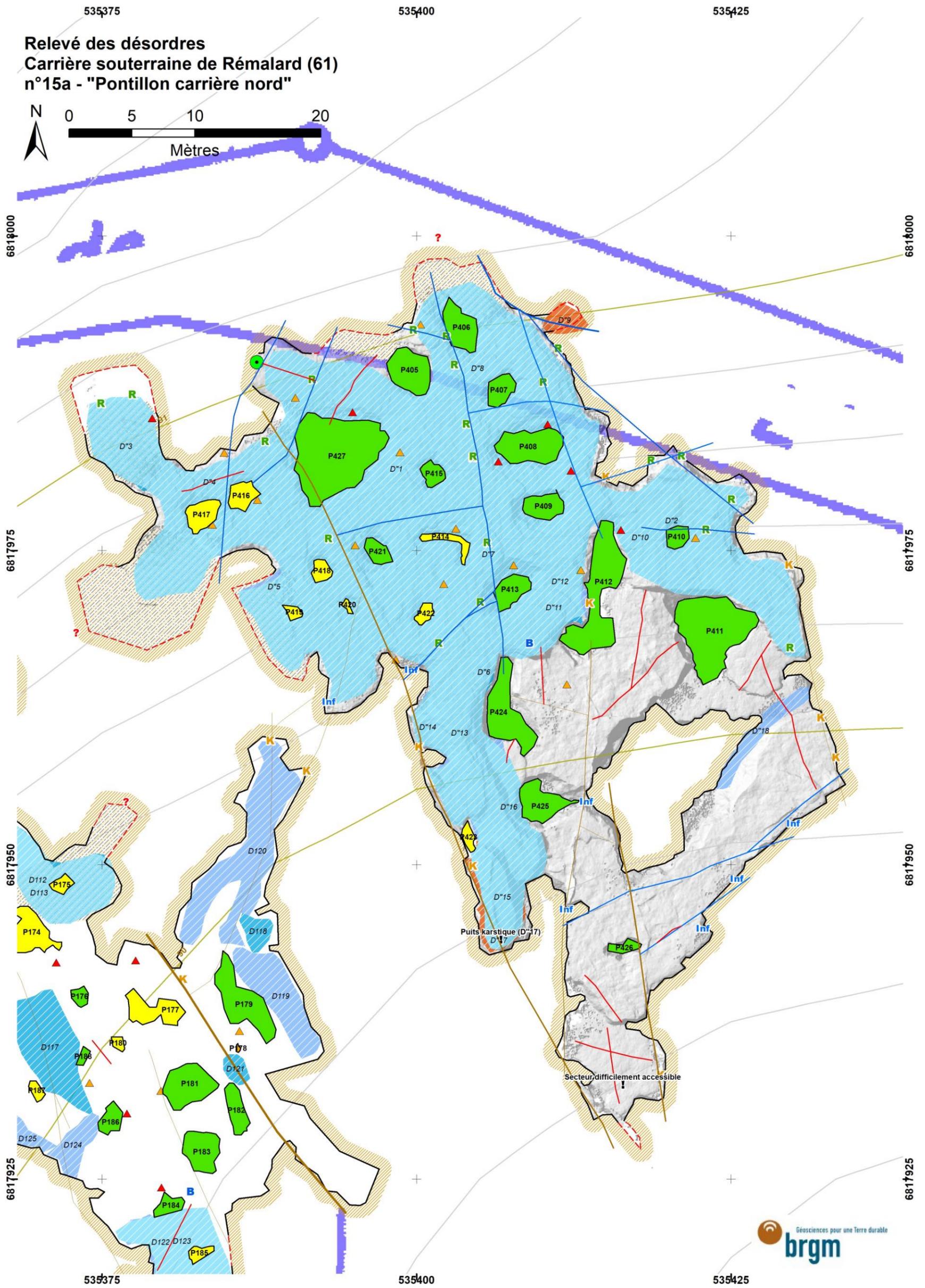


Illustration 24 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - carrière nord (n°15a)



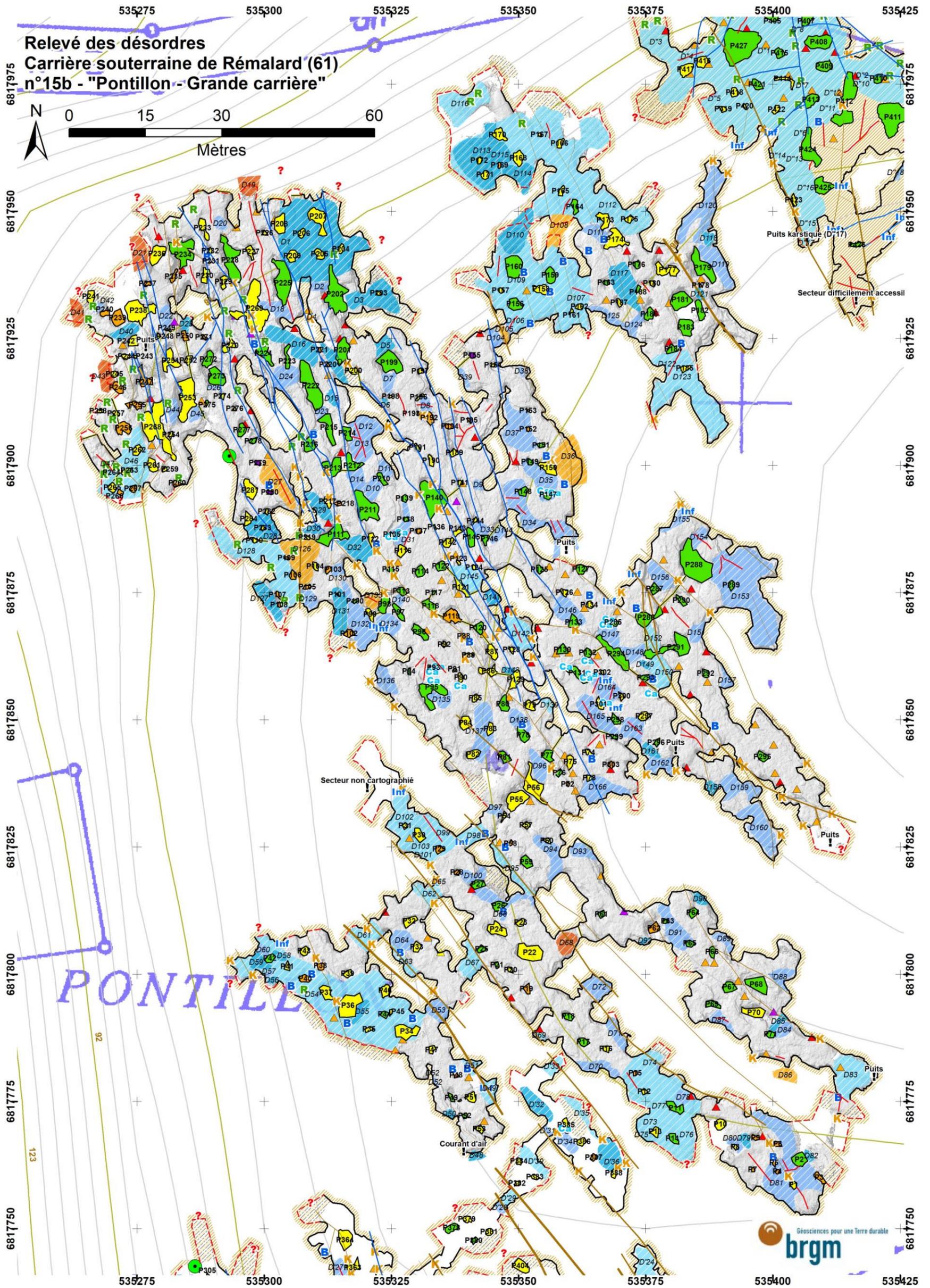


Illustration 25 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - Grande carrière (n°15b)



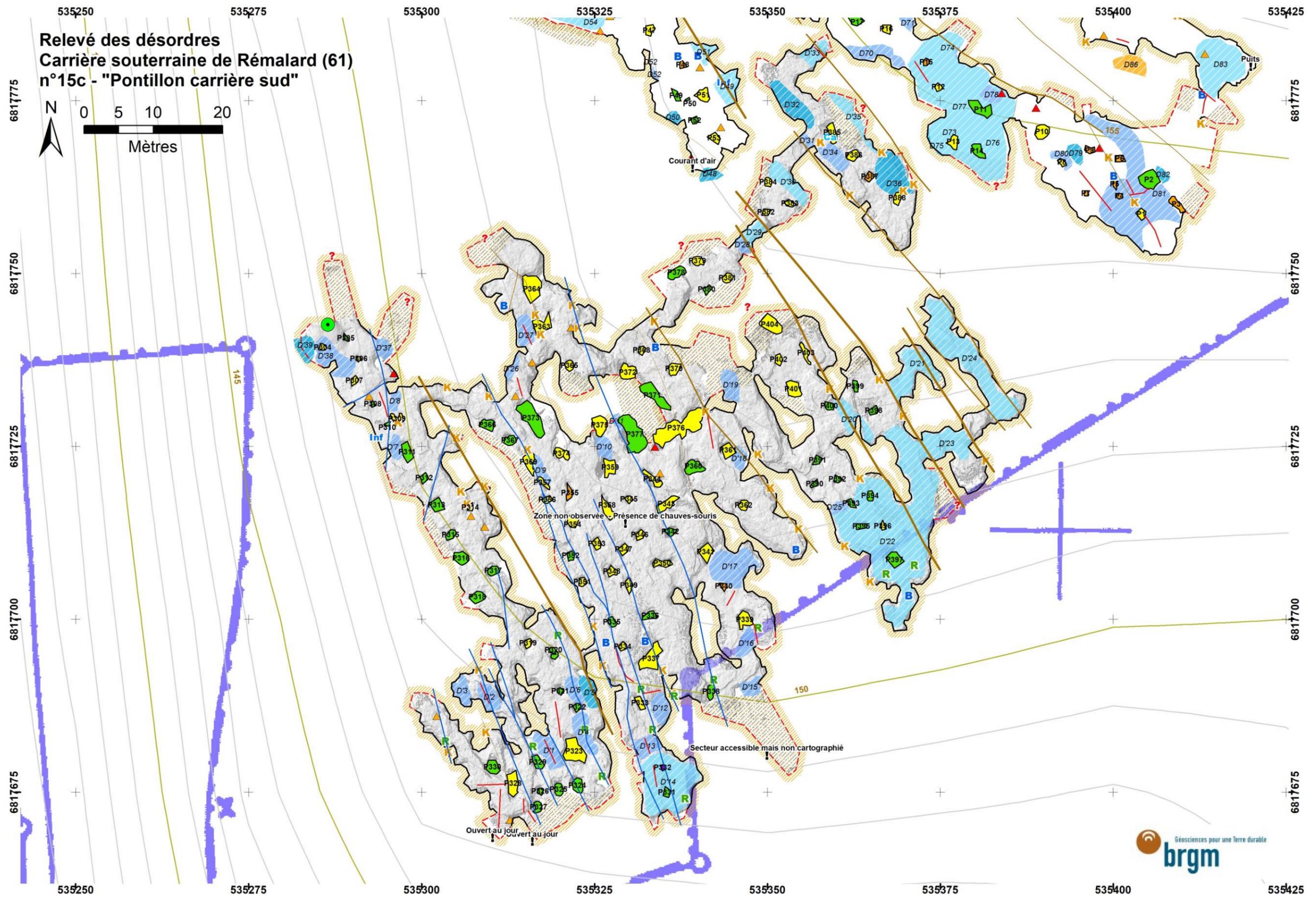


Illustration 26 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - carrière sud (n°15c)



## 6. SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), le BRGM a réalisé les plans de détails et le diagnostic de stabilité (niveau 1) des cavités souterraines situées au lieu-dit « Pontillon », sur la commune de Rémalard (Orne).

Il s'agit d'un ensemble de trois carrières souterraines de pierres de taille, creusées au pic selon la technique des chambres et piliers, pour l'exploitation de la Craie de Rouen du Cénomaniens moyen. Cet ensemble est constitué de trois carrières (carrière « nord », « grande carrière » et carrière « sud »), autrefois connectées les unes aux autres. Les accès se font depuis trois descenderies situées sur les parcelles ZC0016 et ZC0017 (propriété privée). La « grande carrière » a servi de champignonnière jusqu'en 2012. Ces cavités sous-cavent des terres agricoles, et une petite portion de la route communale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Elles font l'objet de visites régulières par le GMN pour le comptage des chiroptères.

L'état géotechnique général des carrières varie de **bon** à **médiocre** selon les secteurs, et plusieurs « points sensibles » ont été identifiés, notamment :

- La présence de cinq secteurs où se côtoient plusieurs piliers de section réduite, très fracturés mécaniquement ou en état de « post-rupture ». La ruine de l'un de ces piliers entraînerait probablement des dommages sur les piliers alentours, ce qui pourrait engendrer des instabilités en surface (affaissement, effondrement localisé et/ou généralisé) ;
- La présence de cinq cloches de fontis situées dans des secteurs où les épaisseurs de recouvrement sont faibles (secteur nord / nord-ouest du réseau souterrain). Leur évolution vers la surface engendrera, à terme, l'occurrence d'effondrements localisés ;
- L'extrémité nord de la carrière « nord », qui sous-cave la petite route communale qui relie la D11 au bourg de « Pontillon ». Dans ce secteur, les épaisseurs de recouvrement sont faibles (de 3,5 à 5 m), et une partie des galeries est inaccessible, ce qui ne permet pas d'exclure la présence d'instabilité de toit sous cet enjeu.

Concernant les instabilités de la voûte, la grande majorité des instabilités observées correspondent à des phénomènes « peu évolués » (écaillages isolés +/- volumineux, décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit et chute de toit), qui à l'heure actuelle ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface. Toutefois, ces instabilités sont nombreuses et réparties dans l'ensemble des galeries : elles représentent un danger potentiel pour les intervenants en souterrain.

Compte tenu de ces observations, et au regard des enjeux, le BRGM recommande :

- Sans délais, de prévenir les propriétaires et/ou les exploitants des parcelles agricoles situées au droit des vides du risque de mouvement de terrain ;
- Pour les intervenants en souterrain : d'éviter au maximum de stationner ou de circuler sous les instabilités ponctuelles et les instabilités de toit, notamment les décollements de 1<sup>er</sup> banc, qui peuvent évoluer en chutes de blocs ou de toit. Plusieurs phénomènes de ce type, relativement récents, ont été observés en souterrain. Il s'agit donc de phénomènes potentiellement instables qui constituent un danger non négligeable pour les intervenants en souterrain ;

- D'être particulièrement vigilant sur l'apparition de tassements, fissures, affaissements ou effondrements sur la petite route qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Les épaisseurs de recouvrement y sont faibles (de l'ordre de 3 à 4 m), et la présence de galeries inaccessibles est très probable. L'occurrence de mouvements de terrain dans ce secteur à plus ou moins court terme n'est donc pas à exclure. En cas de mouvement de terrain, les services de l'Etat devront en être directement informés pour prendre les mesures qui s'imposent (investigations complémentaires, travaux de confortement, sécurisation etc.) ;
- Conformément aux règles de l'art pour ce type de cavité, nous préconisons de mettre en place une surveillance régulière de la carrière souterraine de manière à suivre leurs éventuelles évolutions. Au regard de l'état généralement médiocre, et des enjeux surface, il est recommandé d'effectuer une visite de surveillance tous les 3 ans, et de la renforcer au besoin en cas d'évènement climatique exceptionnel (période de fortes intempéries par exemple) ;
  - o L'évolution des piliers qualifiés de très fracturés (en orange sur le plan du diagnostic), et particulièrement ceux situés dans les secteurs A à E ;
  - o L'évolution des 5 fontis identifiés dans la partie nord / nord-ouest du réseau souterrain ;
  - o L'évolution des galeries de la partie nord de la carrière « nord » qui sous-cavent la petite route communale ;
- Au besoin, d'approfondir le diagnostic pour ces carrières en évaluant et en cartographiant l'aléa, afin d'identifier les enjeux les plus concernés par d'éventuels mouvements de terrains liés à la ruine de la cavité souterraine.

Enfin, à l'avenir, dans le cas d'une éventuelle dégradation de l'état de stabilité de la carrière et/ou dans le cas d'éventuelles modifications des enjeux présents en surface, il conviendra d'envisager une mise à jour du présent document en réactualisant tout d'abord le diagnostic, puis, si besoin, en reprenant les interprétations (évaluation des dangers/risques) et les recommandations.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

**IFSTTAR** (2014) – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées. Guide méthodologique. Septembre 2014

**Moguedet G., Marchand Y., Masson V., Papin H., Vauthier S., Charnet F., Lemoine B.** (2000) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille La Loupe (253). Orléans : BRGM, 102 p. Carte géologique par Moguedet G., Marchand Y., Masson V., Papin H., Vauthier S. (2000).

## 8. ANNEXES

Annexe n°1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière de Pontillon

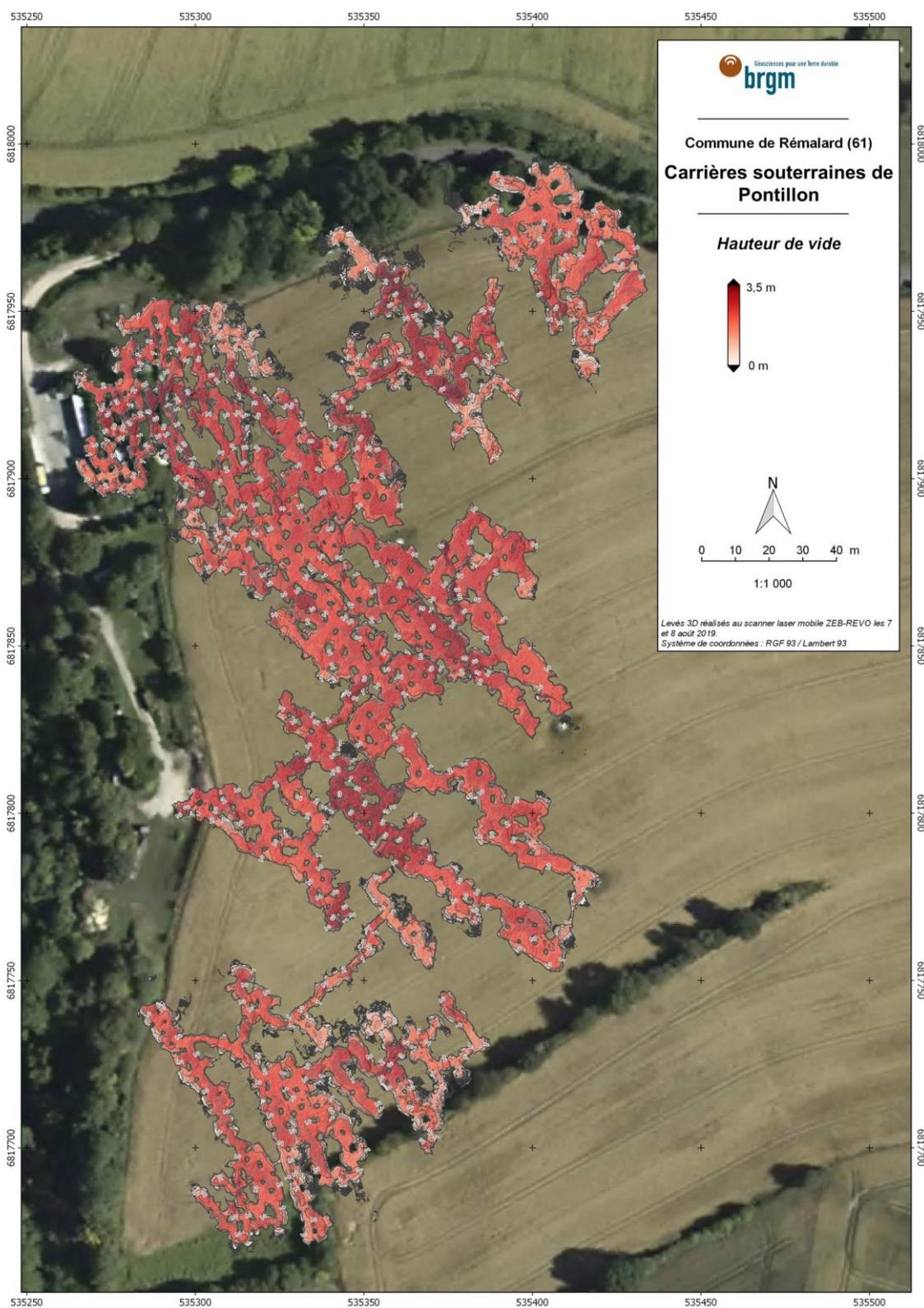
Annexe n°2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement dans la carrière de Pontillon

Annexe n°3 : Cartographie de l'altitude du toit de la carrière de Pontillon

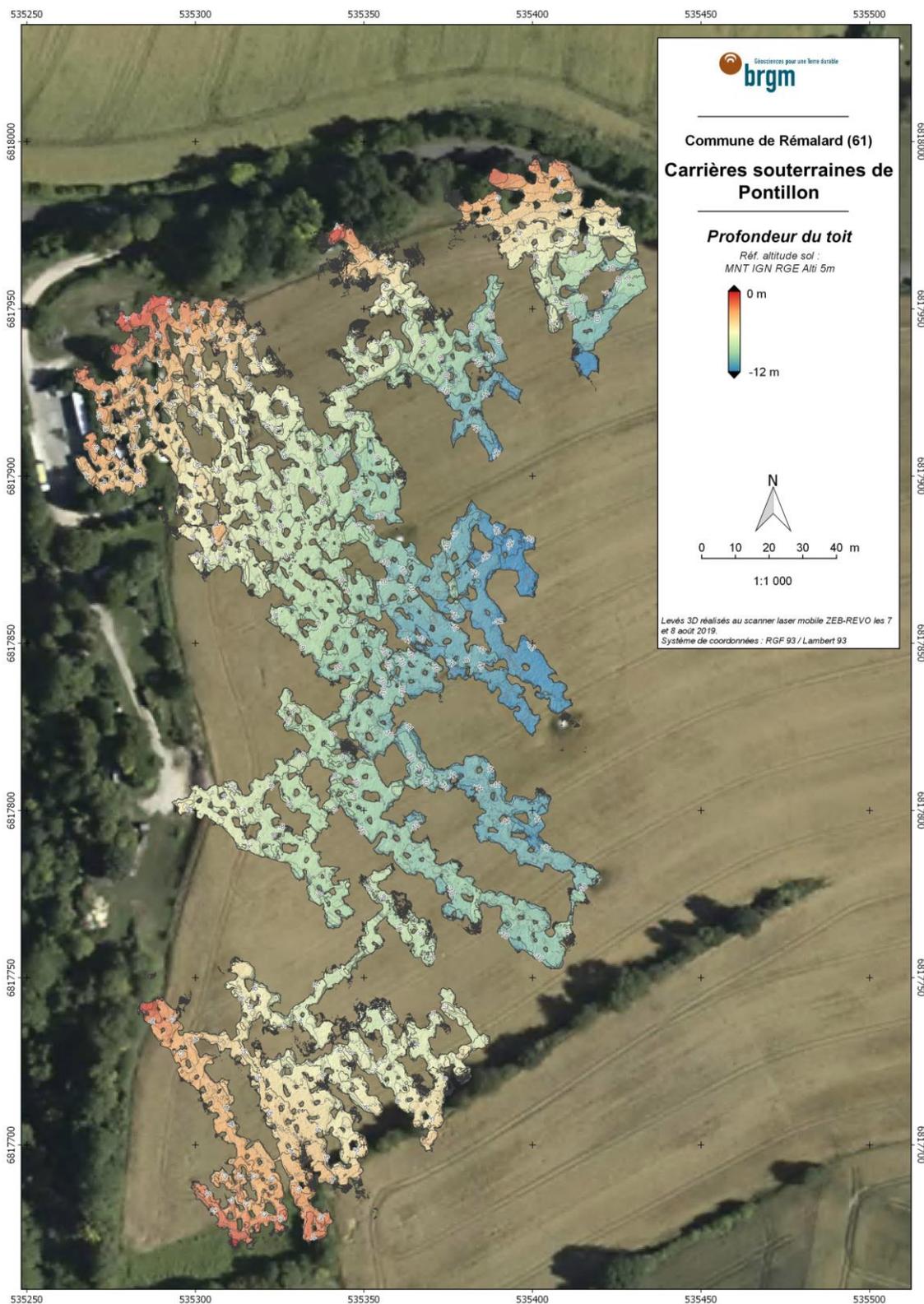
Annexe n°4 : Cartographie de l'altitude du sol de la carrière de Pontillon

Annexe n°5 : Cartographie de l'épaisseur de recouvrement au niveau de la route communale

Annexe 1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière de Pontillon



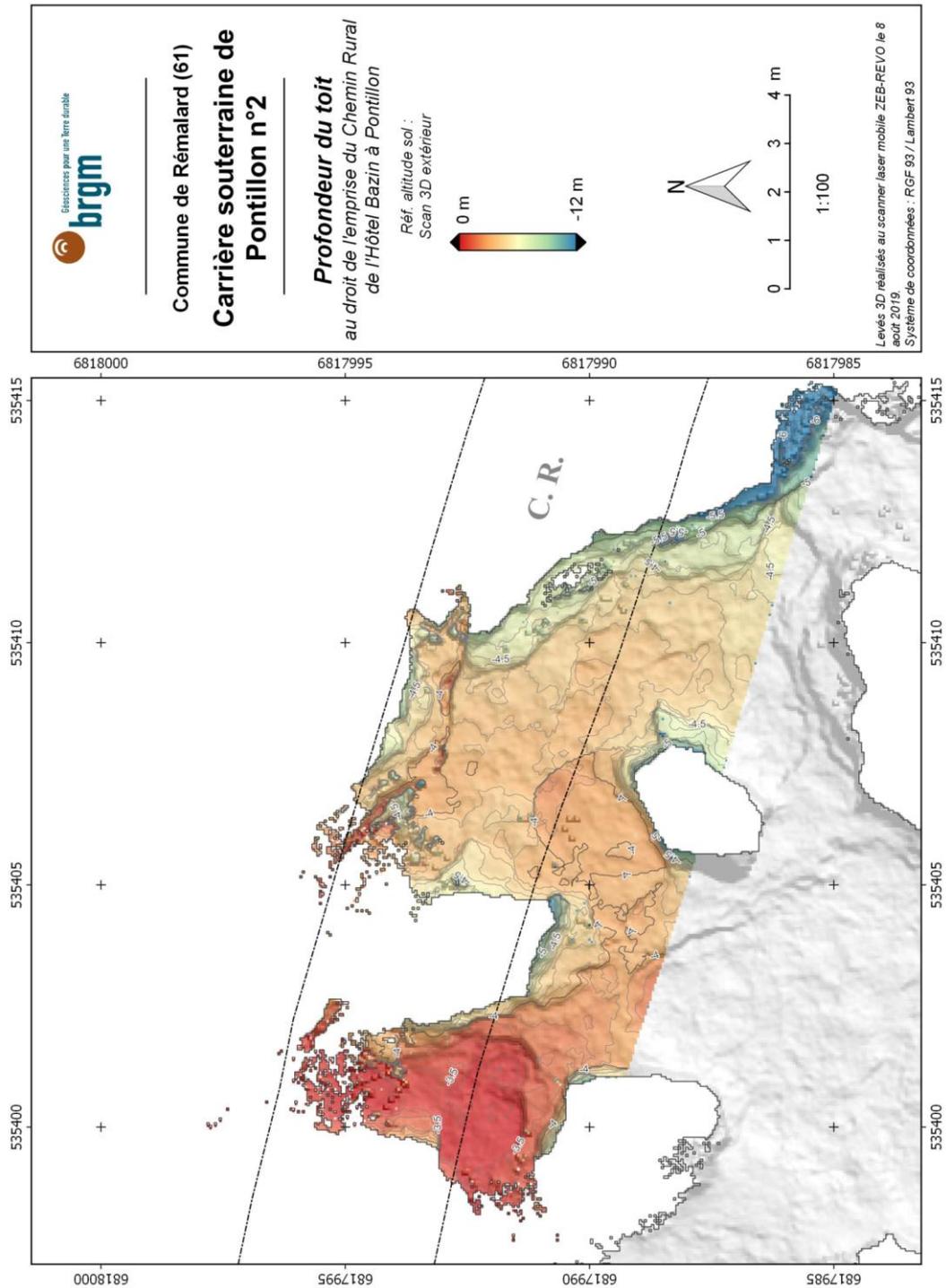
Annexe 2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement dans la carrière de Pontillon







Annexe 5 : Cartographie de l'épaisseur de recouvrement au niveau de la route communale



## REMALARD (61) – Carrières souterraines de « Pontillon »

NOM USUEL	Carrières souterraines de Rémalard – LD « Pontillon »
DEPARTEMENT	Orne
COMMUNAUTE DE COMMUNES	Perche Rémalardais
N° DE CAVITE DANS LA BASE (A_INDICES_CAVITES)	n°15a, n°15b et n°15c
ID BDCavité - BRGM	BNOAA0000485 - BNOAA0000461 - BNOAA0000460
ID BD DREAL	R25_61345P1 - R25_61345P2 - R25_61345P23 - R25_61345P26
ETAT DE STABILITE	<p style="text-align: center;"><i>Carrière nord (15a) : <b>BON</b></i></p> <p style="text-align: center;"><i>« Grande carrière » (15b) : <b>MEDIOCRE</b></i></p> <p style="text-align: center;"><i>Carrière « sud » (15c) : <b>MEDIOCRE</b></i></p>

### 1. CONTEXTE GENERAL

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des anciennes carrières souterraines abandonnées des départements de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), mené en partenariat avec la DREAL Normandie, le BRGM a effectué le levé géométrique et le diagnostic de stabilité de niveau 1 des carrières souterraines abandonnées de Rémalard, situées au lieu-dit « Pontillon ». Les levés géométriques ont été réalisés les 7 et 8 août 2019, et le diagnostic de stabilité entre le 13 octobre et le 20 novembre 2020.

#### a. Situation géographique et géomorphologique

Les carrières souterraines sont situées au lieu-dit « Pontillon », au nord de la commune de Rémalard (Orne) (Illustration 1).

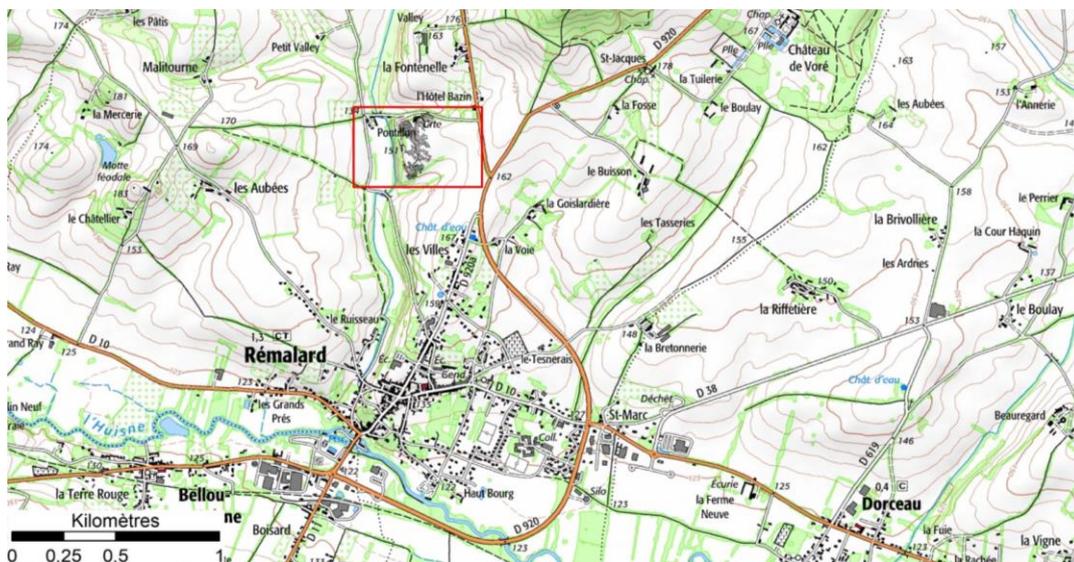


Illustration 1 : Situation des carrières souterraines de « Pontillon » (rectangle rouge) sur la carte topographique du secteur (source : Scan25® de l'IGN)

Il s'agit d'un ensemble de trois cavités (carrière « nord », « grande carrière » et carrière « sud » - cf. 8) creusées dans le versant oriental d'une petite vallée dans laquelle circule le ruisseau de Boiscode, affluent de l'Huisne.

D'un point de vue morphologique, le versant oriental de cette vallée asymétrique est caractérisé par une pente légère mais régulière (2 à 3%), marqué en pied par un abrupt d'une dizaine de mètres de hauteur. La présence de ces « grottes » est mentionnée sur la carte topographique Scan25® du secteur (cf. Illustration 1). Les entrées des carrières sont situées aux coordonnées suivantes (Lambert 93 en mètres) :

- Entrée de la carrière « nord » : X = 535 387 m ; Y = 6 817 989 m ; Z = 149 m NGF ;
- Entrée de la « grande carrière » : X = 535 293 m ; Y = 6 817 901 m ; Z = 151 m NGF ;
- Entrée de la carrière « sud » : X = 535 286 m ; Y = 6 817 742 m ; Z = 148 m NGF.

## b. Situation géologique

D'un point de vue géologique, d'après la carte géologique à 1/50.000 du secteur (n°253 – La Loupe, *Moguedet et al.*, 2000), des cartes géologiques limitrophes et des observations effectuées sur le terrain, les carrières souterraines de Rémalard sont creusées dans les craies cénomaniennes, ici représentées par le faciès de la Craie de Rouen (Cénomaniens moyen – Crétacé supérieur). Il s'agit d'une craie blanche, tendre, peu cohérente, à rares silex de couleur gris bleuté ou noirs, et dont l'épaisseur peut atteindre 25 à 30 m. A l'heure actuelle, le ciel de la cavité est essentiellement représenté par un banc gris-verdâtre, fossilifère, très glauconieux, et à nombreux terriers. Il ne s'agit pas du ciel d'origine, qui était situé quelques décimètres sous ce niveau mécaniquement plus résistant, ce qui a favorisé les décollements. Stratigraphiquement, ce niveau correspond à un hard-ground (niveau induré correspondant à des surfaces d'arrêt de sédimentation), probablement le HG Rouen n°2 ou le HG Rouen n°3.

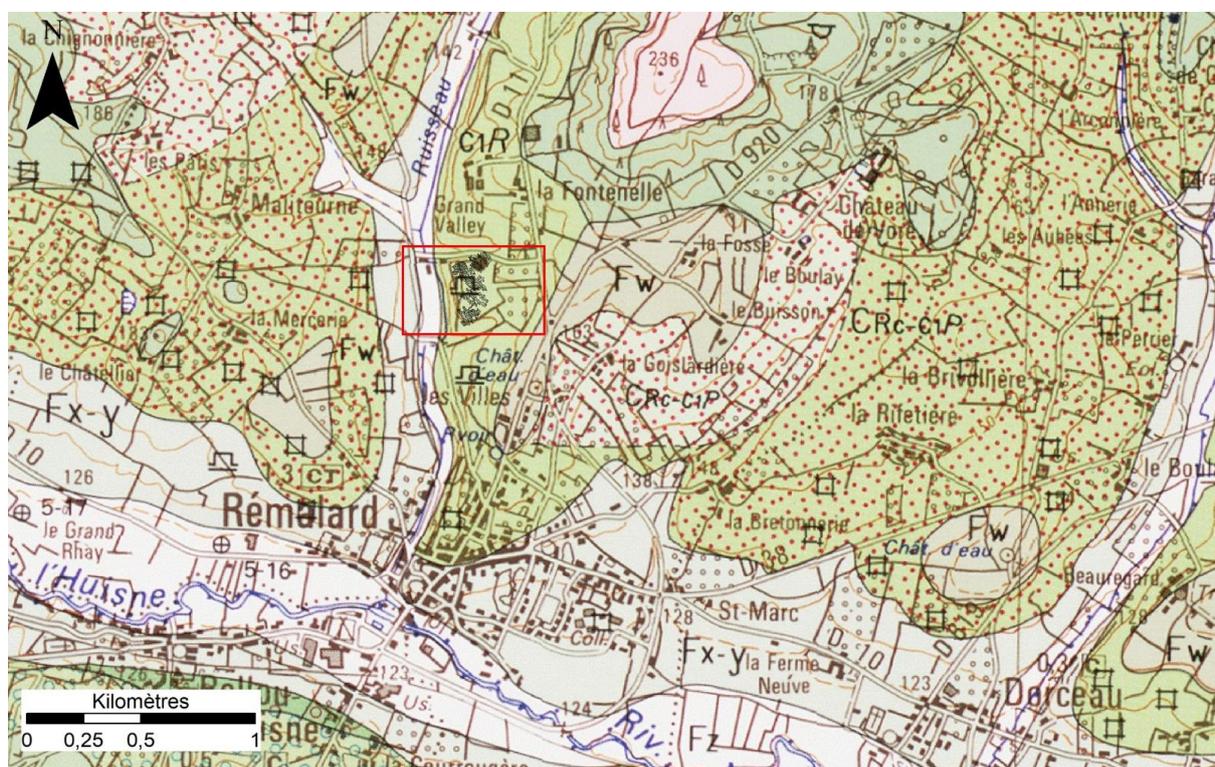


Illustration 2 : Situation des carrières souterraines de « Pontillon » (rectangle rouge) sur un extrait de la carte géologique à 1/50.000 – feuille n°253 (La Loupe) (source : BRGM)

A noter que le massif crayeux dans lequel ont été creusées les carrières de Rémalard présente une complexité singulière, qui semble propre à ce secteur du Perche. En effet, la stratification des bancs de craie présente localement un pendage significatif, et la craie est affectée par un réseau dense de diaclases et de conduits karstiques verticaux, obliques (pendages de l'ordre de 30 à 70°) ou horizontaux, plus ou moins connectés entre eux. Ces conduits karstiques fossiles sont essentiellement comblés d'argiles gris-verdâtres à brunes, glauconieuses et parfois par du sable grossier quartzueux de couleur ocre, analogue aux faciès de la base de la formation des Sables du Perche (Cénomaniens supérieur). Cette densité de fracturation et de karstification explique probablement le fait que la Craie de Rémalard était réputée de qualité inférieure par les bâtisseurs (Moguedet et al., 2000).



*Illustration 3 : Vue sur la complexité du massif crayeux dans la « grande carrière », qui présente des pendages et une importante densité de diaclases et de conduits karstiques*

### **c. Hydrologie / hydrogéologie du site**

Les jours des visites, les galeries étaient totalement sèches et aucune trace d'inondations passées n'était visible sur les parements. A noter uniquement la présence de quelques zones isolées de percolations d'eau récurrentes à l'origine de concrétions carbonatées.

D'après le propriétaire de la carrière, présent lors des visites, les infiltrations d'eau depuis le toit de la cavité sont fréquentes lorsque le champs sus-jacent est labouré, et plus rares lorsque ce dernier est en herbage.

### **d. Connaissance préexistante des cavités**

L'ensemble des carrières souterraines situées au lieu-dit « Pontillon » sont bancarisées dans les principales bases de données relatives aux cavités souterraines. Ainsi, 4 indices sont recensés dans la base de données de la DREAL (indices R25\_61345P1, R25\_61345P2, R25\_61345P23 et R25\_61345P26). Ils correspondent respectivement aux identifiants BNOAA0000460, BNOAA0000461, BNOAA0000482 et BNOAA0000485 de la BDCavité du BRGM (<http://georisques.gouv.fr>).

Ces indices proviennent de sources diverses (inventaire de la mairie pour l'indice BNOAA00000485, archives départementales de l'Orne (cadastre napoléonien) pour les indices BNOAA0000460 et 461, et carte géologique à 1/50.000 pour l'indice BNOAA0000482).

Les nouvelles données de terrain (plans, coordonnées des accès etc.) ont donc permis de mettre à jour les fiches de la BDCavité du BRGM :

- La cavité BNOAA0000485 a été associée à la carrière « nord ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement précis de la descenderie située le long de la voie communale ;
- La cavité BNOAA0000461 a été associée à la « grande carrière ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement précis de la descenderie ;
- La cavité BNOAA0000460 a été associée à la carrière « sud ». Les coordonnées de cet indice ont été corrigées et correspondent à présent à l'emplacement de la descenderie ;
- L'indice de cavité BNOAA0000482 correspond à un doublon (source d'information : carte géologique) et a donc été supprimé.

### e. Données historiques sur l'exploitation

D'après deux déclarations manuscrites retrouvées dans les archives départementales de l'Orne (série S-1153), à partir desquelles ont été recensés les indices BNOAA0000460 (carrière « sud ») et BNOAA0000461 (« grande carrière »), l'activité extractive était en cours en 1869, puisqu'un certain M. Cogniau, un maçon du village de Pontillon, déclare le 30 juillet 1869 « *exploiter pour les besoins de mon métier une carrière située sous une pièce de terre [...]. La masse à extraire est le tuffeau mou dans lequel se trouve mêlé un peu de silex. Ce tuffeau est recouvert d'une couche de pierre très dure qui ne peut être travaillée, laquelle a une épaisseur de sept mètres sous trois mètres d'épaisseur de terre. Cette carrière s'exploite par galeries souterraine* ».

Deux plans sommaires sont joints à cette déclaration, et leur confrontation avec le cadastre napoléonien de 1827 (série 3P2-345) indique qu'il s'agit soit de la « Grande carrière » et de la carrière « sud », soit de deux entrées différentes à la « Grande carrière » (hypothèse tout à fait plausible d'après les observations en souterrain) (Illustration 4).

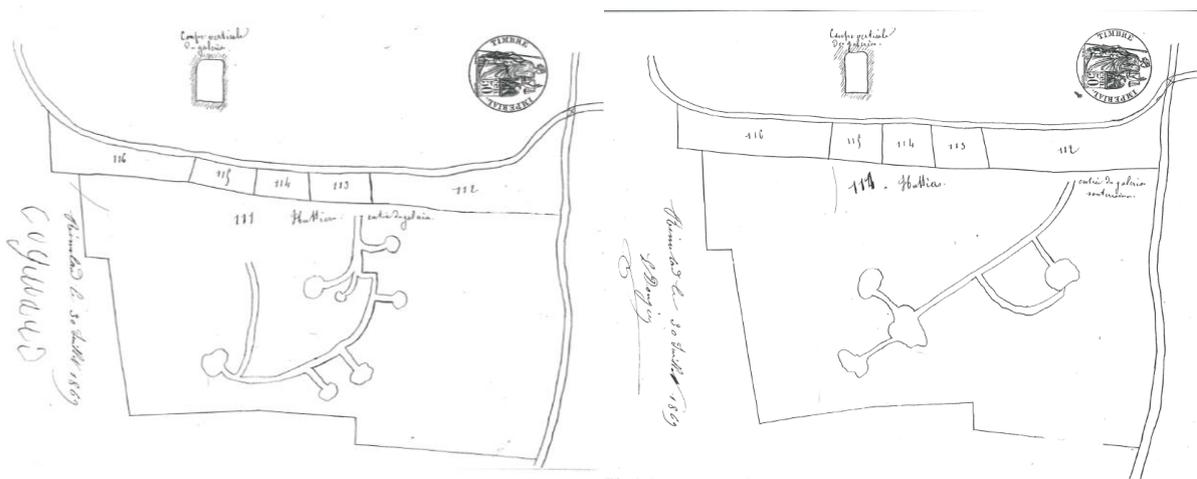


Illustration 4 : Plans sommaires joints aux déclarations du 30 juillet 1869, qui mentionnent la carrière « sud » (à gauche) et la « grande carrière » à droite. La route à droite des images est celle qui relie la RD11 au bourg de Pontillon. La carrière « nord » n'est pas mentionnée

Toutefois, il n'est pas certain que le début de l'exploitation de la pierre à Pontillon date de 1869, puisque ce document d'archive ne mentionne pas l'« ouverture » de la carrière, mais uniquement son « exploitation ». Son origine remonte probablement au XVII<sup>ème</sup> ou au XVIII<sup>ème</sup> siècle, période où apparaît la craie dans les principaux bâtiments de la région.

L'exploitation s'est poursuivie jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, *a minima* jusqu'au 21 juillet 1886, date à laquelle le service des mines et carrières de l'Orne a rédigé un procès-verbal qui fait état d'un « *ouvrier tué dans un éboulement, Rémalard* » (archives départementales de l'Orne – série S1095). Nous n'avons pas d'informations complémentaires sur cet événement. A noter que cette exploitation n'apparaît pas dans le « répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889 », rédigé par le Ministère des travaux public en 1890. Il est donc vraisemblable que l'activité extractive se soit terminée entre 1886 et 1889. A noter que la carrière « nord » n'est pas mentionnée dans ces archives, mais plusieurs photographies de son entrée ont été retrouvées. Les dates précises des prises de vues sont inconnues, mais datent probablement du début du XX<sup>ème</sup> siècle. Elle était donc déjà ouverte à cette époque.

Suite à l'exploitation de la pierre, les terrains situés devant les descenderies ont été occupés par des roseraies, puis les galeries ont été utilisées comme champignonnières, probablement depuis la fin de la 2<sup>ème</sup> Guerre mondiale et jusqu'en 2012.



Illustration 5 : Photographies anciennes des entrées de la carrière « nord » à gauche (dite belle carrière de la Gaieté) et descenderie de la « grande carrière » à droite (dates inconnues)



Illustration 6 : Entrée de la « belle carrière de la Gaieté », qui correspond à la carrière « nord » (date inconnue)

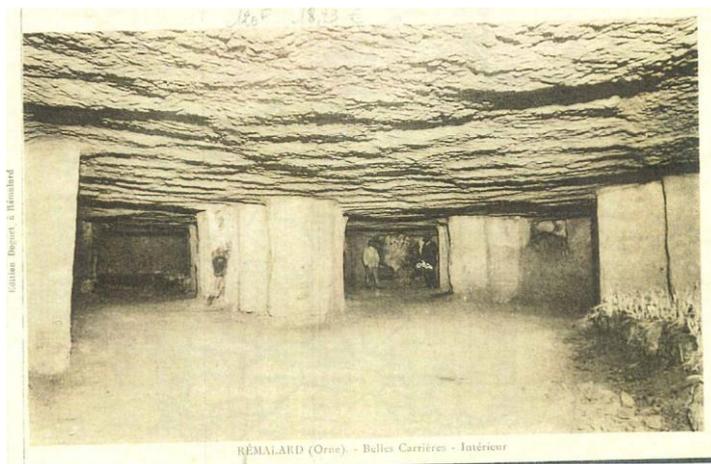


Illustration 7 : Intérieur de la « belle carrière », qui correspond à la carrière « nord » (date inconnue)

## 2. ENVIRONNEMENT DE LA CARRIERE SOUTERRAINE

### a. Environnement de surface / enjeux

Les carrières souterraines sous-cavent essentiellement des terres agricoles, situées sur les parcelles ZC 0016 et ZC 0017. Seule la partie nord de la carrière « nord » est localisée sous la petite route départementale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Au droit des zones explorées, il s'agit du seul enjeu « matériel » connu en surface.

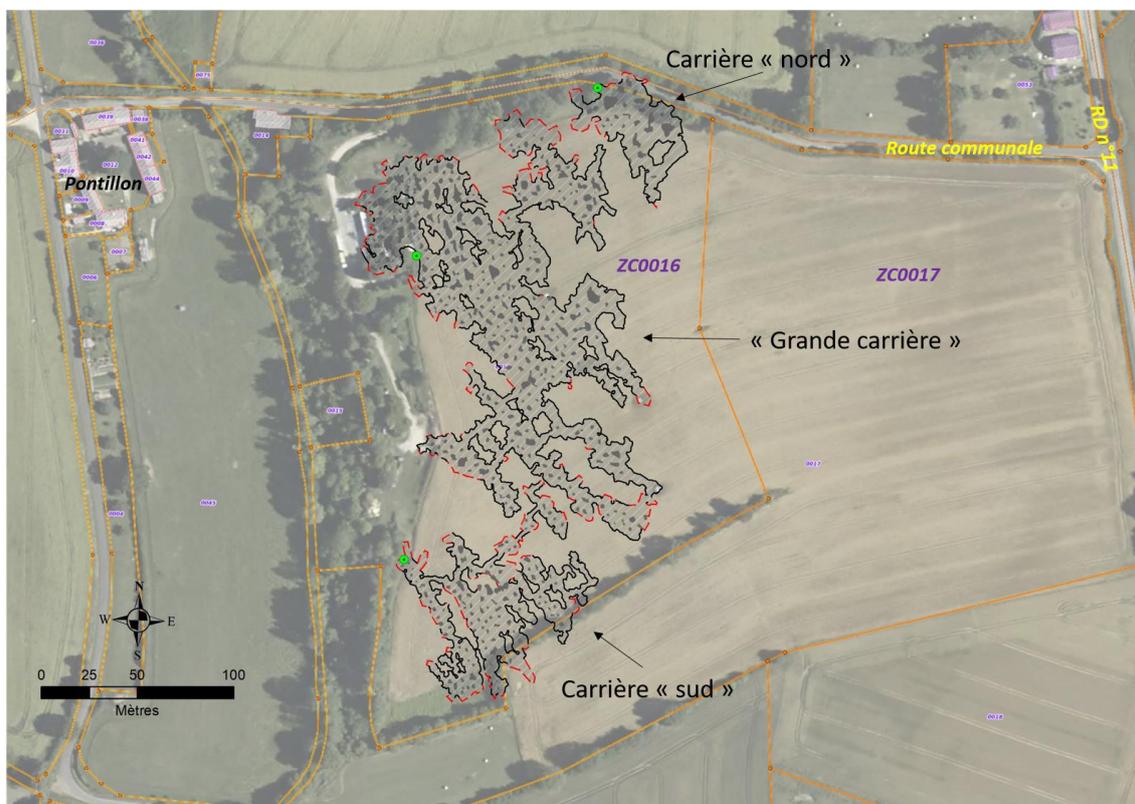


Illustration 8 : Environnement de surface de la carrière souterraine de Pontillon (avec ses trois « sous-carrières ») sur l'orthophoto et le cadastre (IGN). Les limites en tiretés rouges correspondent à des limites supposées, au-delà desquelles des vides non cartographiés existent vraisemblablement. Les différentes entrées sont représentées par les points verts

Cet ensemble de cavités est régulièrement visité par les membres du Groupe Mammalogique Normand dans le cadre du suivi des populations de chauves-souris, ce qui constitue donc un enjeu.

Enfin, soulignons que l'emprise cartographiée par le BRGM en 2019 ne correspond pas à l'emprise originelle de l'exploitation, qui était plus vaste. De nombreux secteurs remblayés et/ou éboulis, actuellement inaccessibles, masquent la présence de galeries aujourd'hui aveugles. Ces limites « supposées » sont représentées sur le plan de la carrière par des tirets rouges (cf. Illustration 8).



Illustration 9 : Environnement de surface au droit des vides (parcelle ZC0017)

## **b. Présence de chiroptères**

D'après le Groupe mammalogique Normand, ces trois carrières abritent de nombreux individus de chauves-souris, et sont régulièrement visitées par le Groupe Mammalogique Normand pour y effectuer des comptages. La carrière « sud » est occupée par une colonie de grands rhinolophes. Plus d'une centaine d'individus étaient présents lors du diagnostic (réalisé en présence du GMN).

## **c. Informations diverses**

La « grande carrière » de Rémalard a été exploitée comme champignonnière jusqu'en 2012. De fait, de nombreuses traces de cette activité sont encore visibles, et notamment des bâches plastiques qui limitent l'accès à certains secteurs.

Cinq puits d'aération ont été repérés en souterrain et retrouvés en surface. Ces puits sont plus ou moins sécurisés (cf. chapitre 3 – état des puits). Ils ont été notamment utilisés pour contrôler le géo-référencement des plans des galeries.

Enfin, l'affleurement situé au-dessus de l'entrée de la carrière « nord » est référencé dans l'inventaire du patrimoine géologique de Normandie sous la référence BNO0049 (<http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/GEOL/BNO-0049f.pdf>). Il présente un intérêt patrimonial évalué à 1 étoile sur 3.

### **3. INSPECTION DES SOUTERRAINS / DIAGNOSTIC DE STABILITE**

#### **a. Rappel des méthodes employées**

Les levés géométriques ont été réalisés par le BRGM les 7 et 8 août 2020. La méthode employée est celle du scanner laser portatif « ZEB-REVO » avec un protocole expérimental développé par le BRGM (cf. rapport méthodologique). Les nuages de points obtenus ont été géoréférencés à partir de repères en surface, positionnés au GPS avec une précision centimétrique. Ces levés ont permis d'élaborer un plan de détail de la carrière, qui à notre connaissance, correspond au premier plan réalisé pour cette vaste cavité. En outre, les levés 3D ont été utilisés pour réaliser les plans des hauteurs de vides, de l'altitude du plancher et du toit de la carrière (cf. annexes).

Les visites pour effectuer le diagnostic de stabilité ont été effectuées en deux temps : du 13 au 15 octobre 2020, puis du 17 au 20 novembre 2020. Le diagnostic est de niveau 1 suivant le IFSTTAR (2014) et la méthode employée est détaillée dans le chapitre 4 du corps de texte principal du rapport.

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

Le site de « Pontillon » est constitué d'un ensemble de trois carrières souterraines localisées sous les parcelles ZC 0016 et ZC 0017 (Illustration 8). D'après nos observations, ces trois carrières étaient jadis connectées les unes aux autres, mais actuellement, les galeries de « liaisons » sont en grande partie remblayées et/ou éboulées, ce qui limite d'une part le passage de l'une à l'autre et d'autre part l'accessibilité de certaines zones. Il s'agit de :

- La carrière « nord » (n°15a), accessible par une petite descenderie située le long de la voie communale qui relie la RD n°11 au bourg de Pontillon. L'accès à cette carrière est fermé par une porte ;
- La « grande carrière » (n°15b), accessible par une descenderie située sur la parcelle ZC 0016. L'accès à cette carrière est fermé par une porte ;
- La carrière « sud » (n°15c), accessible depuis une descenderie située à la limite entre les parcelles ZC 0016 et ZC 0017. L'accès à cette carrière est ouvert.

A noter que les trois accès sont tous situés sur des parcelles privées.



Illustration 10 : Vues sur les trois entrées par descenderie (en haut à gauche : « Grande carrière », en haut à droite : carrière « sud », en bas : carrière « nord »)

Ces trois carrières souterraines ont été exploitées selon la technique des « chambres et piliers », pour l'extraction de pierre à bâtir et probablement pour la production de marne pour l'amendement des terres agricoles et/ou pour la fabrication de la chaux. L'extraction des matériaux a été réalisée manuellement au pic, comme en témoignent encore les traces visibles sur les parements et les piliers, ou sur le toit lorsqu'il s'agit du toit originel. La géométrie de la carrière présente des piliers disposés de façon irrégulière et qui présentent des tailles et des géométries très variables.

Les données géométriques principales à retenir concernant cet ensemble de trois carrières souterraine sont les suivantes :

- Nombre d'accès : **3** accès principaux pour chaque carrière (non sécurisés)
- Nombre de niveau(x) : **1**
- Nombre de puits ouvert(s) en surface : **5**
- Nombre total de piliers : **427**
  - o Carrière « nord » : **23**
  - o « Grande carrière » : **304**
  - o Carrière « sud » : **100**
- Superficie des vides (*surface exploitée pour les 3 carrières*) : **de l'ordre de 17 000 m<sup>2</sup>**
  - o Carrière « nord » : **~ 1560 m<sup>2</sup>**

- « Grande carrière » : ~ **11 730 m<sup>2</sup>**
- Carrière « sud » : ~ **3710 m<sup>2</sup>**
- Taux de défruitement moyen (*rapport entre les vides et la surface totale*) : **91 %**
  - Carrière « nord » : **89 %**
  - « Grande carrière » : **91 %**
  - Carrière « sud » : **94 %**
- Moyennes des hauteurs de vide : **1,8 m**
  - Carrière « nord » : **1,8 m**
  - « Grande carrière » : **2,1 m**
  - Carrière « sud » : **1,6 m**
- Volume approximatif (*pour l'ensemble des 3 carrières*) : **de l'ordre de 31 000 m<sup>3</sup>**
- Epaisseurs de recouvrement :
  - Carrière « nord » : **1 – 14 m** (moyenne : 6,5 m)
  - « Grande carrière » : **0,9 – 15 m** (moyenne : 8,2 m)
  - Carrière « sud » : **0 – 10 m** (moyenne : 5,2 m)



Illustration 11 : « Paysages » typiques dans les 3 carrières souterraines de Pontillon – En haut : Carrière « sud » ; au milieu : « Grande carrière » ; en bas : Carrière « nord »

### c. Etat géotechnique

D'un point de vue général, l'état de stabilité des carrières souterraines peut être qualifié de **bon** à **médiocre** selon les secteurs. Pour plus de clarté et de précision dans les descriptions, les trois cavités seront traitées indépendamment.

#### **Etat des piliers**

Au total, 427 piliers ont été identifiés et décrits dans le réseau souterrain de « Pontillon », dont plus de la moitié sont affectés de fractures mécaniques. Parmi ces piliers fracturés, 53 présentent un état de dégradation avancée (piliers traversés de grosses fractures mécaniques, très écaillés ou en « diabolo »), et 4 sont en état de post-rupture. Il apparaît donc qu'une majorité des piliers sont sous-dimensionnés vis-à-vis des contraintes mécaniques verticales exercées par le recouvrement. La mise sur plan de l'état de chaque pilier, selon 4 classes (sain, fracturé / écaillé, très fracturé / en diabolo et post-rupture) a permis d'identifier 5 secteurs où se côtoient plusieurs piliers en mauvais état. Ces secteurs constituent des zones « sensibles », potentiellement instables, dans la mesure où la ruine de l'un des piliers entraînerait très probablement la ruine ou la dégradation des piliers alentours. La ruine simultanée de plusieurs piliers pourrait engendrer d'importants désordres au fond et en

surface, de type affaissement ou effondrement généralisé. Ces secteurs « sensibles », nommés secteur A à secteur E, ont été reportés sur le plan en Illustration 12.

A noter que d'autres piliers très fracturés mécaniquement, mais entourés de piliers en état correct, ont été observés en dehors de ces zones sensibles.

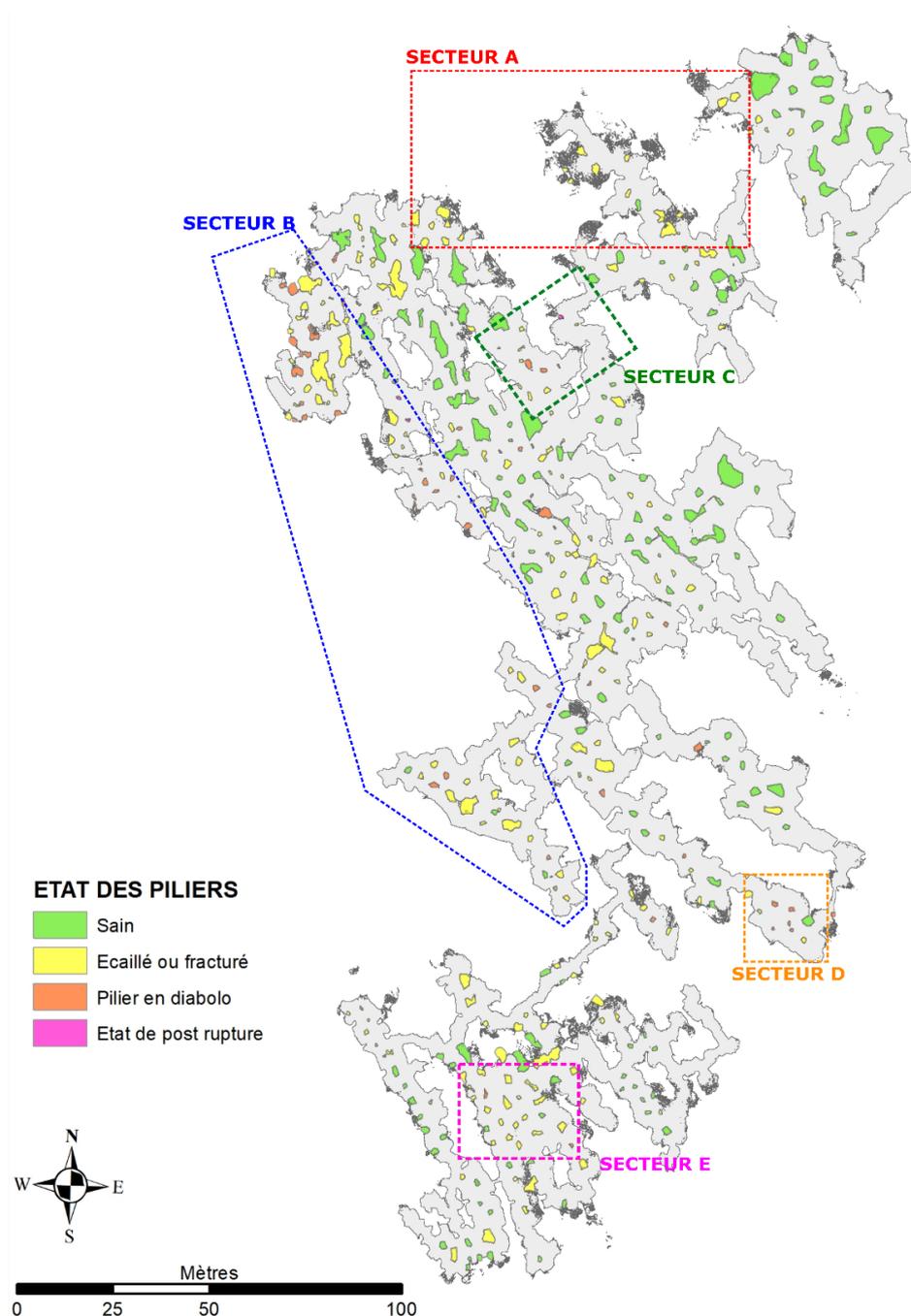


Illustration 12 : Principaux secteurs de piliers en mauvais état

- **Carrière « nord »**

La stabilité des piliers de la carrière « nord » est globalement satisfaisante, puisque sur les 23 piliers identifiés, 16 sont en bon état, et 7 sont affectés de fractures mécaniques. Ces 7 piliers fracturés présentent les sections les plus réduites. Ils sont tous localisés dans la partie ouest

de la cavité, à proximité des secteurs remblayés qui se prolongent vers l'extrémité nord de la « grande carrière » (secteur A sur le plan en Illustration 12).

- « Grande carrière »

L'état de stabilité des piliers de la « grande carrière » varie selon les secteurs. C'est dans la partie ouest de la carrière, suivant une « bande » globalement orientée NO-SE, que se situent les piliers les plus fracturés, et plus particulièrement dans le secteur nord-ouest, à l'emplacement des accès dont certains sont aujourd'hui comblés et/ou effondrés (secteur B sur Illustration 12). Dans ce secteur, les piliers sont tous affectés de fractures mécaniques plus ou moins développées et importantes, et trois d'entre eux sont dans un état très précaire. Il s'agit des piliers P279 et P280, tous deux situés directement à l'entrée actuelle de la cavité et en partie confortés « artisanalement » pour limiter les écaillages, ainsi que le P101 totalement ruiné (cf. Illustration 13). A noter que les confortements des piliers P279 et P280 n'ont pas été réalisés dans les règles de l'art, ce qui les rend vraisemblablement totalement inopérants.



*Illustration 13 : En haut, vue sur deux piliers en très mauvais état à l'entrée actuelle de la « grande carrière » (pilier P279 à gauche, et P280 à droite). En bas, vue le pilier P101 en état de post-rupture (pilier foudroyé)*

Le second secteur « sensible » vis-à-vis de la stabilité des piliers est localisé dans la partie centrale de la cavité (secteur C sur l'illustration 12). Il regroupe plusieurs piliers de section réduite, tous fracturés ou très fracturés mécaniquement. L'un de ces piliers est en état de post-rupture (pilier P155) et est totalement désolidarisé du toit. Il est actuellement soutenu de façon

précaire par des remblais et par des barres métalliques installées par l'actuel propriétaire (Illustration 14).



*Illustration 14 : Vue sur le pilier P155 désolidarisé du toit et maintenu par des remblais et des barres métalliques*

Enfin, plusieurs petits piliers très fracturés mécaniquement se côtoient à l'extrémité sud-est de la « grande carrière » (secteur D sur l'illustration 12). Dans ce secteur, l'épaisseur du recouvrement dépasse 10 m.

- **Carrière « sud »**

La majorité des piliers identifiés dans la carrière « sud » sont fracturés mécaniquement. La partie centrale de cette carrière (secteur E sur l'illustration 12) correspond au point le plus « sensible » vis-à-vis de la stabilité des piliers puisque tous les piliers de ce secteur présentent des sections réduites et tous sont affectés de fractures mécaniques plus ou moins importantes. Deux d'entre eux sont dans un état de dégradation avancé (P340 et P355).



*Illustration 15 : Exemple du pilier P340 très fracturé mécaniquement*

### **Etat de la voûte et fracturation**

Dans la majeure partie du réseau souterrain de Rémalard, le ciel de la carrière est constitué par un banc gris-verdâtre glauconieux irrégulier, induré, de type « hard-ground » (cf. chapitre b). Ce banc ne correspond pas au ciel originel de l'exploitation, qui était situé quelques décimètres sous ce niveau glauconieux, ce qui a vraisemblablement favorisé les décollements et les chutes de toit. De nombreux phénomènes de ce type, plus ou moins évolués et récents, ont été observés dans divers secteurs de la carrière. Le ciel originel n'est quant à lui visible qu'en de rares endroits géotechniquement plus stables.

D'autre part, le massif crayeux dans lequel ont été creusées les carrières de Rémalard est concerné par un dense réseau de conduits karstiques et de diaclases, plus ou moins interconnectées et remplies de matériaux argileux ou sableux. Dans certains secteurs, cette densité de fracturation est à l'origine d'instabilités de toit ou d'écaillages isolés parfois volumineux.

- **Carrière « nord »**

L'essentiel du ciel de la carrière « nord » est constitué par le niveau induré glauconieux irrégulier, le toit d'origine (repérable grâce aux traces de pic) n'étant visible que dans une petite moitié sud. Le secteur d'affleurement du banc glauconieux est associé à une « zone d'instabilités diffuses », caractérisée par la présence de nombreuses petites écailles centimétriques à décimétriques plus ou moins décollées du toit. Localement, cette « zone d'instabilités diffuses » est également marquée par la présence d'instabilités ponctuelles plus volumineuses, décimétriques ou métriques (notées E sur le plan détaillé du diagnostic), qui présentent un danger pour les intervenants en souterrain (Illustration 16). Ce type d'instabilité est absent des secteurs où est encore présent le ciel originel, plutôt marqué par de grandes fissures mécaniques voire de décollements de 1<sup>er</sup> banc.

Au total, l'examen du ciel de la carrière « nord » a permis d'identifier 18 instabilités de toit « surfaciques », et 20 instabilités ponctuelles de type « écailles ou blocs instables ». Une seule zone de remontée de voûte est visible dans le sud de la carrière. Cette instabilité est associée au passage d'un large conduit karstique (F"4 sur le plan détaillé du diagnostic), ponctuellement associé à un conduit karstique vertical colmaté d'argile marron. Le déboufrage partiel de ce conduit karstique est à l'origine d'une petite remontée de fontis circulaire (D"17).



*Illustration 16 : Vue sur la « zone d'instabilités diffuses » dans la partie nord de la carrière « nord », caractérisée par la présence de petites écailles (flèches rouges) et d'instabilités ponctuelles volumineuses (ellipse rouge)*



*Illustration 17 : Instabilité de type « chute de 1<sup>er</sup> banc de toit » dans la carrière « nord » (flèche bleue) associée à des petits décollements (flèches rouges). A noter que dans la partie gauche de la photo, le ciel est constitué par le niveau glauconieux verdâtre propice aux instabilités. Le toit originel, plus régulier et marqué par les traces de pics, est visible dans la partie droite de la photo*

Enfin, à l'instar du reste du réseau de Rémalard, la carrière « nord » est concernée par de nombreux conduits karstiques verticaux, obliques ou horizontaux, plus ou moins ouverts et interconnectés, généralement remplis de matériaux argileux ou sableux. Ces conduits karstiques sont associés à des diaclases naturelles, peu ouvertes, disposées parfois en « relais » entre deux fractures plus importantes. Suivant leur disposition dans la carrière, ces fractures ont conditionné le développement d'instabilités surfaciques (décollements, chutes de toit) ou ponctuelles (écaillages etc.). Toutes ces structures suivent une orientation globalement NNO-SSE. Lorsque l'épaisseur de recouvrement est faible (extrémité nord de la cavité), ces fractures sont soulignées par un important développement de radicules, ce qui favorise les infiltrations d'eau depuis la surface.

- **Grande « carrière »**

Le ciel de la « grande carrière » est partout représenté par le niveau induré glauconieux. Le ciel originel n'est plus visible, ce qui explique que l'ensemble des galeries soit concerné par de nombreuses instabilités plus ou moins évoluées et plus ou moins volumineuses :

- Les instabilités « peu évoluées » sont courantes et visibles dans toutes les galeries. Elles peuvent être surfaciques (essentiellement des décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit ou des chutes de toit) ou ponctuelles (écaillages ou blocs isolés décimétriques à métriques situés au toit ou sur les parements). Ces instabilités ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface, mais présentent un danger non négligeable pour les intervenants en souterrain ;
- Les instabilités plus évoluées (de type remontées de voûte ou cloche de fontis) sont rares et principalement localisées au niveau des anciens accès et des secteurs inaccessibles situés dans la partie nord / nord-ouest de la cavité. A la différence des instabilités « peu évoluées », ces phénomènes pourraient être à l'origine de désordres en surface.

L'examen du toit de la « grande carrière » a permis d'identifier 166 instabilités surfaciques (notées D sur le plan détaillé du diagnostic) et 107 instabilités ponctuelles de type « écaillages » ou blocs isolés (notées E sur le plan détaillé du diagnostic).



*Illustration 18 : Remontée de cloche de fontis (D19) dans la « grande » carrière de Rémalard*

D'autre part, le toit de la carrière est concerné par un dense réseau de conduits karstiques et de diaclases. Ces fractures naturelles sont verticales ou présentent des pendages de 30° à 70°, et suivent toute une orientation globalement NNO-SSE (N130° à N150°). Elles sont généralement ouvertes (de quelques centimètres à plus d'1 mètre), remplies de matériaux argileux ou sableux, et parfois soulignées par un important développement racinaire lorsque l'épaisseur de recouvrement est faible (Illustration 19).



*Illustration 19 : Important développement racinaire dans un petit conduit karstique situé dans le secteur nord-ouest de la « grande carrière », où le recouvrement est peu épais (fracture F31)*

Le réseau karstique de la carrière de Rémalard est très complexe, et est à rapprocher de celui observé pour la présente étude dans les carrières de Maisoncelle ou du Clos-Saint-Marc (commune de Cour-Maugis-sur-Huisne). Les conduits karstiques présentent en effet

d'importantes variations d'ouverture, d'orientation et parfois de pendage, et cela sur quelques mètres à décimètres de distance, ce qui rend difficile de les suivre. Les conduits verticaux peuvent être interconnectés via de petits « relais » et sont souvent associés à des conduits horizontaux ou subhorizontaux ou des « puits » karstiques verticaux comblés d'argile. Cette densité de fracturation et de karstification favorise les instabilités. Les développements karstiques importants ont été notés *K* sur le plan détaillé du diagnostic.

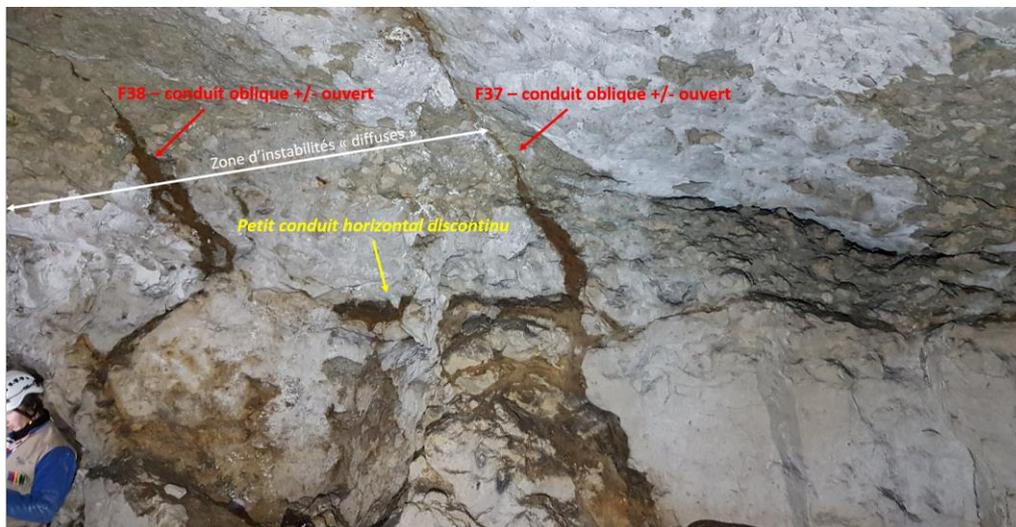


Illustration 20 : Exemple de forme karstique complexe dans la « grande carrière », associée à une « zone d'instabilité diffuse » entre F37 et F38

- **Carrière « sud »**

La carrière « sud » présente un état de stabilité globalement similaire à celui de la « grande carrière », à savoir médiocre. Ces deux cavités étant d'ailleurs connectées. Le toit d'origine n'est plus visible et est partout représenté par le niveau glauconieux irrégulier. Les instabilités de toit sont essentiellement caractérisées par des décollements de 1<sup>er</sup> banc, localement par des chutes de toit (notamment dans le secteur sud-est) et par des instabilités ponctuelles décimétriques à métriques. Au total, l'examen du toit de la carrière « sud » a permis d'identifier 10 instabilités ponctuelles (écaillages isolés ou blocs instables) et 39 instabilités de type « décollements de 1<sup>er</sup> banc » ou « chutes de toit ». Aucune remontée de voûte ou cloche de fontis n'a été constatée.

Cette carrière est traversée en son centre par un « faisceau » de fractures, large d'une vingtaine de mètres environ, et qui correspond à un ensemble de diaclases et de conduits karstiques comblés de matériaux argileux, d'ouverture pluridécimétrique, à pendage de 60° à 70° SO. Dans ce « faisceau », la craie est plus altérée, traversée de multiples petits conduits argileux ou limoneux. Cet état de fracturation / karstification a favorisé la présence de « zones d'instabilités diffuses », caractérisées par de nombreuses petites écaillages isolées au toit et sur les parements. D'autre part, la densité de fracturation augmente à mesure que l'on se rapproche de l'extrémité sud-ouest de la carrière, à proximité d'anciennes entrées actuellement remblayées. Ces fractures suivent toujours une orientation NNO-SSE, et sont à l'origine de décollements de 1<sup>er</sup> banc, voire de chutes de toit.



*Illustration 21 : Vue sur une « zone d'instabilité diffuse » liée au passage de plusieurs conduits karstiques orientés NNO-SSE et associés à de multiples petits conduits horizontaux ou obliques (zone d'instabilité D'29)*

### **Etat des entrées**

Les fronts de taille dans lesquelles sont creusées les entrées sont marquées par la présence d'instabilités ponctuelles centimétriques à pluridécimétriques qui peuvent présenter un danger pour les visiteurs.

### **Etat des puits**

Cinq puits ont été identifiés en souterrain, et tous ont été retrouvés en surface. Ils sont sécurisés en tête et *a priori* semblent stables vis-à-vis d'un éventuel phénomène de rupture de tête de puits.

## **4. POINTS SENSIBLES ET ZONES DE DANGER**

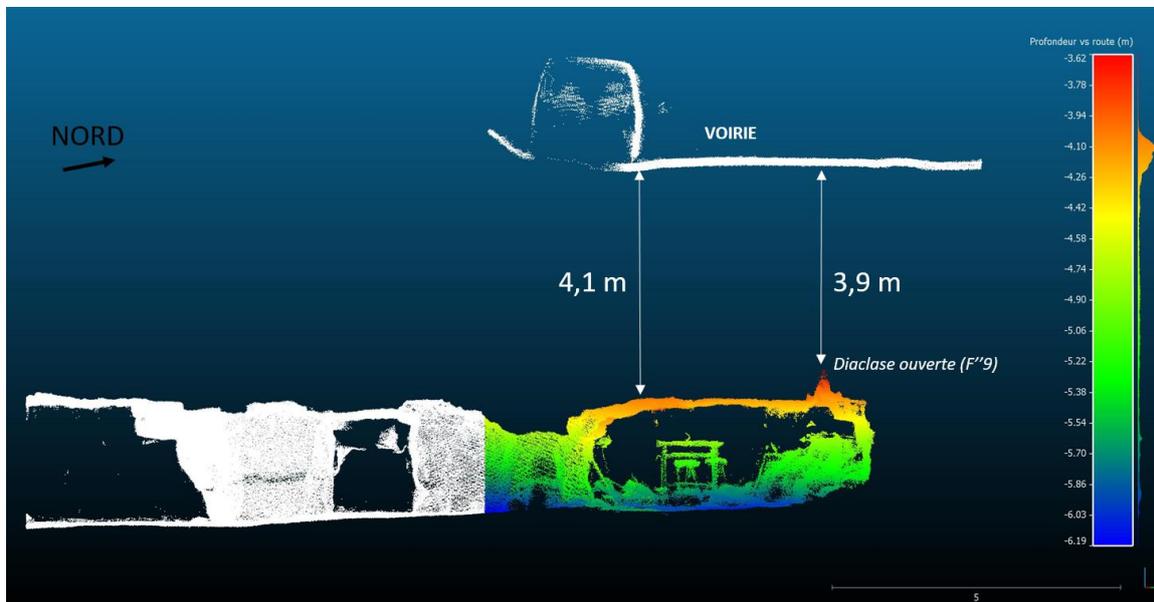
Les « points sensibles » identifiés dans les trois carrières souterraines sont essentiellement liés à la présence de piliers en mauvais état. Il s'agit de 5 secteurs (nommés A à E – cf. c) qui regroupent plusieurs piliers voisins très fracturés mécaniquement, écaillés ou en diablo. Dans ces secteurs, la ruine de l'un des piliers entraînerait très probablement la ruine des piliers alentours, ce qui pourrait favoriser l'occurrence de désordres en surface (affaissements ou effondrements, voire effondrement généralisé).

Concernant l'état de la voûte, 5 cloches de fontis ont été observées, dont 4 sont situées dans le secteur nord-ouest de la « grande carrière ». Les épaisseurs de recouvrement y sont faibles (de l'ordre de 1 à 3 m), ce qui n'exclut pas qu'elles puissent débousser en surface à plus ou moins court terme. La cloche de fontis D'17, liée au déboussage en cours d'un conduit karstique vertical, est également à l'origine d'un amincissement non négligeable du recouvrement. En cas d'évolution, cette instabilité pourrait générer un effondrement localisé en surface.

Enfin, les galeries situées à l'extrémité nord de la carrière « nord » sous-cavent la petite route communale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». D'après les levés 3D, l'épaisseur de

recouvrement y varie de 3 à 4 m (Illustration 22 et Annexe 5). A noter qu'au-delà de la route départementale, en souterrain une partie des galeries est remblayée et inaccessible. Il s'agit donc d'un point sensible qu'il conviendra de surveiller.

Enfin, l'ensemble des instabilités repérées en souterrain constituent un danger potentiel pour les intervenants en souterrain. Elles sont réparties dans toutes les galeries.



*Illustration 22 : Coupe dans le nuage de points en 3D au niveau de l'extrémité nord de la carrière « nord ». Dans ce secteur, la petite route communale est sous-cavée par des galeries parfois comblées, avec des épaisseurs de recouvrement faibles (3,5 à 5 m)*

## 5. PLANS DETAILES DES DIAGNOSTICS – RELEVÉS DES DESORDRES

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « nord » ont été compilées sur le plan en Illustration 24.

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « Grande Carrière » ont été compilées sur le plan en Illustration 25.

Les observations effectuées dans la cavité de Rémalard « sud » ont été compilées sur le plan en Illustration 26.

Pour les trois plans, la légende est présentée ci-dessous (Illustration 23).

## Evaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées du Calvados et de l'Orne – années 2018-2020

<p><b>Informations géométriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Accès</li> <li> Contour fini (front de taille)</li> <li> Extension probable</li> <li> Murs maçonnés / cloisons</li> <li> Emprise (surface de vides)</li> <li> Zones de remblais</li> </ul> <p><b>Informations géographiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Courbes de niveau (5 m - NGF)</li> <li> Courbes de niveau (1 m - NGF)</li> </ul>	<p><b>Etat qualitatif des piliers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Etat de post rupture</li> <li> Pilier en diabolo ou très fracturé</li> <li> Fracturé ou écaillé</li> <li> Sain</li> </ul> <p><b>Instabilités de toit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Fontis ouvert en surface</li> <li> Cloche de fontis</li> <li> Ebauche de cloche de fontis</li> <li> Chute de 1er banc de toit</li> <li> Décollement de 1er banc</li> <li> Zone d'instabilités diffuses</li> </ul> <p><b>Fractures</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Conduit karstique</li> <li> Diaclase</li> <li> Fractures mécaniques</li> </ul>	<p><b>Instabilités ponctuelles (blocs / écailles)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Centimétrique</li> <li> Décimétrique</li> <li> Métrique</li> <li> Décamétrique</li> </ul> <p><b>Observations diverses</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Blocs au sol</li> <li> Suintements / infiltrations d'eau</li> <li> Concrétions carbonatées liées à des infiltrations récurrentes</li> <li> Conduit karstique</li> <li> Racines végétales ou radicelles</li> <li> Autre élément remarquable</li> <li> Secteur de cavité non accessible car remblayée / effondrée / ennoyée etc.</li> </ul>
--	--	--

*Illustration 23 : Légende des plans des diagnostics*



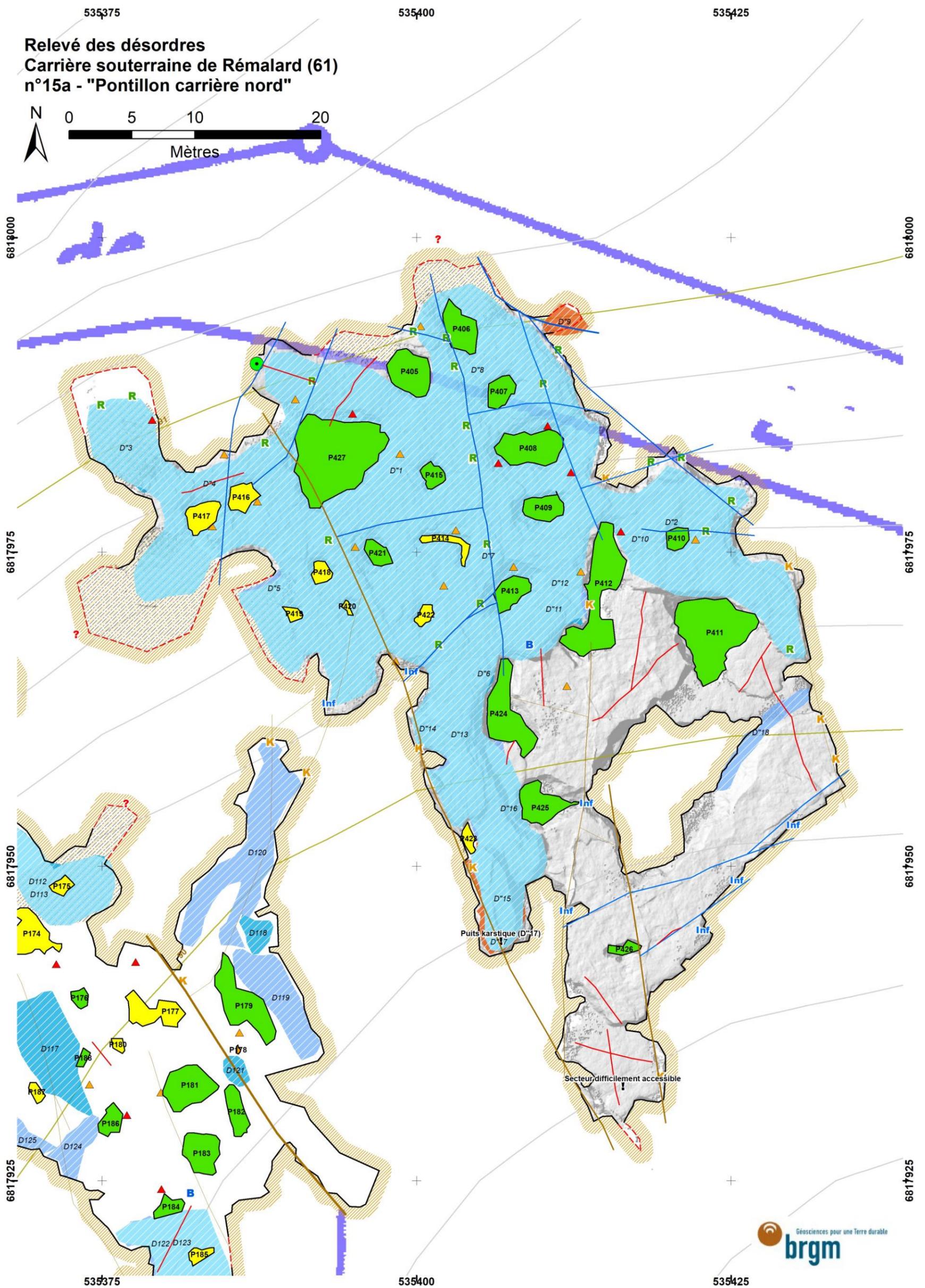


Illustration 24 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - carrière nord (n°15a)



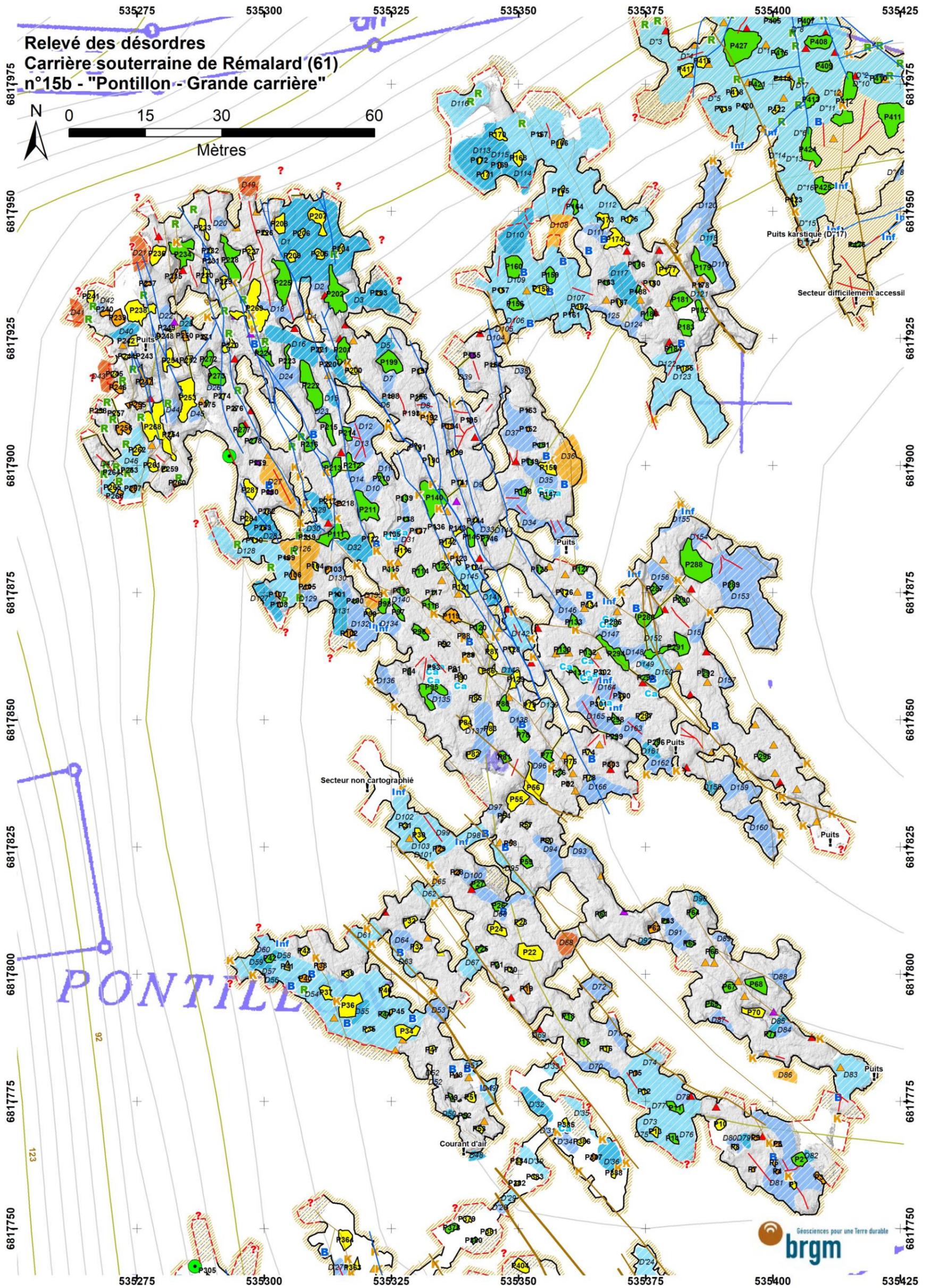


Illustration 25 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - Grande carrière (n°15b)



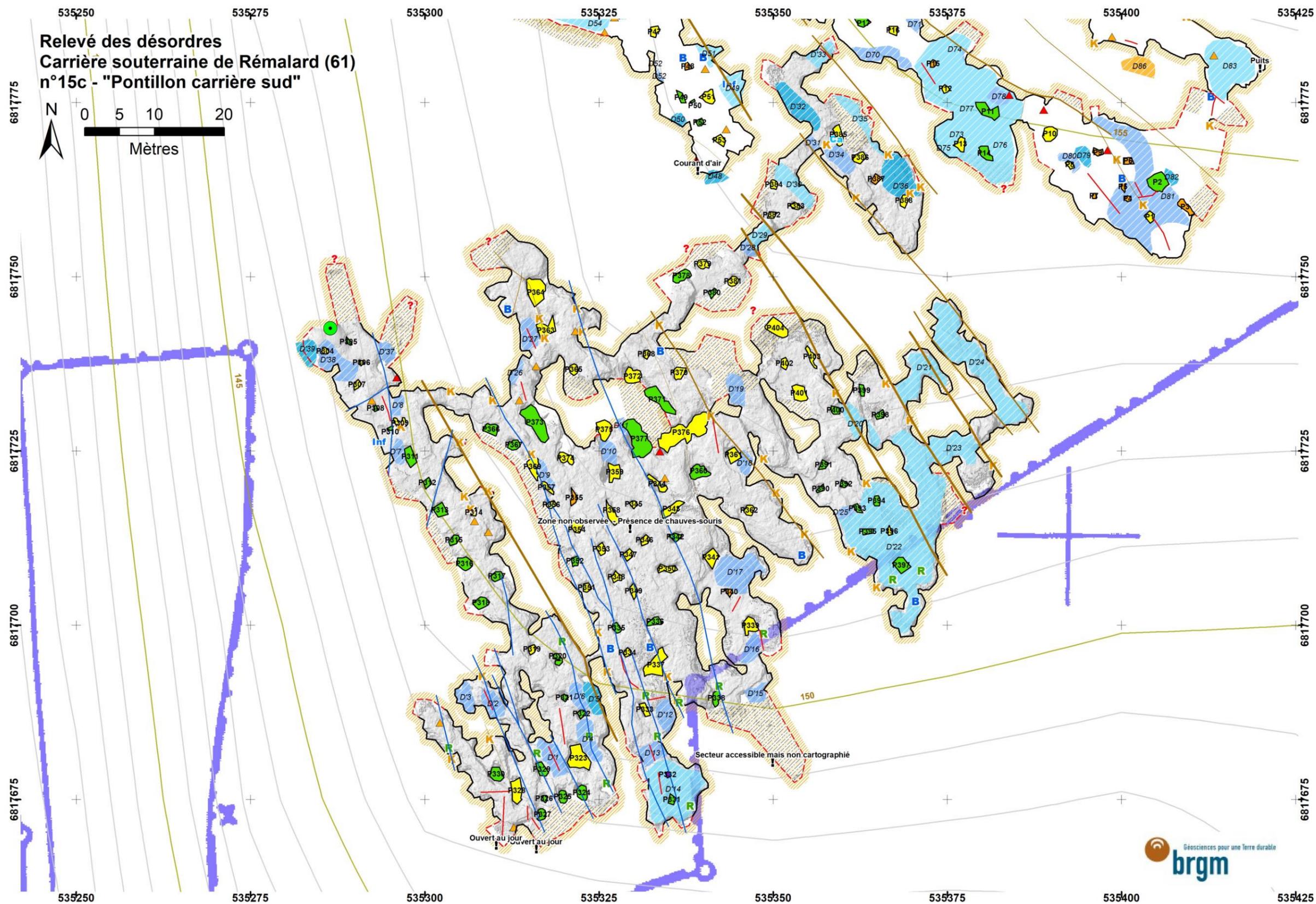


Illustration 26 : Plan de relevé des désordres de la carrière souterraine de Rémalard « Pontillon » - carrière sud (n°15c)



## 6. SYNTHÈSE, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans le cadre d'un projet portant sur l'évaluation des risques liés au vieillissement des carrières souterraines abandonnées de l'Orne et du Calvados (années 2018-2020), le BRGM a réalisé les plans de détails et le diagnostic de stabilité (niveau 1) des cavités souterraines situées au lieu-dit « Pontillon », sur la commune de Rémalard (Orne).

Il s'agit d'un ensemble de trois carrières souterraines de pierres de taille, creusées au pic selon la technique des chambres et piliers, pour l'exploitation de la Craie de Rouen du Cénomanién moyen. Cet ensemble est constitué de trois carrières (carrière « nord », « grande carrière » et carrière « sud »), autrefois connectées les unes aux autres. Les accès se font depuis trois descenderies situées sur les parcelles ZC0016 et ZC0017 (propriété privée). La « grande carrière » a servi de champignonnière jusqu'en 2012. Ces cavités sous-cavent des terres agricoles, et une petite portion de la route communale qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Elles font l'objet de visites régulières par le GMN pour le comptage des chiroptères.

L'état géotechnique général des carrières varie de **bon** à **médiocre** selon les secteurs, et plusieurs « points sensibles » ont été identifiés, notamment :

- La présence de cinq secteurs où se côtoient plusieurs piliers de section réduite, très fracturés mécaniquement ou en état de « post-rupture ». La ruine de l'un de ces piliers entraînerait probablement des dommages sur les piliers alentours, ce qui pourrait engendrer des instabilités en surface (affaissement, effondrement localisé et/ou généralisé) ;
- La présence de cinq cloches de fontis situées dans des secteurs où les épaisseurs de recouvrement sont faibles (secteur nord / nord-ouest du réseau souterrain). Leur évolution vers la surface engendrera, à terme, l'occurrence d'effondrements localisés ;
- L'extrémité nord de la carrière « nord », qui sous-cave la petite route communale qui relie la D11 au bourg de « Pontillon ». Dans ce secteur, les épaisseurs de recouvrement sont faibles (de 3,5 à 5 m), et une partie des galeries est inaccessible, ce qui ne permet pas d'exclure la présence d'instabilité de toit sous cet enjeu.

Concernant les instabilités de la voûte, la grande majorité des instabilités observées correspondent à des phénomènes « peu évolués » (écaillages isolés +/- volumineux, décollements de 1<sup>er</sup> banc de toit et chute de toit), qui à l'heure actuelle ne sont pas susceptibles d'engendrer des désordres en surface. Toutefois, ces instabilités sont nombreuses et réparties dans l'ensemble des galeries : elles représentent un danger potentiel pour les intervenants en souterrain.

Compte tenu de ces observations, et au regard des enjeux, le BRGM recommande :

- Sans délais, de prévenir les propriétaires et/ou les exploitants des parcelles agricoles situées au droit des vides du risque de mouvement de terrain ;
- Pour les intervenants en souterrain : d'éviter au maximum de stationner ou de circuler sous les instabilités ponctuelles et les instabilités de toit, notamment les décollements de 1<sup>er</sup> banc, qui peuvent évoluer en chutes de blocs ou de toit. Plusieurs phénomènes de ce type, relativement récents, ont été observés en souterrain. Il s'agit donc de phénomènes potentiellement instables qui constituent un danger non négligeable pour les intervenants en souterrain ;

- D'être particulièrement vigilant sur l'apparition de tassements, fissures, affaissements ou effondrements sur la petite route qui relie la RD11 au bourg de « Pontillon ». Les épaisseurs de recouvrement y sont faibles (de l'ordre de 3 à 4 m), et la présence de galeries inaccessibles est très probable. L'occurrence de mouvements de terrain dans ce secteur à plus ou moins court terme n'est donc pas à exclure. En cas de mouvement de terrain, les services de l'Etat devront en être directement informés pour prendre les mesures qui s'imposent (investigations complémentaires, travaux de confortement, sécurisation etc.) ;
- Conformément aux règles de l'art pour ce type de cavité, nous préconisons de mettre en place une surveillance régulière de la carrière souterraine de manière à suivre leurs éventuelles évolutions. Au regard de l'état généralement médiocre, et des enjeux surface, il est recommandé d'effectuer une visite de surveillance tous les 3 ans, et de la renforcer au besoin en cas d'évènement climatique exceptionnel (période de fortes intempéries par exemple) ;
  - o L'évolution des piliers qualifiés de très fracturés (en orange sur le plan du diagnostic), et particulièrement ceux situés dans les secteurs A à E ;
  - o L'évolution des 5 fontis identifiés dans la partie nord / nord-ouest du réseau souterrain ;
  - o L'évolution des galeries de la partie nord de la carrière « nord » qui sous-cavent la petite route communale ;
- Au besoin, d'approfondir le diagnostic pour ces carrières en évaluant et en cartographiant l'aléa, afin d'identifier les enjeux les plus concernés par d'éventuels mouvements de terrains liés à la ruine de la cavité souterraine.

Enfin, à l'avenir, dans le cas d'une éventuelle dégradation de l'état de stabilité de la carrière et/ou dans le cas d'éventuelles modifications des enjeux présents en surface, il conviendra d'envisager une mise à jour du présent document en réactualisant tout d'abord le diagnostic, puis, si besoin, en reprenant les interprétations (évaluation des dangers/risques) et les recommandations.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

**IFSTTAR** (2014) – Le diagnostic de stabilité des carrières souterraines abandonnées. Guide méthodologique. Septembre 2014

**Moguedet G., Marchand Y., Masson V., Papin H., Vauthier S., Charnet F., Lemoine B.** (2000) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille La Loupe (253). Orléans : BRGM, 102 p. Carte géologique par Moguedet G., Marchand Y., Masson V., Papin H., Vauthier S. (2000).

## 8. ANNEXES

Annexe n°1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière de Pontillon

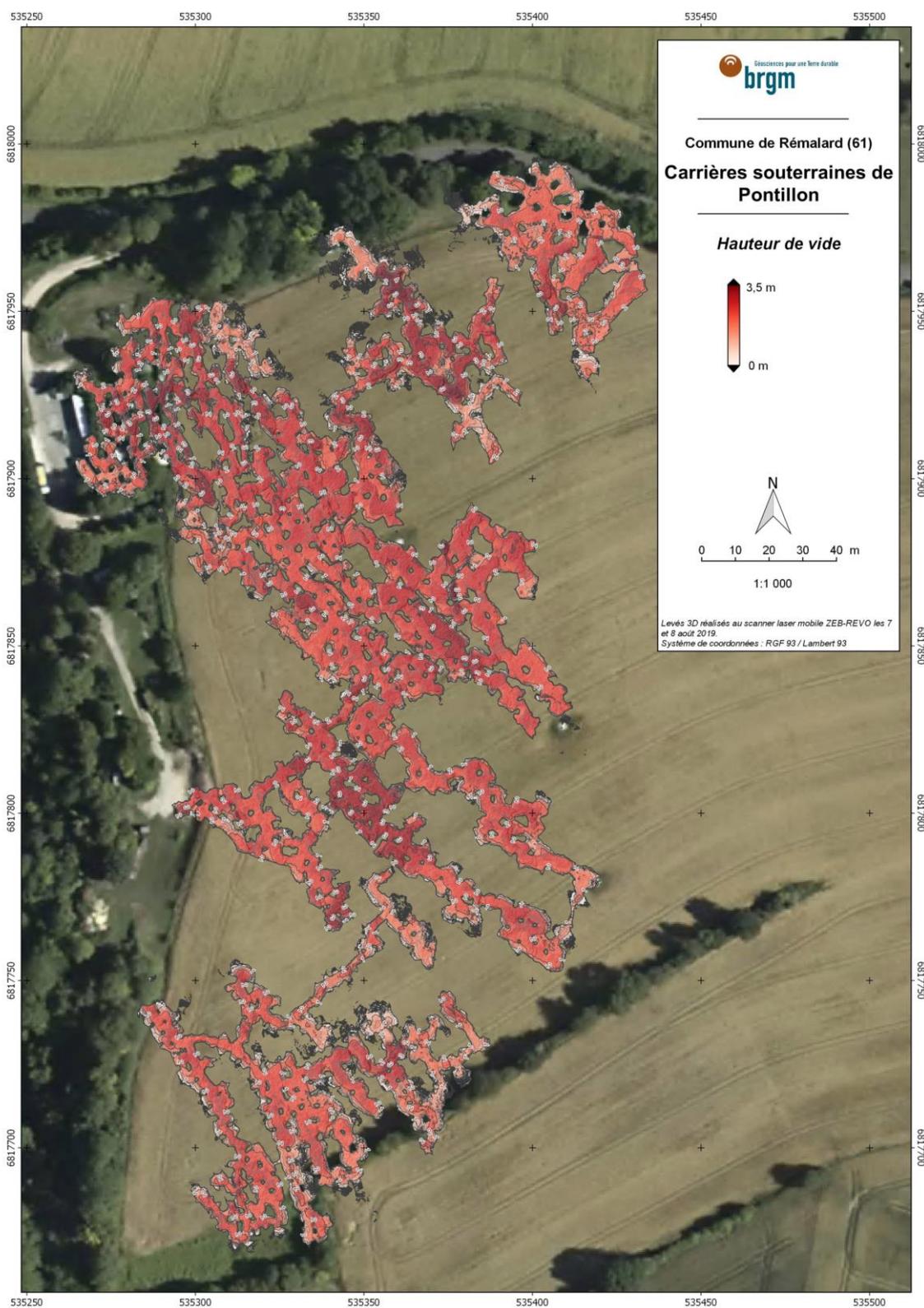
Annexe n°2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement dans la carrière de Pontillon

Annexe n°3 : Cartographie de l'altitude du toit de la carrière de Pontillon

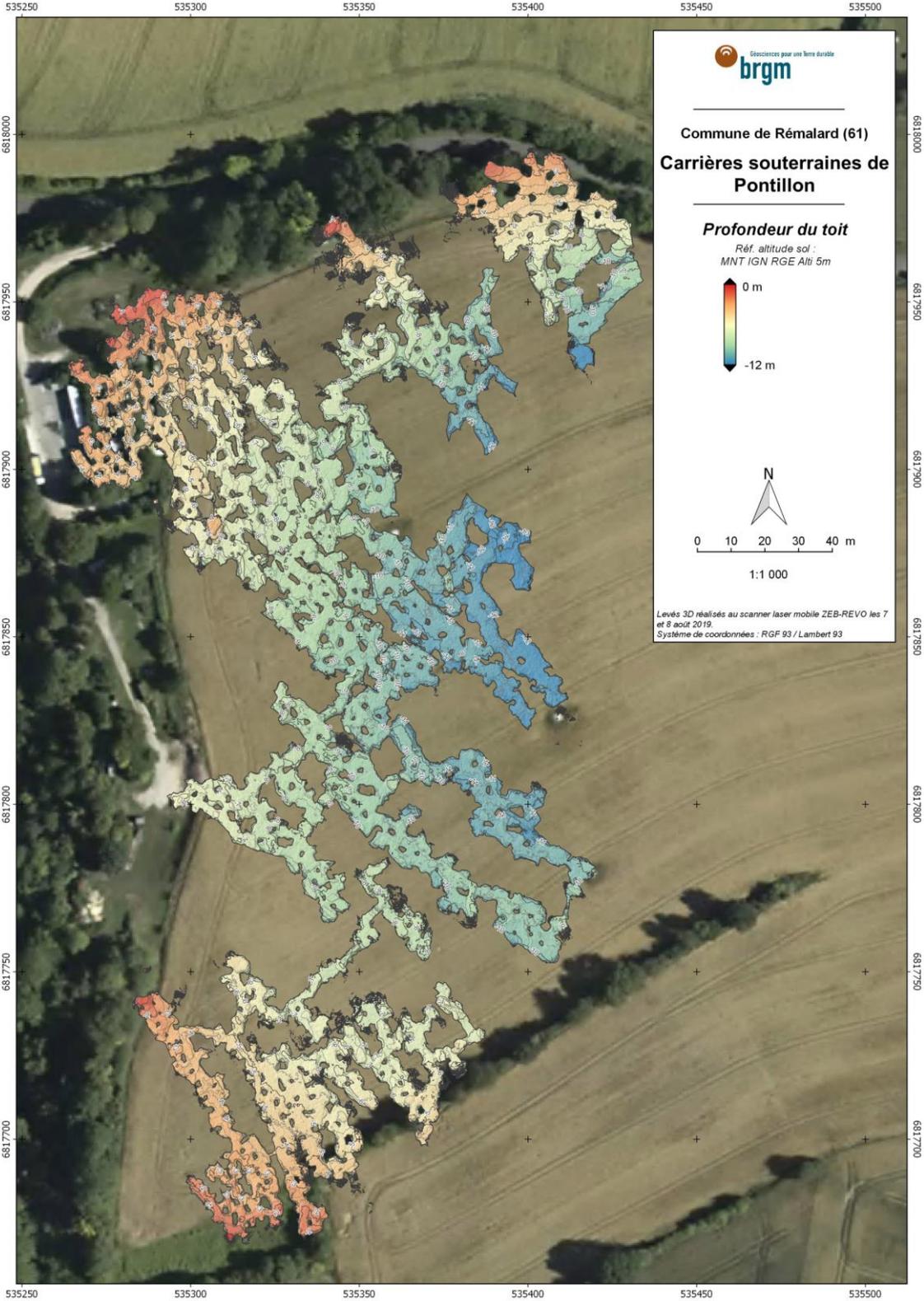
Annexe n°4 : Cartographie de l'altitude du sol de la carrière de Pontillon

Annexe n°5 : Cartographie de l'épaisseur de recouvrement au niveau de la route communale

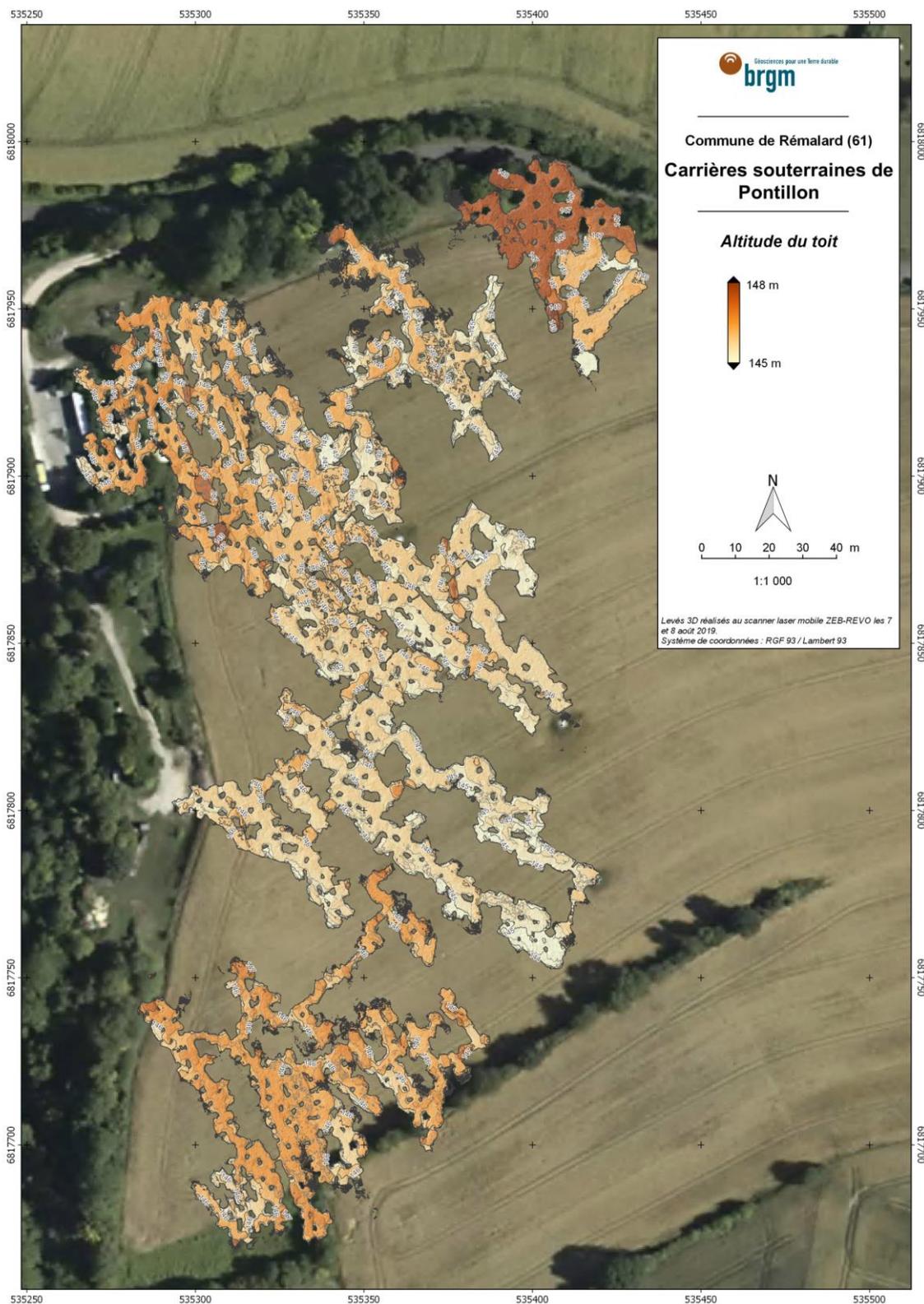
Annexe 1 : Cartographie des hauteurs de vide dans la carrière de Pontillon



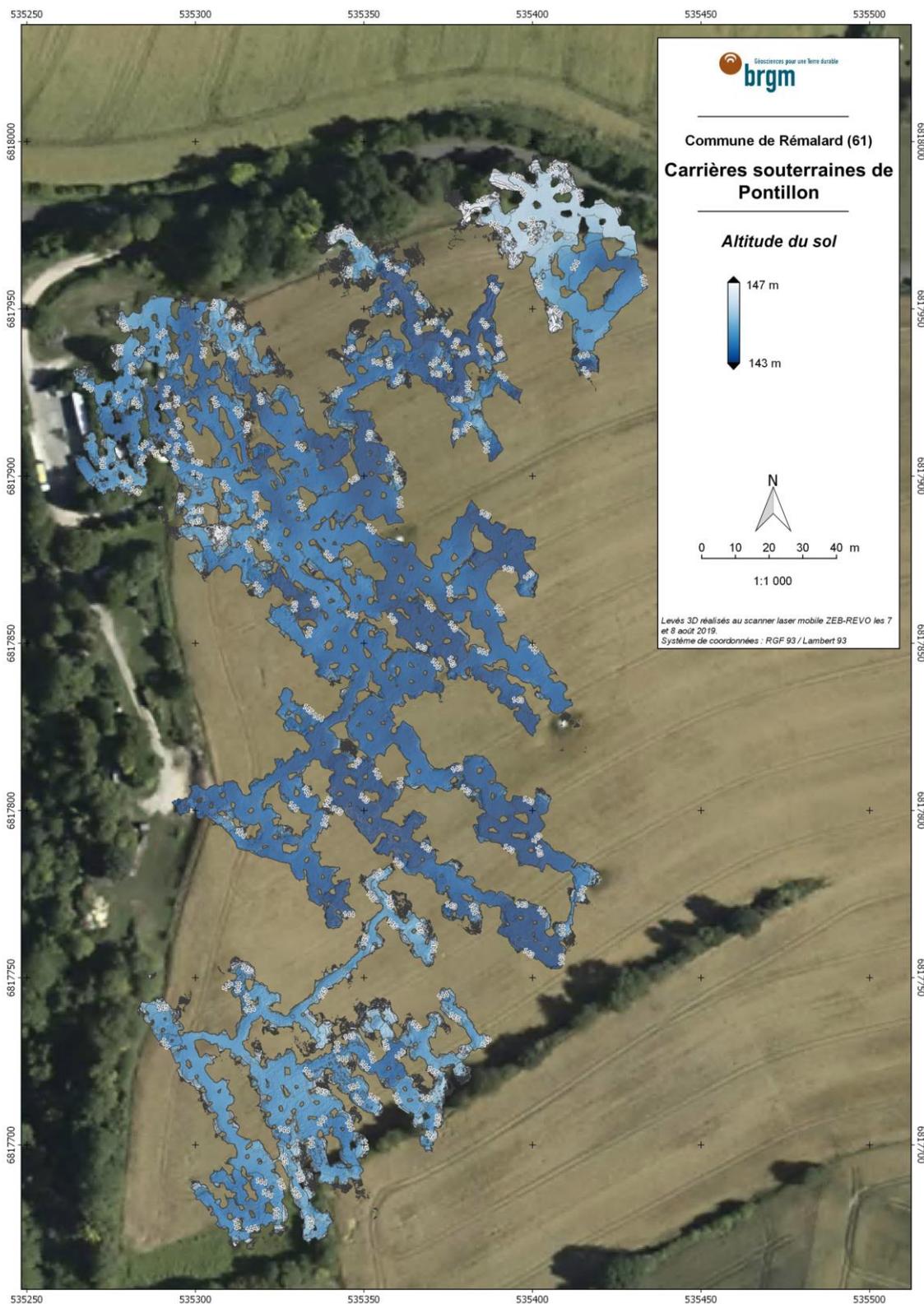
Annexe 2 : Cartographie des épaisseurs de recouvrement dans la carrière de Pontillon



Annexe 3 : Cartographie de l'altitude du toit de la carrière de Pontillon



Annexe 4 : Cartographie de l'altitude du sol de la carrière de Pontillon



Annexe 5 : Cartographie de l'épaisseur de recouvrement au niveau de la route communale

