

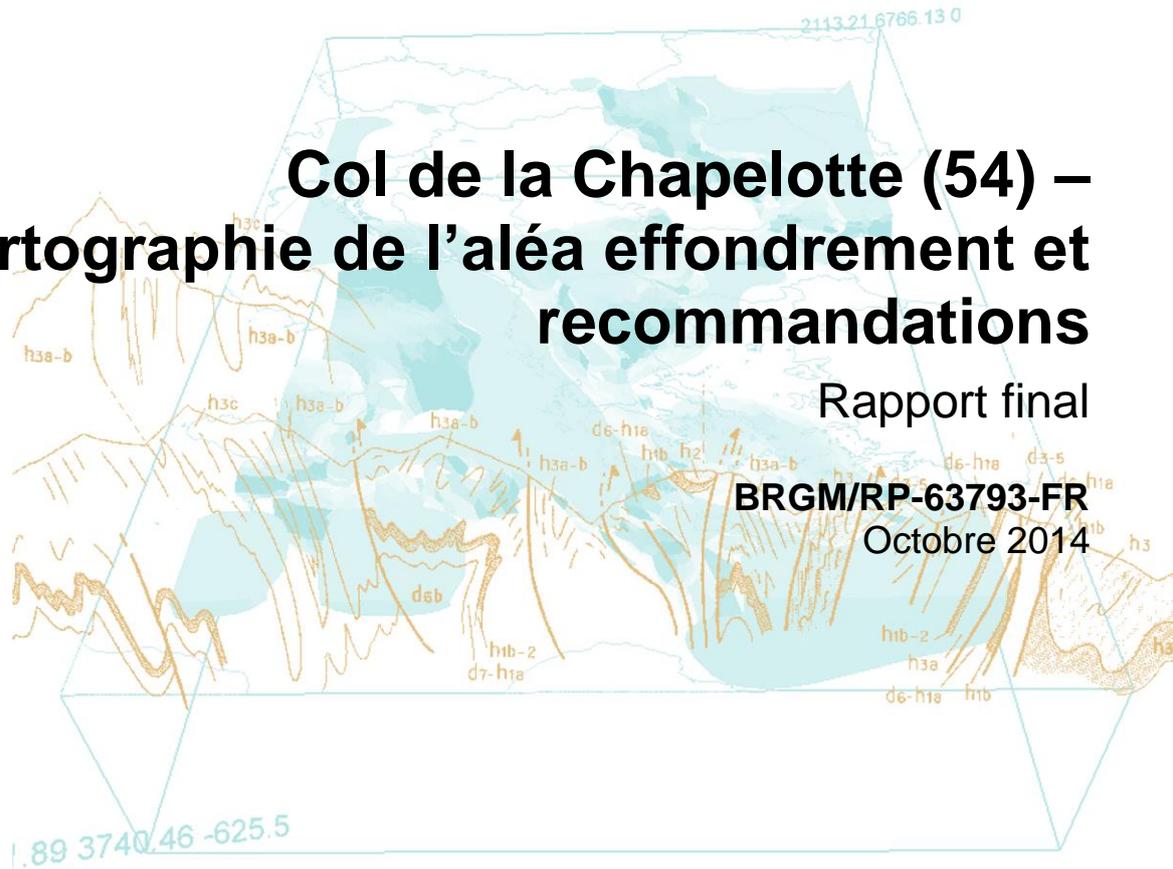


# Col de la Chapelotte (54) – Cartographie de l'aléa effondrement et recommandations

Rapport final

BRGM/RP-63793-FR

Octobre 2014



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Col de la Chapelotte (54) – Cartographie de l'aléa effondrement et recommandations

Rapport final

**BRGM/RP-63793-FR**

Octobre 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM 2013-PSP13LOR13

**C. Cartannaz**

Avec la collaboration de

**B. Meire, N. Mastio, M. Courillé**

**Vérificateur :**

Nom : Vanoudheusden E.

Fonction : ingénieur

Date : 30/11/2014

Signature : 

**Approbateur :**

Nom : Midot D.

Fonction : Directeur régional Lorraine

Date : 03/12/2014

Signature : 

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



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Mots-clés** : Risque naturel, cavités, effondrement, fontis, affaissement, sape, tranchée, champ de bataille, Badonviller, col de la Chapelotte.

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

**Cartannaz C., Meire B., Mastio N., Courtille M.**, (2014) – Col de la Chapelotte (54) – cartographie de l'aléa effondrement et recommandations. Rapport final. BRGM/RP63793-FR, 27 p., 3 ill., 3 ann.

## Synthèse

Le développement touristique du Massif des Vosges constitue un enjeu économique prioritaire pour ce territoire rural. Connu pour la pratique de la randonnée, les Conseils Généraux du Haut-Rhin et des Vosges, par le biais de leur Agence Du Tourisme (ADT) ont décidé de mettre en valeur l'intérêt culturel et historique des Vosges et ont initié une démarche de mémoire des sites de la Grande Guerre. Porté par les acteurs locaux et le Commissariat à l'aménagement du Massif des Vosges, le pôle d'excellence rurale interdépartemental (PER) « tourisme de mémoire 14-18 » a été constitué et labellisé en 2011.

L'objectif de ce rapport est d'évaluer les zones à risque le long du sentier mémoire de la Chapelotte dans la Vallée de la Plaine par rapport aux phénomènes d'effondrement/affaissement de cavités souterraines à faible profondeur (1 à 2 m) et sur le court terme (jusqu'à fin 2018).

Un premier travail de cartographie a été réalisé. Le sentier et une partie des tranchées ont été positionnés au laser-mètre et à la boussole. Les observations (ouvrages, entrées, indices d'effondrement, etc.) ont été placées par rapport au sentier. Néanmoins, l'ensemble du sentier et des ouvrages ne sont pas géoréférencés au mètre près, les documents cartographiques sont schématiques et le positionnement des informations sont juste relatives entre elles, une telle précision n'étant pas nécessaire pour ce travail.

L'aléa a ensuite été cartographié selon trois niveaux (écarté, non écarté et avéré). L'aléa écarté est le plus présent. L'aléa non écarté demande des investigations complémentaires (prospection des vides accompagnés par le SSF ou géoradar) pour l'affiner sinon il devra faire l'objet de travaux de mise en sécurité. L'aléa avéré implique quant à lui la mise en place de moyens protecteurs (mise en place de panneaux qui préviennent les visiteurs du danger, mise en place de rondins de bois au sol ou en barrières, pose de géotextile).



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
1.1. CONTEXTE ET CADRE DE LA MISSION DU BRGM.....	7
1.2. TYPE DE MOUVEMENT DE TERRAIN PRIS EN COMPTE .....	7
<b>2. Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>9</b>
2.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	9
2.2. CONSULTATION D'HISTORIENS ET BIBLIOGRAPHIE .....	13
2.3. PRINCIPE DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA.....	13
<b>3. Présentation des résultats .....</b>	<b>15</b>
3.1. CARTOGRAPHIE .....	15
3.2. SYNTHESE SUR L'ALEA .....	15
3.3. PRECONISATIONS ET PARADES.....	21

### Liste des illustrations

Illustration 1 : Plan du site avec nom des secteurs clés .....	11
Illustration 2 : Carte aléa effondrement du secteur étudié.....	19
Illustration 3 : Carte des photographies et figures – Col de la Chapelotte.....	31

### Liste des figures

Figure 1 - Effondrement d'une galerie. Parades : mise en place d'une barrière interdisant l'accès (12 mètres) .....	34
Figure 2 - Profils de géoradar (zone de test) .....	36
Figure 3 – Barrières au dessus de la galerie de la Sarre. La galerie passe sous l'aléa rouge puis s'effonce progressivement en profondeur de sorte que l'aléa effondrement à court terme est écarté. ....	40
Figure 4 - Profils de géoradar de la galerie test .....	42

## Liste des annexes

Annexe 1 :	Photographies et figures .....	29
Annexe 2 :	Carte allemande au 5000ième .....	55
Annexe 3 :	Données GEORADAR .....	59

# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE ET CADRE DE LA MISSION DU BRGM

Le développement touristique du Massif des Vosges constitue un enjeu économique prioritaire pour ce territoire rural. Connu pour la pratique de la randonnée, les Conseils Généraux du Haut-Rhin et des Vosges, par le biais de leur Agence Du Tourisme (ADT) ont décidé de mettre en valeur l'intérêt culturel et historique des Vosges et ont initié une démarche de mémoire des sites de la Grande Guerre. Porté par les acteurs locaux et le Commissariat à l'aménagement du Massif des Vosges, le pôle d'excellence rurale interdépartemental (PER) « tourisme de mémoire 14-18 » a été constitué et labellisé en 2011.

Sur la base de l'expérience acquise suite à l'étude menée au Hartmannswillerkopf (rapport BRGM/RP-60779-FR) où une galerie souterraine s'est effondrée en 2006 sous le sentier principal, il est apparu impératif que soit prise en considération la sécurisation des autres sites historiques de la Grande Guerre dans le cadre de leur valorisation.

L'objectif de ce rapport est d'évaluer les zones à risque le long du sentier mémoire de la Chapelotte dans la Vallée de la Plaine par rapport aux phénomènes d'effondrement/affaissement de cavités souterraines à faible profondeur (1 à 2 m) et sur le court terme (jusqu'à fin 2018). Des solutions de sécurisation voire d'évitement le cas échéant seront également proposées.

## 1.2. TYPE DE MOUVEMENT DE TERRAIN PRIS EN COMPTE

Les phénomènes qui seront pris en compte concernent uniquement les effondrements et affaissements liés à la présence de cavités souterraines anthropiques. Ne font pas partie de cette convention, l'étude des phénomènes de glissements « sens large », les mouvements rocheux (chutes de blocs et éboulements), ainsi que les coulées de boue.

Néanmoins, au cas où de tels phénomènes, d'ampleur exceptionnelle, seraient constatés, le BRGM se doit de les mentionner au maître d'ouvrage (MO).

Dans la suite du rapport le terme « effondrement » est utilisé car c'est ce phénomène qui présente surtout un risque pour les usagers du sentier lors de la création d'un cratère relativement profond. Le phénomène d'affaissement qui provoque une cuvette peu profonde peut également se produire sur le site mais la distinction n'a pas été faite dans cette étude car cela demande une approche déterministe qui n'est pas forcément utile à l'évaluation du risque.

Il convient également de signaler que l'analyse systématique des ouvrages de subsurface (tranchées, abris,...) qui se comptent par plusieurs dizaines par sites, ne sera pas faite dans le cadre de cette étude ; celle-ci se focalise sur le risque d'effondrement/affaissement de souterrains. Pour ces ouvrages, soit l'interdiction d'y pénétrer sera stipulée, soit le MO mandatera une entreprise pour l'évaluation de sa structure et la définition et réalisation des confortements.



## **2. Présentation de la zone d'étude**

### **2.1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

Le secteur d'étude correspond à une surface d'environ 17 hectares. Pendant la guerre 14-18, les terres étaient françaises au Sud de la ligne de front et allemandes au Nord et à l'Est.

Le camp allemand a bénéficié d'une logistique forte de défense qui lui a permis de réaliser des ouvrages souvent bétonnés, reliés par des tranchées profondes. Le secteur allemand dispose en outre d'un réseau très développé de galeries souterraines creusées par des mineurs, certaines atteignant plus de cinquante mètres de long.

Les ouvrages français sont souvent creusés à même la roche, reliés par un réseau de tranchées peu développé. On peut noter la présence de l'usine assurant l'alimentation en électricité. On retrouve quelques indices d'une ancienne voie ferrée servant à l'évacuation des terres des galeries. Le puits J.L. Domatti était un des points d'accès aux galeries profondes qui s'étendaient jusque sous les tranchées allemandes.



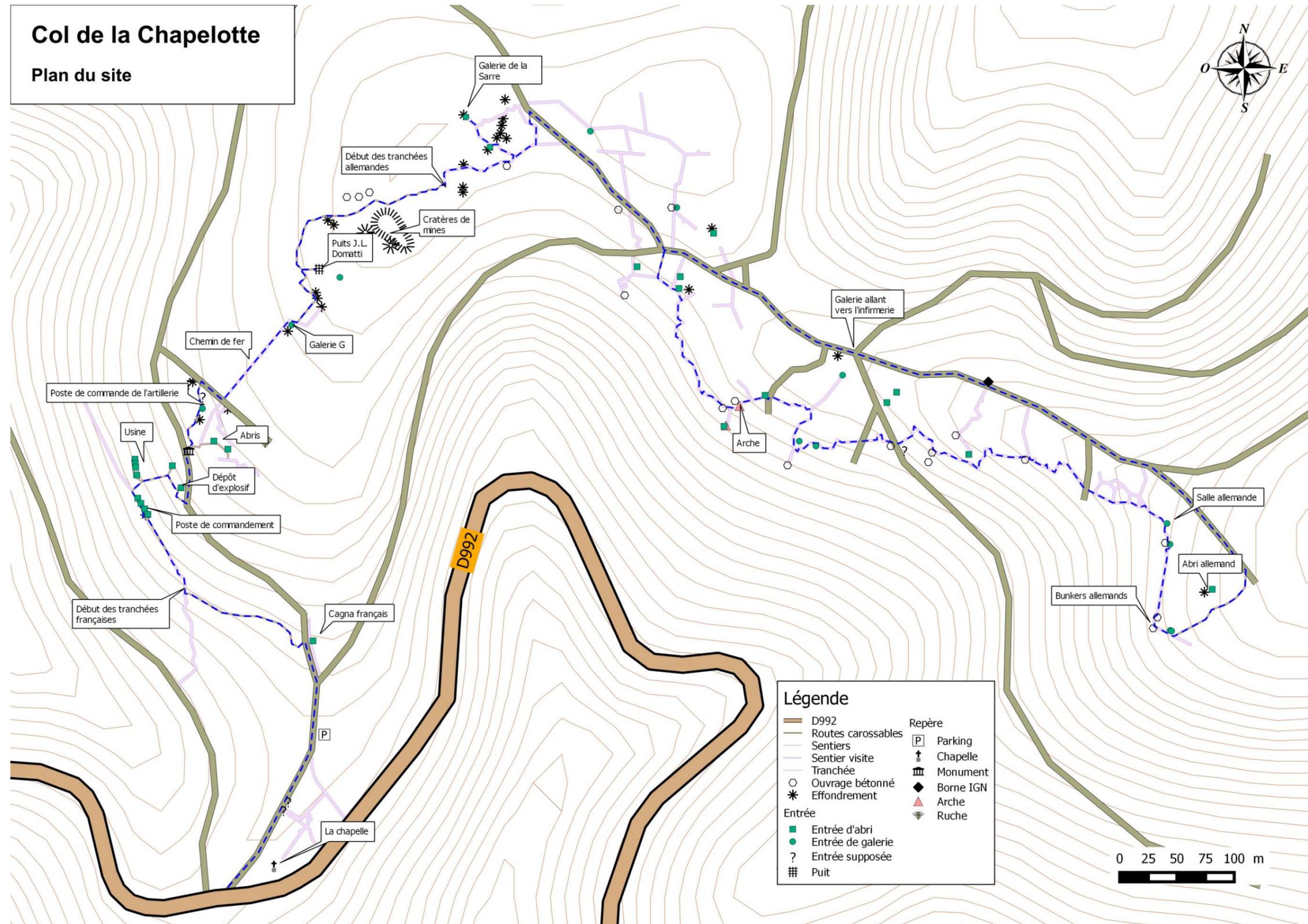


Illustration 1 : Plan du site avec nom des secteurs clés



## 2.2. CONSULTATION D'HISTORIENS ET BIBLIOGRAPHIE

Entre les deux campagnes de terrain, M. FOMBARON, historien spécialiste de la Grande Guerre dans les Vosges a été consulté afin d'acquérir des données historiques, notamment des plans (canevas de tir - position des tranchées) mais aussi des photographies aériennes d'époque (notamment en 1918 : date de fin de conflit et donc position « finale » des ouvrages militaires).

La consultation de « *La Chapelotte 1914 – 1918. Secteur oublié du front de Lorraine* » de Jacques Bourquin, Jean-Claude Fombaron et Yann Prouillet a permis également de mieux comprendre la logique du conflit.

## 2.3. PRINCIPE DE LA CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

Le niveau d'aléa effondrement des cavités de la guerre de 14-18 est défini sur une bande de 20 mètres de part et d'autre du sentier. Il est subdivisé en trois niveaux :

### ***Aléa écarté (vert)***

Le tronçon ne présente pas d'indice de présence de galeries ou de cavités souterraines ou bien la prospection des ouvrages souterrains reconnus montre leur stabilité. Il n'y a pas de préconisation particulière.

### ***Aléa non écarté (orange)***

Le tronçon présente des entrées de galerie ou des abris, mais leur prospection pour en évaluer la stabilité nécessite un encadrement (par le secours spéléologique français par exemple) ou bien l'entrée est simplement inaccessible. Le risque existant sur ces tronçons sera donc soit mieux évalué au moyen d'investigations complémentaires soit écarté par une action de remédiation ou d'évitement.

### ***Aléa avéré (rouge)***

Le tronçon présente soit une zone riche en entrées, galeries et effondrements, soit des ouvrages souterrains qui ont été investigués et dont des indices d'instabilités, comme des montés de voûte, ou des blocs instables, ont été mis en évidence. Le risque est reconnu et nécessite une action de remédiation ou d'évitement.



## 3. Présentation des résultats

### 3.1. CARTOGRAPHIE

La donnée concernant le relief du col de la Chapelotte provient de la BDalti de l'IGN au pas de 25 m. Une partie des routes provient d'image satellite. Celles qui ne sont pas visibles, ou plus récentes ont été positionnées au GPS.

Le sentier et une partie des tranchées ont été positionnés au laser-mètre et à la boussole. Les observations de terrain ont été positionnées par rapport au sentier. L'ensemble du sentier et des ouvrages ne sont pas géoréférencés au mètre près. Les documents cartographiques sont schématiques et le positionnement des informations sont juste relatives entre elles.

Une carte d'époque allemande au 1/5000 représentant les tranchées et les galeries allemandes (annexe 2) a pu être géoréférencée grâce à la cartographie d'une partie des tranchées. Un certain nombre de galeries et d'abris a ainsi pu être retrouvé.

### 3.2. SYNTHÈSE SUR L'ALÉA

Près de 8 sites ont pu faire l'objet d'inspection par le BRGM. On entend par site des ouvrages souterrains à salle unique simple ou des ensembles de pièces et galeries souterraines, des abris semi-enterrés et des bunkers.

Les investigations sont reprises en annexe 1 lorsque l'aléa est avéré ou non écarté pour avoir le détail cartographique des parades à mettre en œuvre.

#### ***La chapelle***

C'est le début de la visite du col de la Chapelotte. On retrouve quelques tranchées au niveau de la chapelle. L'ancienne maison forestière a disparu. Des tranchées débouchent au niveau de la route avec une géométrie particulière évoquant le début d'une entrée de galerie, d'où une zone d'aléa non écarté. La présence d'abri de dépôt d'armes et d'explosif est également possible.

#### ***La cagna***

Une entrée (*Photo 1* en Annexe 1) se trouve au début du sentier. Il s'agit probablement d'une cagna, c'est-à-dire d'un abri qui n'est pas fortifié. Celle-ci n'étant pas pénétrable sans assistance, elle n'a pu faire l'objet d'une visite. La dimension de cette excavation n'est pas connue.

#### ***Première galerie française***

On peut noter la présence d'un effondrement d'une galerie dont le cratère en surface est déjà entouré par des barrières en rondin de bois. L'exploration de celle-ci, vers le Sud-Est, a montré de nombreuses montées de voûte, suivant le plan de fracturation (N110 à N140) du grès. Son extension vers le Nord-Ouest est effondrée. Il est possible de deviner son entrée effondrée juste en contre bas du sentier de visite.

### ***Poste de commandement français et l'usine***

L'usine et les salles annexes ne présentent pas de danger vis-à-vis du phénomène de fontis, car les cavités sont creusées dans de la roche dure. Seules de très rares plaquettes de roche altérée peuvent se détacher du toit au niveau de l'usine, et présenteraient donc un risque pour les personnes présentes dans cette salle.

### ***Monument : la stèle corse***

En suivant le chemin depuis le monument Corse, on peut trouver deux entrées proches l'une de l'autre, la première étant à 25 mètres de la stèle (photo 2 en annexe). L'aléa vis-à-vis du sentier est non écarté car les visiteurs peuvent facilement se déplacer au droit de la cavité supposée.

### ***Poste de commande de l'artillerie***

On retrouve un réseau de galerie d'environ 10 mètres de long qui a été prospecté dans le cadre de cette étude, dont une des deux entrées barrées par des barrières en bois est effondrée. Les galeries ne semblent pas s'étendre sous le sentier et le toit est stable. L'aléa est donc écarté.

### ***Route carrossable au niveau des ruches***

Le long de cette route, on retrouve de nombreux indices d'entrées. Après analyse des données géoradar (Annexe 3), aucune cavité n'a été détectée. Les possibles galeries subodorées par les indices d'entrées sont probablement remblayées et l'aléa est donc écarté.

### ***Chemin de fer***

Le long de l'ancien chemin de fer, aucun indice de galerie n'a été trouvé, excepté à son extrémité septentrionale où l'on retrouve l'entrée de la galerie G, fermée à clé (photo 3), qui amène à un réseau de 5 sapes françaises orientées vers le front. Au Nord de celle-ci, on peut noter une multitude d'effondrements et une entrée (photo 4 et 5) qui supposent la présence de nombreuses galeries en dessous. L'aléa est donc écarté au sud de l'entrée G puis non écarté au nord. Enfin, l'aléa est avéré vers le Nord-Ouest au niveau des effondrements (photo 5) et de l'entrée (photo 4) car les terrains alentours non encore effondrés, au droit des vides qui se dirigent vers le Nord-Ouest, peuvent le devenir.

### ***Le puits J.L. Domatti***

Ce puits de 6 mètres de profondeur (photo 6 et 7) est un point d'entrée des sapes françaises allant sous le front. Le puits est en bon état et il est possible de voir, au travers de la grille en fer qui condamne l'accès, une galerie au fond de ce dernier.

### ***Le front***

On y retrouve les cratères de mines. Des explosions de plusieurs tonnes d'explosifs en profondeur ont créé des entonnoirs d'effondrement, et projeté le sol aux alentours. Le site est donc déjà sécurisé puisque les vides ont été comblés par les explosions.

### ***Début des lignes allemandes***

On retrouve de nombreuses galeries sur le plan d'époque. La plupart sont effondrées. L'aléa est non écarté à cause de la présomption forte de présence de galeries et des nombreux effondrements qui en témoignent. Concernant la galerie de la Sarre, dont un morceau du toit s'est déjà effondré, celle-ci est cartographiée en aléa avéré (cf. détail en annexe).

### ***Route carrossable dans le camp allemand***

Des entrées suspectes dans l'arrière du front allemand indiquent que d'autres galeries pourraient passer sous cette route. Néanmoins, elles ne sont pas indiquées sur la carte d'époque qui a été géoréférencée.

### ***Galerie allemande allant à l'infirmierie***

On retrouve une galerie (photo 10) qui passe en dessous de cette route. L'inspection de la galerie par le BRGM n'a pas montré d'instabilités mais la faible épaisseur de la tranche de terrain qui recouvre la galerie sous la route implique de cartographier un aléa avéré. Ce site a servi de test (figure 4) pour le géoradar pour valider la méthode de détection de la cavité qui a bien été détectée.

### ***Vers les tranchées allemandes (réseau souterrain allemand à l'Est)***

Entre la route carrossable et le début des tranchées allemandes, un réseau souterrain à l'Est du site pourrait passer sous le sentier de visite. L'aléa est donc non écarté.

L'inspection d'une partie du réseau a montré que des galeries rejoignant des bunkers passent sous le chemin. L'inspection du toit a montré de nombreuses cloches de fontis menaçant le sentier. L'aléa est donc avéré sur ces zones (figure 5 en annexe)

### ***Tranchées allemandes***

Les tranchées allemandes sont globalement sûres et l'aléa est généralement écarté. On retrouve de nombreux abris bétonnés, mais aucun indice d'instabilité n'a été trouvé en surface. Quelques entrées n'ont cependant pas pu être prospectées pour des questions de sécurité (passage trop étroit qui empêche un diagnostic sur la stabilité : photo 17 à 23) ou d'inaccessibilité (galerie inondée : photo 21). Dans ces cas, l'aléa est non écarté.

### ***Jonction des tranchées allemandes avec la voie carrossable***

C'est la fin de la visite. Un abri proche de la route est susceptible de passer sous la route. L'aléa est donc non écarté.

La route carrossable qui retourne au col ne présente aucun indice d'entrée et d'effondrement de cavités. L'aléa est donc écarté.



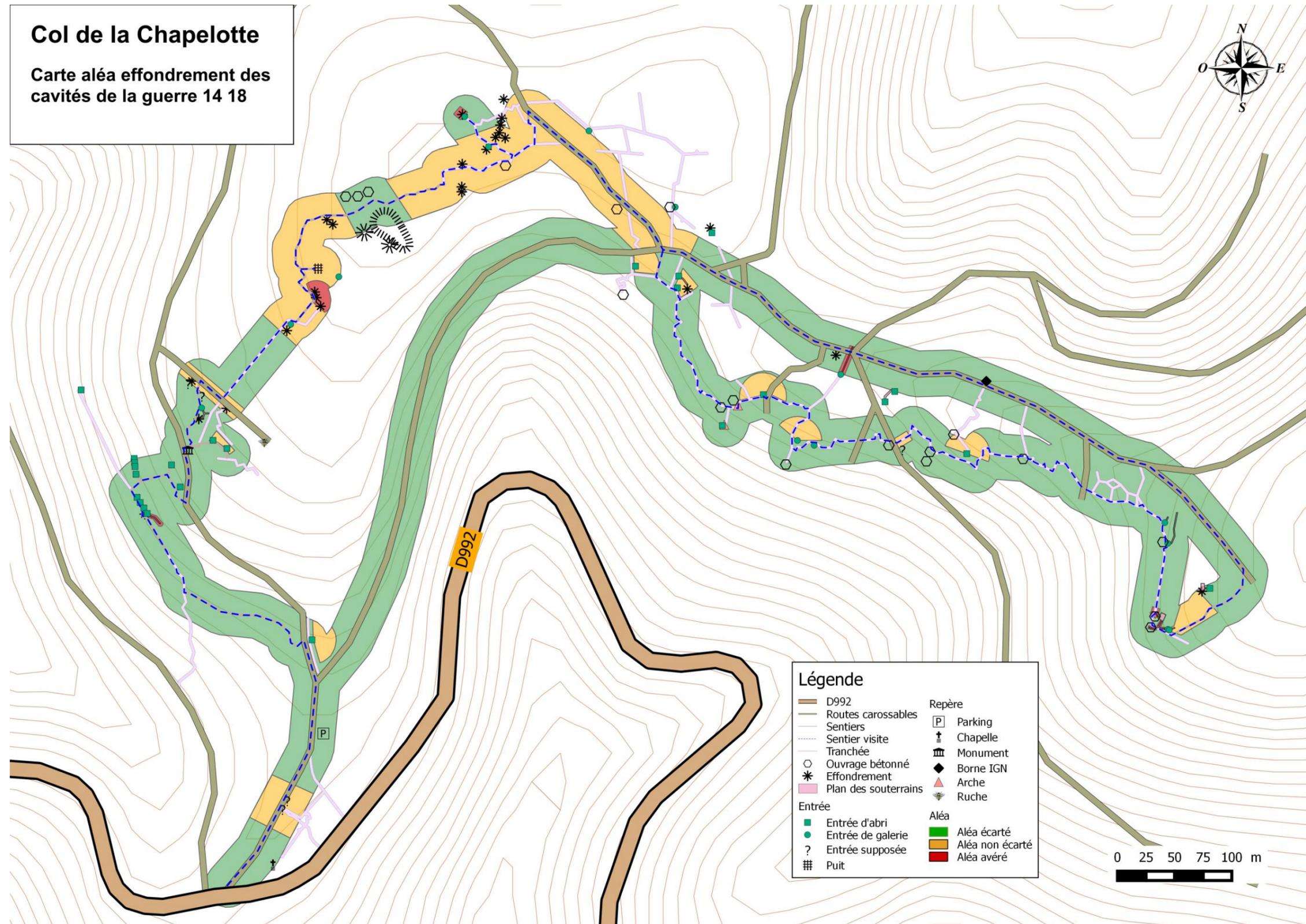


Illustration 2 : Carte aléa effondrement du secteur étudié



### **3.3. PRECONISATIONS ET PARADES**

#### ***La chapelle***

Afin de lever l'indétermination de ce tronçon, il est préconisé de réaliser des investigations par géoradar le long de la route, au niveau des entrées supposées. A cause de la présence probable d'un abri de dépôt d'armes, il est même conseillé d'effectuer des mesures géoradar sur l'ensemble de la partie de routes carrossables (donc facilement mesurable avec le géoradar) entre le parking et le col.

#### ***La cagna***

L'intervention avec le SSF permettrait de vérifier le type (abri, départ de galerie) et l'étendu du vide, ainsi que la stabilité du toit.

#### ***Première galerie française***

L'accès à la galerie est déjà en partie sécurisé par des barrières en rondin de bois. Une sécurisation plus complète sera obtenue par l'ajout de 12 mètres de barrières supplémentaire afin d'interdire l'accès sur la zone où les fontis sont susceptibles d'apparaître (cf. plan en détail en annexe).

#### ***Poste de commandement français et l'usine***

Il faudra sonder le toit des salles au marteau et purger toutes les plaquettes de roches altérées qui sont prêtes à se détacher. A défaut de cette inspection par un expert, il faudra interdire l'accès à la visite de ces cavités.

#### ***Monument : la stèle corse***

Les deux entrées amènent probablement à un même abri, mais une prospection des lieux avec le secours spéléologique français serait nécessaire, afin de noter la dimension de l'excavation et l'état du toit.

#### ***Poste de commande de l'artillerie***

Pas de parades à mettre en place.

#### ***Route carrossable au niveau des ruches***

Cette zone a servi de test pour le géoradar, et deux profils (63 et 64) ont été établis (Annexe 3). Le géoradar permet de détecter des anomalies jusqu'à 2 ou 3 m de profondeur sous terre du moment qu'il existe une hétérogénéité (passage entre de la roche et du vide). Seules les anomalies de taille importante qui subodoreraient un vide de grande taille (abri ou galerie de plus de 1 mètre de large) sont sélectionnées. Ainsi, sur ce secteur aucun vide de grande ampleur n'est détecté. Il n'y a donc aucune parade à installer.

#### ***Chemin de fer***

Des barrières en bois ou des panneaux indicateurs du danger sont préconisés pour interdire ou avertir du danger. Il faudra également interdire l'accès à ces ouvertures (entrées et effondrements).

L'intervention accompagnée par le secours spéléologique français dans les effondrements (ainsi que par la porte fermée à clé de la galerie G) serait nécessaire afin de vérifier l'état du toit du réseau souterrain et de son ampleur. De plus, la cartographie de ces souterrains pourrait permettre de replacer les plans d'époques des sapes françaises et d'affiner la cartographie de l'aléa avéré.

### ***Le puits J.L. Domatti***

La galerie au fond du puits doit être prospectée avec le SSF pour s'assurer qu'il n'existe pas de départ de montée de voûte.

### ***Le front***

Pas de parades à mettre en place.

### ***Début des lignes allemandes***

Au niveau de l'entrée de la galerie de la Sarre, il convient de placer des barrières au-dessus de son entrée afin d'interdire l'accès et de vérifier l'état du toit de l'ensemble de la galerie par une visite de celle-ci avec le secours spéléologique français.

Le long du sentier qui emprunte les tranchées, des investigations au géoradar pourraient être réalisées mais le terrain accidenté et déstructuré risque de rendre l'interprétation des données inexploitable. Toutefois ces zones non investiguées, où l'aléa ne sera donc pas écarté, pourront être équipées d'un géotextile.

### ***Route carrossable dans le camp allemand***

Deux profils au géoradar sur 180 mètres chacun permettraient de vérifier qu'aucune galerie dont le toit se trouve à moins de 2 mètres de profondeur ne passe sous cette route.

### ***Galerie allemande allant à l'infirmerie***

Une étude de cette zone au géoradar (profil 58, 59, 60) a servi de test et montre une anomalie conséquente bien calée sur la galerie dont la profondeur a pu être estimée à plus de 2 mètres de profondeur (Annexe 3). Il est préconisé soit d'étaçonner la galerie afin d'une part d'éviter le départ d'une cloche de fontis et d'autre part d'éviter la rupture brutale de la tranche des terrains sus-jacents, soit de poser un radier de rondin en bois sur la route au droit de la galerie afin d'empêcher un véhicule ou une personne de tomber lorsque le cratère d'effondrement sera apparu sous le radier.

### ***Vers les tranchées allemandes (réseau souterrain allemand à l'Est)***

L'inspection des galeries avec le SSF permettrait de connaître l'étendu et la stabilité de ce réseau.

Ce souterrain est jugé dangereux et des rondins de bois sont préconisés le long du sentier (cf. détail en annexe 4).

### ***Tranchées allemandes***

Les entrées qui sont accessibles devront être prospectées avec le SSF pour statuer sur l'aléa. Les entrées supposées et qui sont inaccessibles devront faire l'objet de pose de rondin en bois (figure 6 en annexe).

Des blocs instables menaçant de chuter dans le sentier ont été observés. Certains ont été purgés par le BRGM. Un bloc de grande dimension qui est susceptible de tomber doit être purgé (*Photo 24*). L'inventaire de ces blocs instables n'est pas exhaustif et sort du cadre du cahier des charges. Il devra faire l'objet d'une étude particulière réalisée par un expert.

### ***Jonction des tranchées allemandes avec la voie carrossable***

La prospection de cet abri avec le SFF permettrait de déterminer la dimension de cet abri et de vérifier la stabilité du toit.



## 4. Conclusion

L'aléa a été cartographié selon trois niveaux (écarté, non écarté et avéré). L'aléa écarté est le plus présent, l'aléa non écarté demande des investigations complémentaires pour l'affiner ou la mise en place de moyens protecteurs. L'aléa avéré implique directement quant à lui la mise en place de moyens protecteurs.

Les préconisations peuvent être de plusieurs types :

- installation de panneaux qui préviennent les visiteurs du danger et soulignent l'interdiction de rentrer dans les cavités (tranchées françaises au nord de l'entrée de la galerie G) ;
- installation d'un géotextile au niveau du sentier qui longe les tranchées allemandes au nord des cratères de mines ;
- pose d'un radier (rondin de bois ou autre) au niveau de la galerie d'accès à l'infirmerie ;
- pose de barrières pour interdire l'accès au visiteur ;
- inspection des galeries encadrée par la SSF, un peu plus d'une dizaine d'entrées au total sont encore à reconnaître avec notamment tous les réseaux côté français au niveau de la galerie G et du puits J.L. Domatti, ainsi qu'à l'Est du site au niveau des tranchées allemandes ;
- une reconnaissance géoradar au niveau des routes carrossables car l'acquisition y est facilement adaptable et au niveau du sentier qui longe les tranchées allemandes au nord des cratères de mines. Un linéaire approximatif de 1000 m est retenu au niveau des aléas non écartés.



## 5. Bibliographie

« **La Chapelotte 1914 – 1918. Secteur oublié du front de Lorraine** » de Jacques Bourquin, Jean-Claude Fombaron et Yann Prouillet.



# **Annexe 1 :**

## **Photographies et figures**



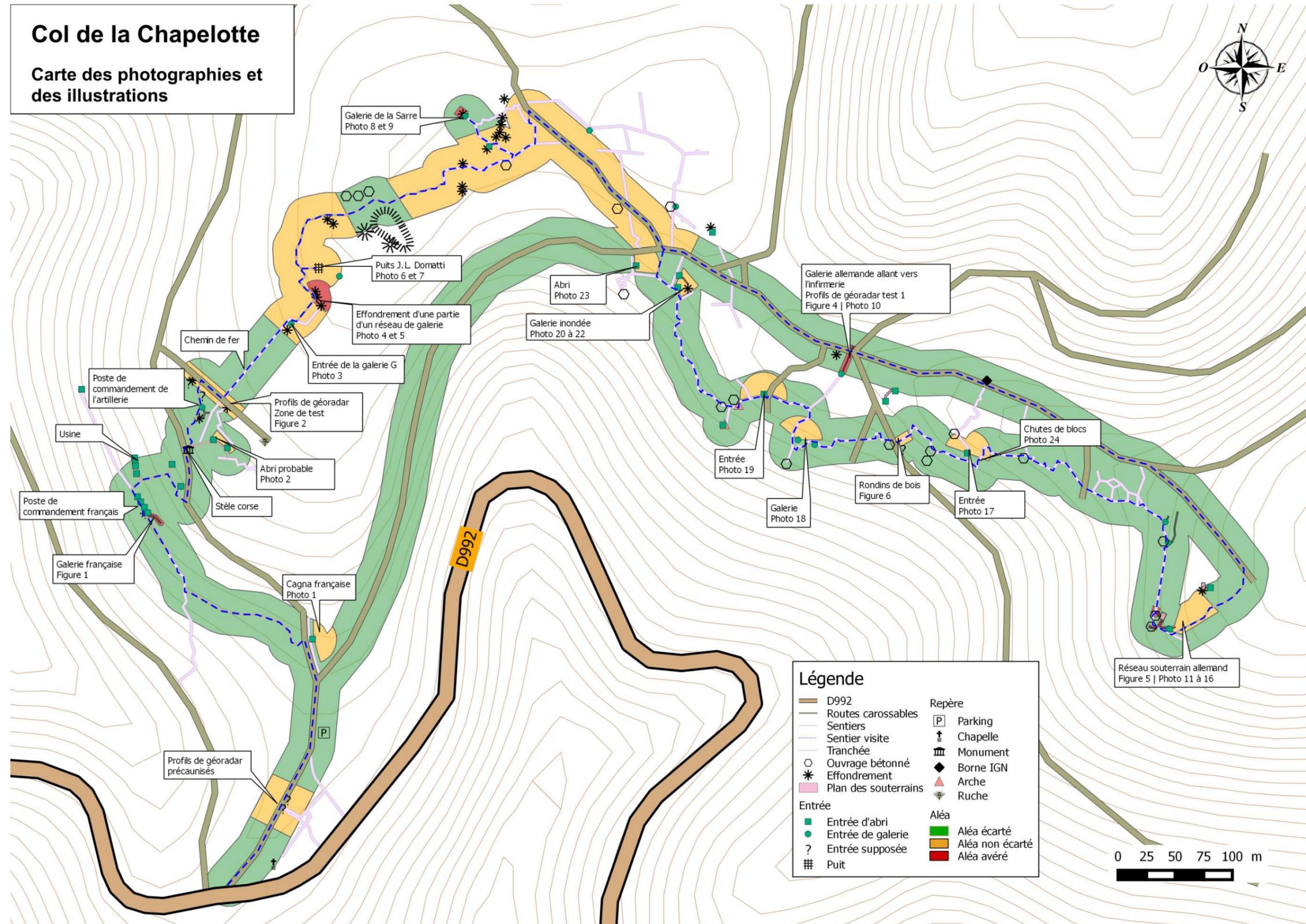


Illustration 3 : Carte des photographies et figures – Col de la Chapelotte.



### ***La cagna française***



*Photo 1 - Entrée du cagna à prospecter en étant encadré par le secours spéléologique français*

### Première galerie française

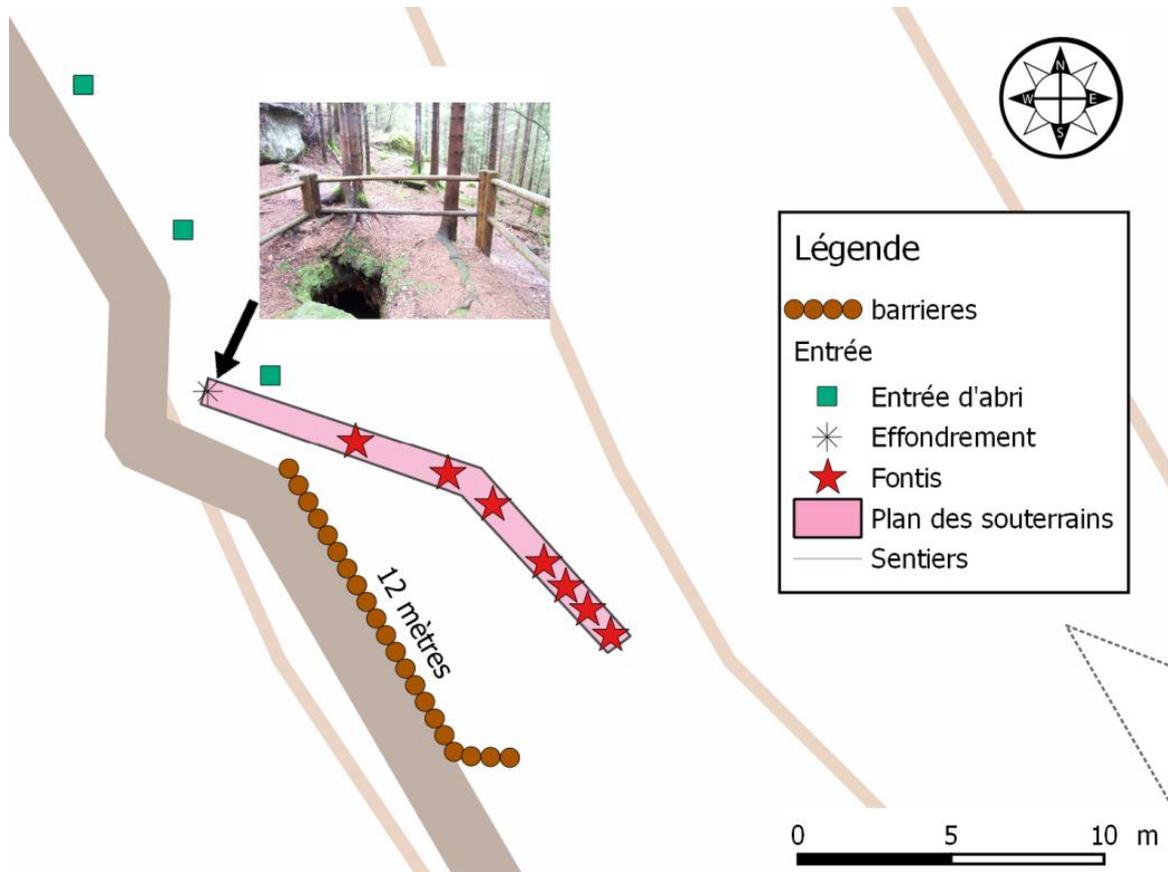


Figure 1 - Effondrement d'une galerie. Parades : mise en place d'une barrière interdisant l'accès (12 mètres)

**Abri**



*Photo 2 - Première entrée de l'abri français*

### Route carrossable allant vers la ruche

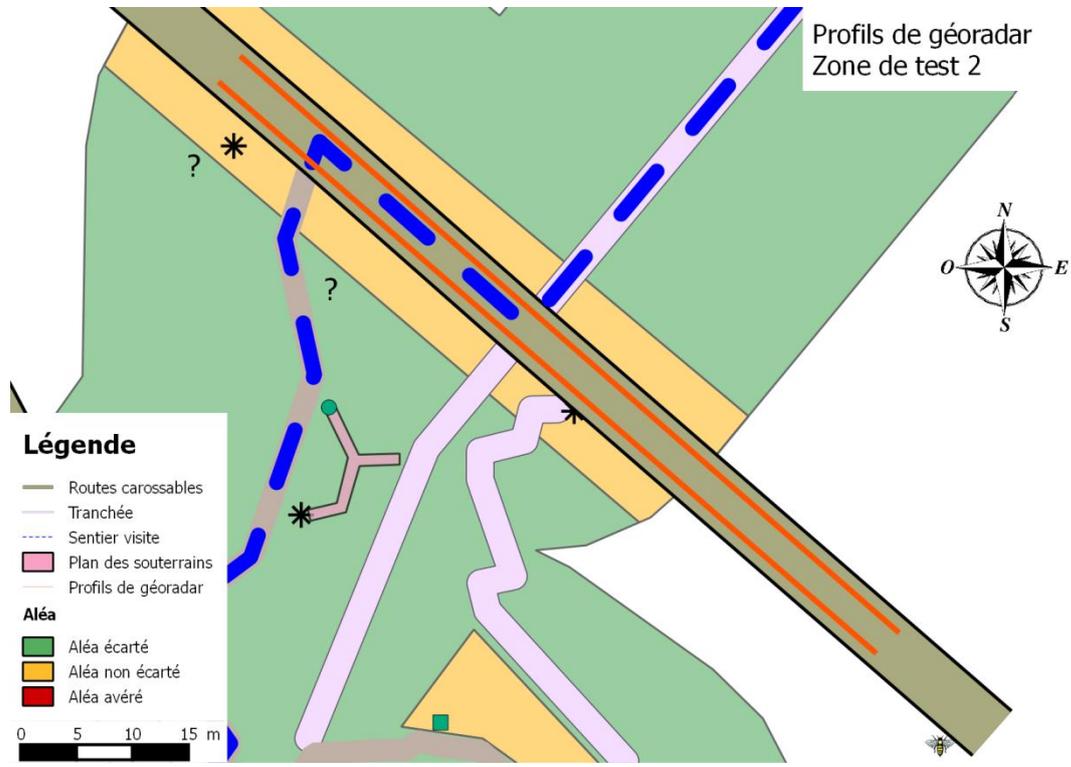


Figure 2 - Profils de géoradar (zone de test)

**Galerie G**



*Photo 3 - Entrée de la galerie G*

## ***Effondrements***



*Photo 4 – Entrée ou effondrement qui montre un départ vers le Nord-Ouest des galeries*



*Photo 5 - Effondrement*

**Puits J.L. Domatti**



*Photo 6 - Puits J.L. Domatti*



*Photo 7 - Puits J.L. Domatti (6 mètres de profondeur)*

## Galerie de la Sarre



Photo 8 - Entrée de la galerie de la Sarre

Précaunisation : Barrières au dessus du toit de la galerie de la Sarre



Figure 3 – Barrières au dessus de la galerie de la Sarre. La galerie passe sous l'aléa rouge puis s'effonce progressivement en profondeur de sorte que l'aléa effondrement à court terme est écarté.



*Photo 9 - Effondrement au dessus de l'entrée de la galerie de la Sarre. Il faut placer les barrières au niveau des arbres*

### Galerie allemande rejoignant l'infirmerie

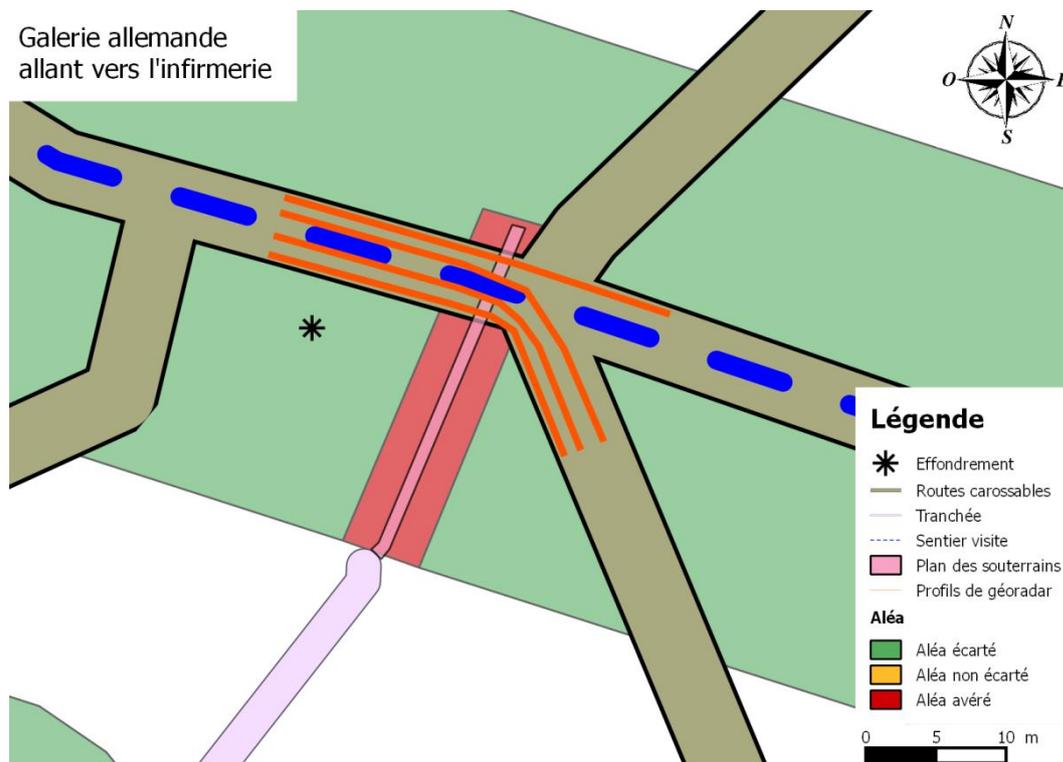


Figure 4 - Profils de géoradar de la galerie test



Photo 10 - Entrée de la galerie

### Vers les tranchées allemandes (réseau souterrain allemand à l'Est)

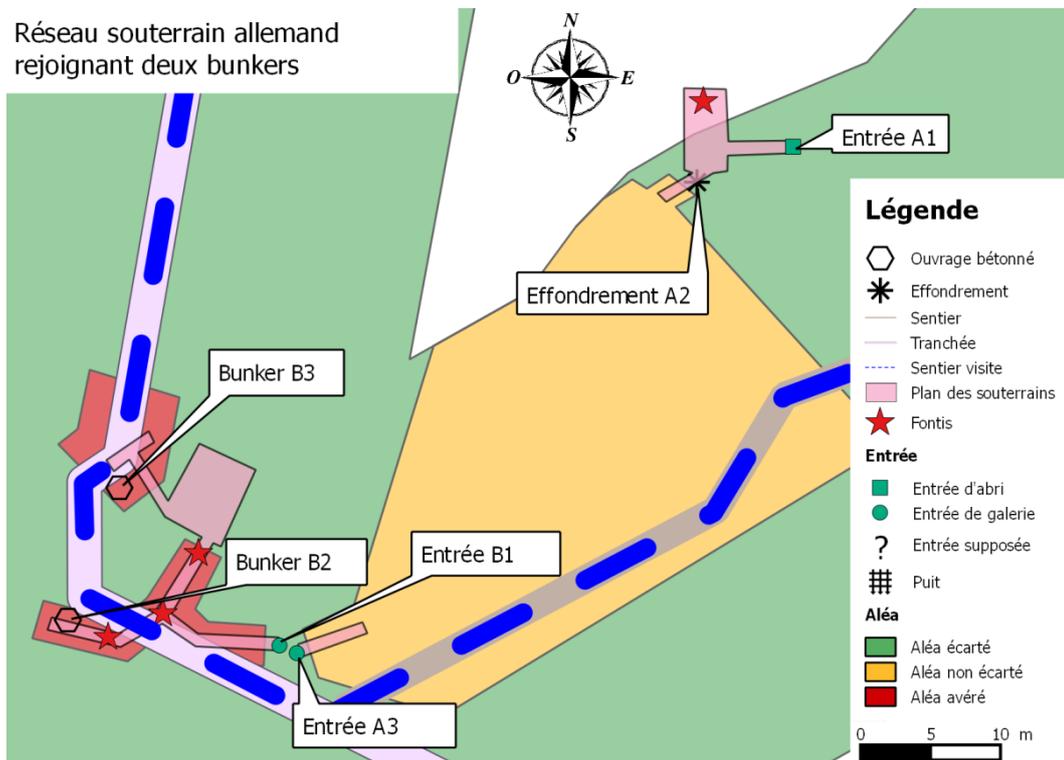


Figure 5 - Réseau souterrain allemand à prospecter accompagné du secours spéléologique français



Photo 11 - Entrée A1



*Photo 12 - Effondrement A2*



*Photo 13 - Entrée A3*



*Photo 14 - Entrée B1*



*Photo 15 - Bunker B2*



*Photo 16 - Bunker B3*

***Entrée du coté des tranchées allemandes***



*Photo 17 - Entrée*

## Rondins de bois

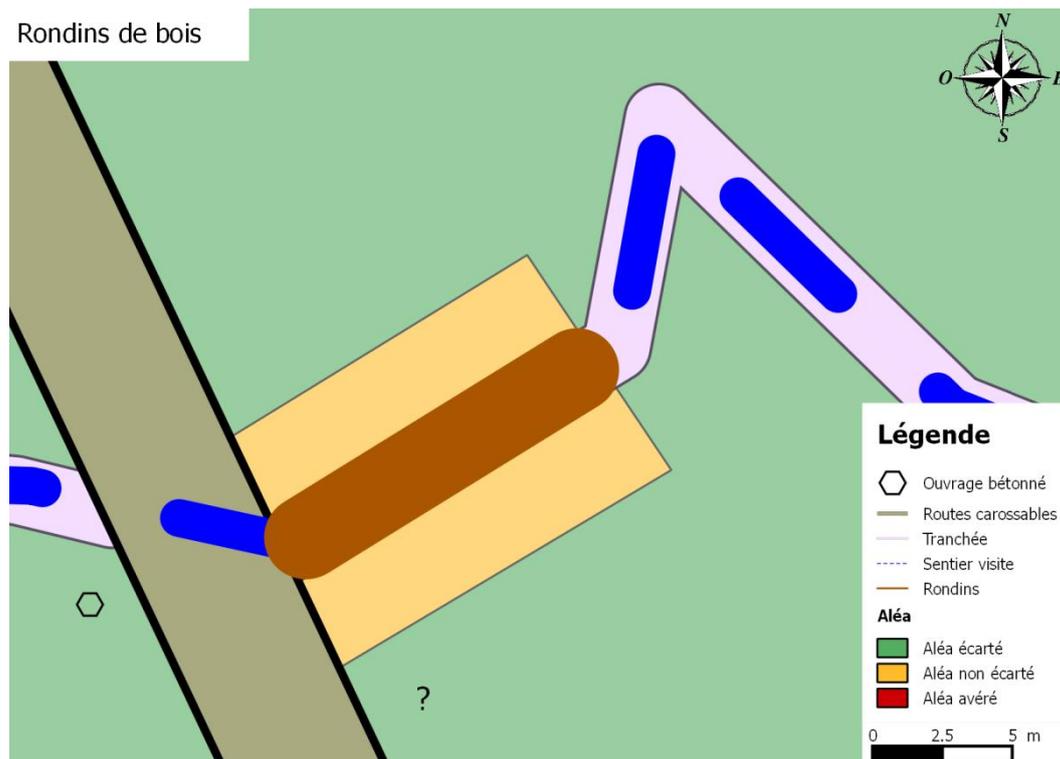


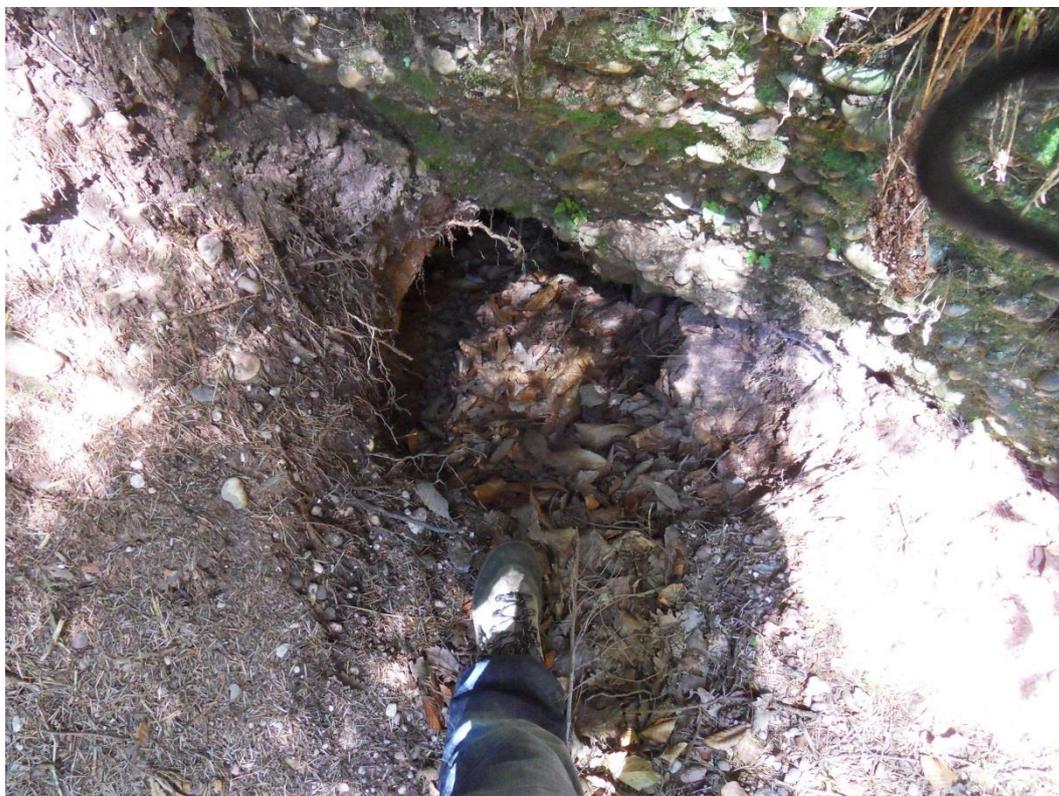
Figure 6 - Position des rondins de bois

***Galerie passant sous le sentier***



*Photo 18 - Entrée de la galerie suspectée de passer sous le sentier*

**Entrée**



*Photo 19 – Entrée*

### **Galerie inondée**



*Photo 20 - Entrée de la galerie inondée*



*Photo 21 - Intérieur de la galerie*



*Photo 22 - Plaque du toit commençant à se détacher*

**Abri**



*Photo 23 - Entrée d'un abri à proximité de la route*

### ***Chutes de blocs***

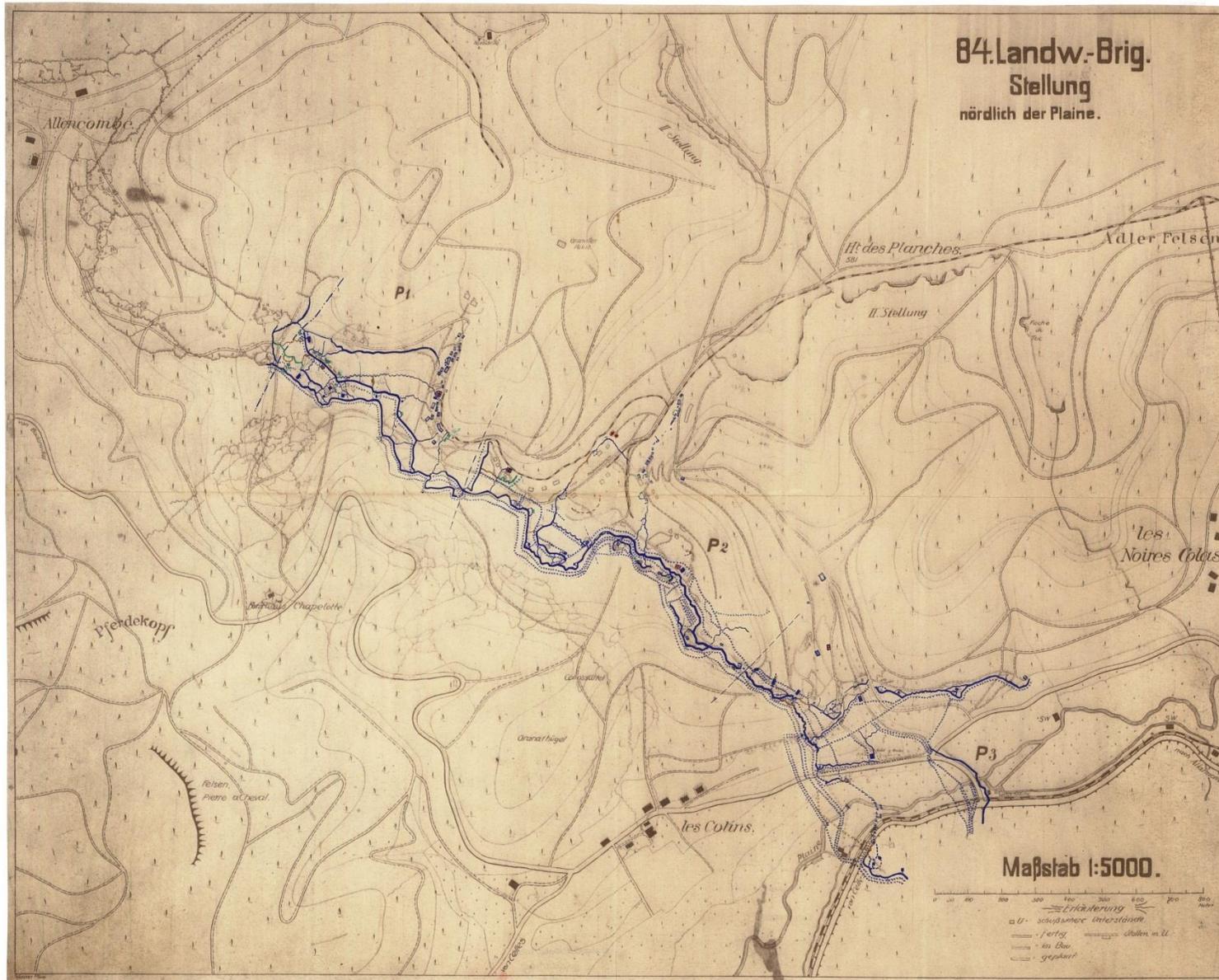


*Photo 24 - Bloc à purger*

## **Annexe 2 :**

### **Carte allemande au 5000ième**







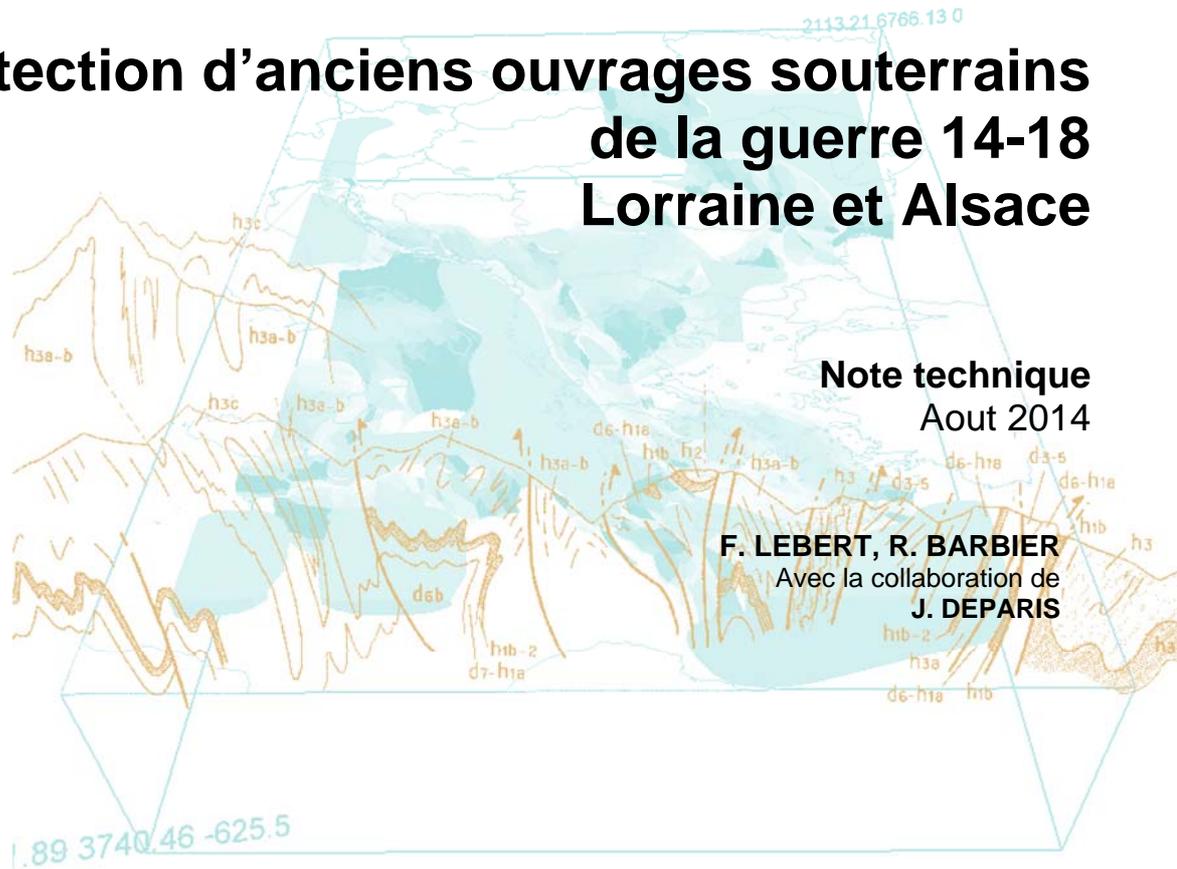
## **Annexe 3 :**

# **Données GEORADAR**





# Détection d'anciens ouvrages souterrains de la guerre 14-18 Lorraine et Alsace



**Note technique**  
Aout 2014

**F. LEBERT, R. BARBIER**  
Avec la collaboration de  
**J. DEPARIS**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Sommaire

<b>1. Rappel des objectifs .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Acquisition.....</b>	<b>4</b>
2.1. PERSONNEL ET CALENDRIER.....	4
2.2. EQUIPEMENT .....	4
2.3. TRAVAUX REALISES .....	5
<b>3. Résultats et interprétations.....</b>	<b>5</b>
3.1. COL DE LA CHAPELOTTE, SECTEUR P1 .....	5
3.2. COL DE LA CHAPELOTTE, SECTEUR P2 .....	7
3.3. TETE DES FAUX.....	8
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>9</b>

# 1. Rappel des objectifs

La préparation du centenaire de la guerre 14-18 nécessite la mise en sécurité des sites de combat notoirement connus : 4 en Lorraine et 2 en Alsace. Les flux touristiques seront canalisés sur des « sentiers de visite » dont il importe d'assurer la sécurité, particulièrement vis-à-vis du risque d'effondrement des anciennes installations militaires concernées, tranchées couvertes, sapes, souterrains, ...

Ce risque concerne essentiellement des restes d'ouvrage dont la voûte atteindrait la proximité immédiate de la surface (moins de 1 m), sous le parcours des sentiers balisés.

La méthode la plus adaptée à la recherche de ces objets superficiels est la méthode géoradar. Les terrains encaissants ces ouvrages sont essentiellement des altérites, arènes ou colluvions surmontant selon les sites (en Lorraine ou en Alsace) soit des granits et gneiss, soit des grès vosgiens.

Les données acquises durant cette mission l'ont été dans le cadre de tests de faisabilité de détection des objets investigués par cette méthode géophysique.

## 2. Acquisition

### 2.1. Personnel et calendrier

Les acquisitions sur le terrain se sont déroulées le 30 et 31 Juillet 2014. Elles ont été effectuées par R. Barbier, géophysicien de l'unité DRP/RAI.

Etaient également présent sur le terrain C. CARTANNAZ (BRGM Lorraine), B. MEIRE (BRGM Alsace), N. MASTIO (BRGM Lorraine) et M. COURTILLE (BRGM Lorraine).

L'interprétation des données acquises sera/a été réalisée par F. LEBERT en Aout 2014.

### 2.2. Equipement

L'acquisition des profils Radar a été réalisée à l'aide d'un géoradar (de marque Mala). L'antenne (blindée) utilisée émettait un signal électromagnétique à une fréquence de 500 MHz, ce qui permet d'investiguer le sous-sol jusqu'à une profondeur maximale de 3m. La distance linéique investiguée par chaque profil a été enregistrée par une roue codeuse accrochée au Radar. Un point de repère naturel fût relevé par Charles CARTANNAZ pour chaque début de profil. Des marqueurs de surface ont été ajoutés sur les radargrammes pour identifier des repères tels que des tranchées superficielles et/ou des souches d'arbres.

## 2.3. Travaux réalisés

Deux sites ont été investigués : Le col de la Chapelotte sur la commune de Badonviller et la Tête des Faux sur la commune du Bonhomme. Au col de la Chapelotte, les enregistrements ont été réalisés sur deux zones d'investigation, notées P1 et P2 (cf figure 1))

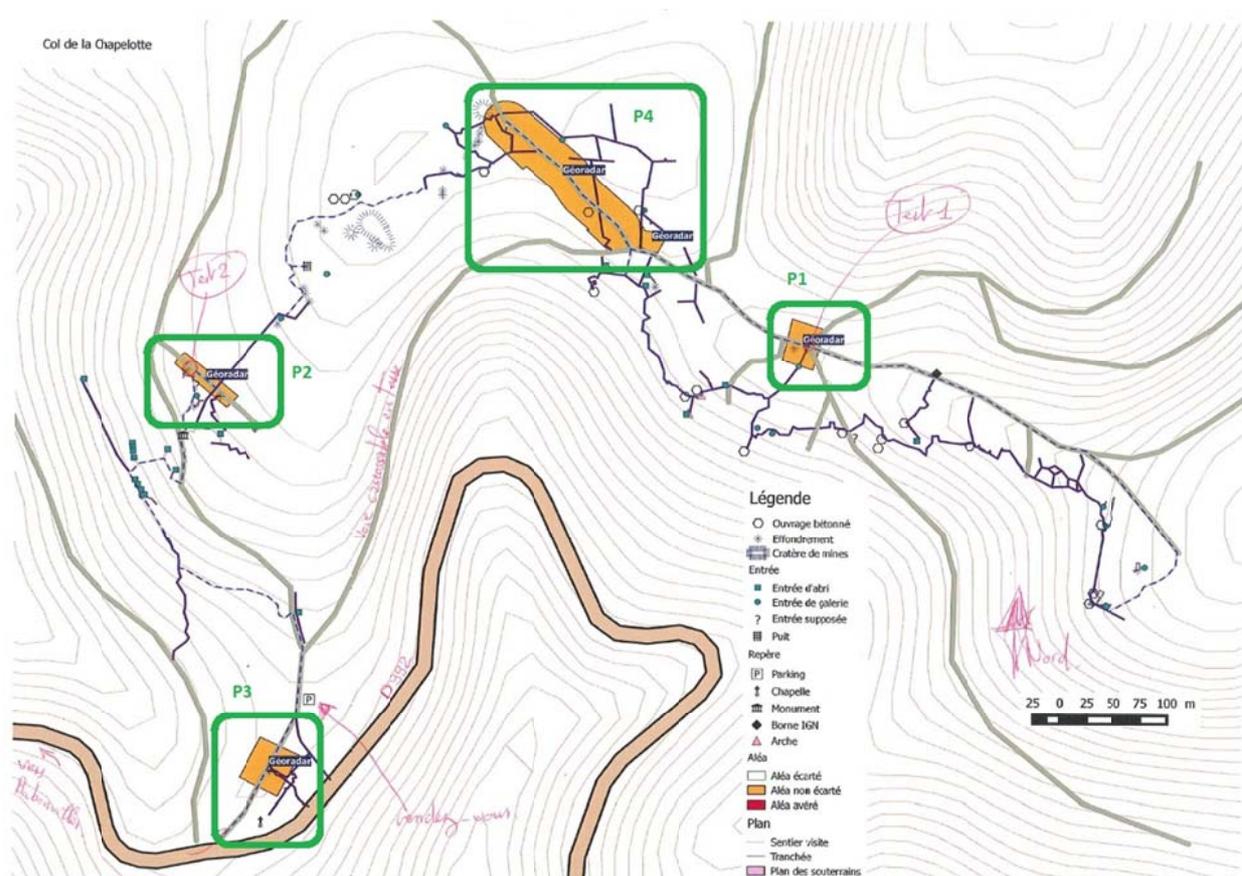


Figure 1 plan des zones d'investigation du col de la Chapelotte

En préalable à l'interprétation des enregistrements, certains réglages ont été retouchés pour en améliorer la lisibilité :

- Amplification et filtrage des traces ;
- Analyse des hyperboles pour définir la vitesse de propagation des ondes radar et en conséquence, la profondeur des éléments interprétables signalés.
- Mise en cohérence des sens de déplacement.

## 3. Résultats et interprétations

### 3.1. Col de la Chapelotte, secteur P1

Dans ce secteur, nous avons réalisé 3 enregistrements (58, 59 et 60, cf. figure 2) ; les enregistrements 58 et 60 ont été inversés de manière à débiter dans le même sens que l'enregistrement 59. Les enregistrements sont présentés en annexe.

P1

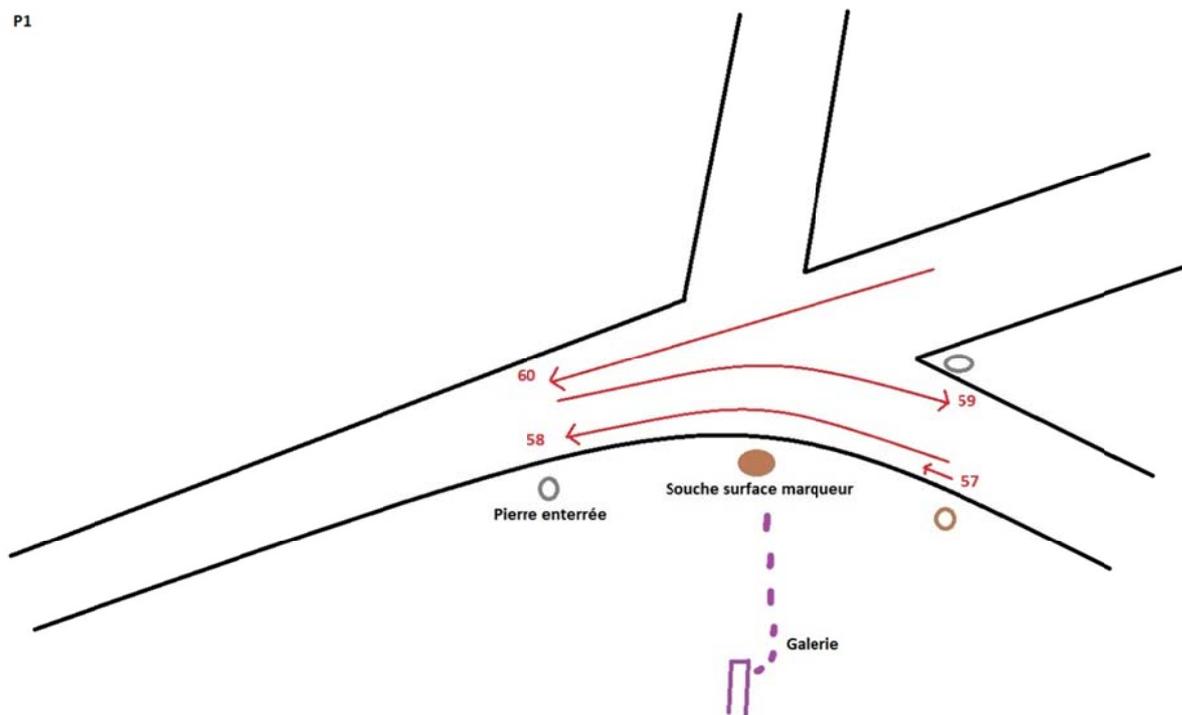


Figure 2 : implantation des enregistrements géoradar au col de la Chapelotte, secteur P1

Faits essentiels :

Une interface discontinue à mi section de l'enregistrement, soit ~1.5 m séparant un milieu hétérogène superficiel d'un substratum profond plus homogène.

Dans le milieu superficiel hétérogène, on observe

- De nombreuses hyperboles (notées « O.P. ») généralement symptomatique de la présence d'objet ponctuels (gros cailloux, grosse racine, ...), parfois rassemblés en chapelet (notées « R ? »), rappelant le ferrailage du béton, mais compte tenu du contexte, vraisemblablement à rapprocher d'un chevelu racinaire ;
- De nombreuses variations d'intensité de réflexions inorganisées réparties sur toute la hauteur de cet horizon ; certaines plages de faible intensité remontent jusqu'à la surface et peuvent être dues au passage de l'antenne sur un sol très humide, voire mouillé (boue).
- Une interface discontinue superficielle (~10 à ~20 cm)
- Des réflecteurs intenses, généralement organisés en plages courtes de 1 à 2 m de long dans le sens du profil, mais montrant également une belle continuité de ~5 m sur au moins 2 des profils (notée « Anomalie 1 »).

Dans le milieu homogène profond, on observe :

- L'absence générale de réflexions intenses, soit ponctuelles (hyperboles), soit organisées ;
- Une zone de forte intensité de 4 m de long à 2 m de profondeur clairement identifiable sur au moins 2 des profils (notée « Anomalie 2 »)

Relevé des observations :

Type d'anomalie	Enregistrement	Positions
« R ? »	58	~1, ~3 ~6 à ~8, ~13 & ~16 à ~18.5 m
	59	~4.5, ~8.5, ~14.5 & ~19 à ~20 m
	60	~6 m, ~14 à ~15 m & ~18.5 à ~19.5 m
Anomalie 1	58	~5.5 à ~10.5 m
	59	~4.5 à é 8 m
	60	N/A
Anomalie 2	58	~14 à ~17 m (mais plus faible intensité)
	59	~12.5 à ~16 m
	60	~11 à ~15 m

### 3.2. Col de la Chapelotte, secteur P2

Dans ce secteur, nous avons réalisé 2 enregistrements (63 et 64, cf. figure 3) ; l'enregistrement 64 a été inversé de manière à débiter dans le même sens que l'enregistrement 63. Les enregistrements sont présentés en annexe.

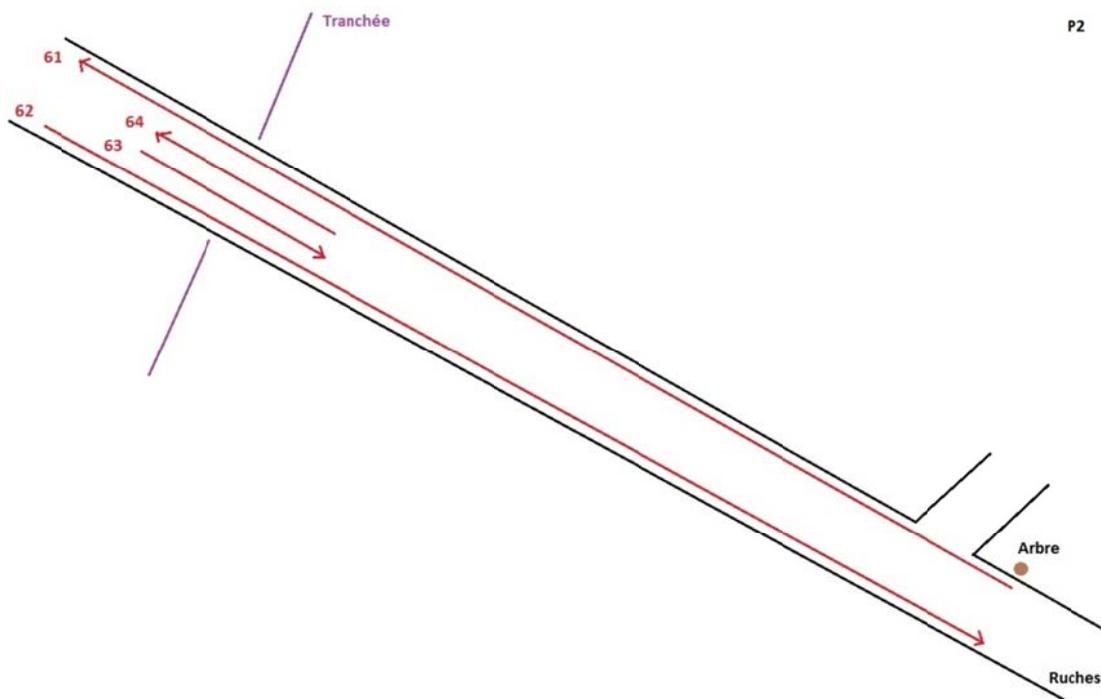


Figure 3 : implantation des enregistrements géoradar au col de la Chapelotte, secteur P2

Faits essentiels :

Pas d'interface clairement exprimée ; les réflexions observables s'étalent généralement de la surface jusqu'à une profondeur de l'ordre de ~1.3 m :

- Une première arrivée intense montrant l'homogénéité de la surface du sol.
- De nombreuses hyperboles (notées « O.P. » généralement symptomatique de la présence d'objet ponctuels (gros cailloux, grosse racine, ...), parfois rassemblés en chapelet (notées « R ? »

»), rappelant le ferrailage du béton, mais compte tenu du contexte, vraisemblablement à rapprocher d'un chevelu racinaire ; ces manifestations s'étendent en profondeurs (notées « Type 1 »)

- Des plages de faible intensité sans relation avec des variations superficielles : zones homogènes ne contenant pas de réflecteurs (notées « Type 2 »).

1 réflecteur profond, vers 1.5 m de profondeur et de de 1 à 2 m de long dans le sens du profil (notée « Anomalie »).

Relevé des observations :

Type d'anomalie	Enregistrement	Positions
« R ? » & Type 1	63	0 à ~7 & ~14 m à fin
	64	0 à ~2, ~5 à ~8.5, ~11 à ~16 & ~18 à ~19.5 m Hyperbole isolée intense à 7.8 m
Type 2	63	~7 à ~14 m
	64	~8.5 à 11, ~13.5 à 15.5 m
Anomalie	63	~9.25 à ~10.25 m
	64	~10.5 à ~11 m

### 3.3. Tête des Faux

Dans ce secteur, nous avons réalisé 2 enregistrements (68 et 69, cf. figure 4) ; l'enregistrement 69 a été inversé de manière à débiter dans le même sens que l'enregistrement 68. Les enregistrements sont présentés en annexe.

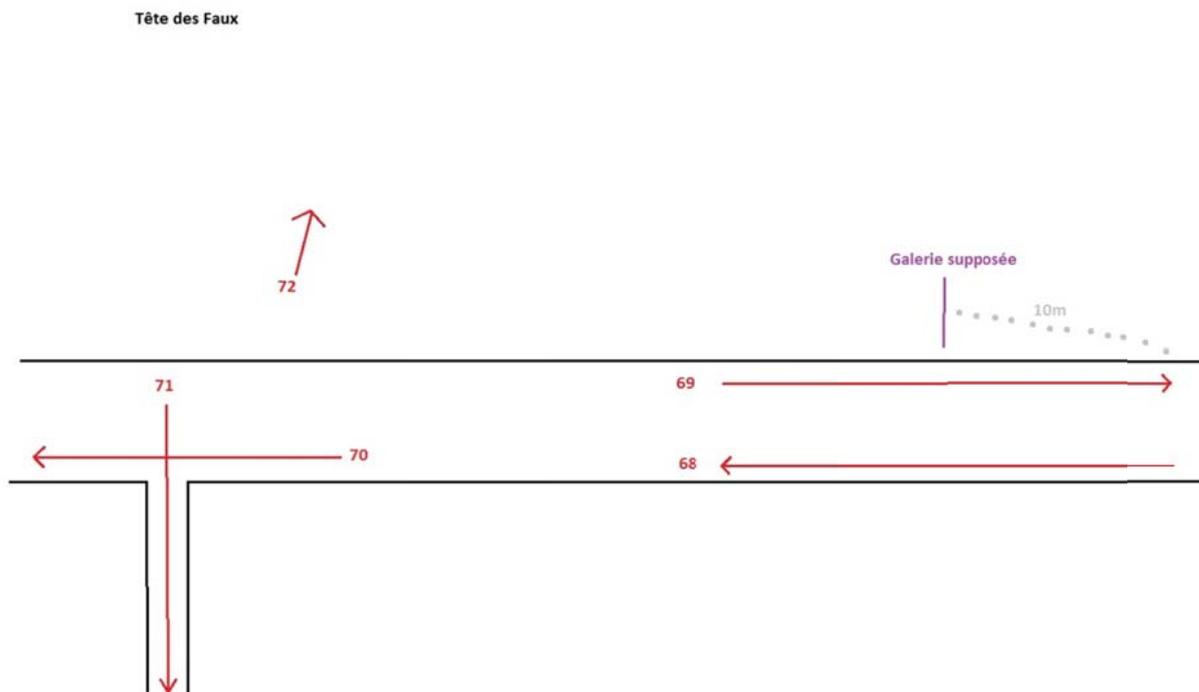


Figure 4 : implantation des enregistrements géoradar à la Tête des Faux

Faits essentiels (définis sur l'enregistrement 68 ; peu ou pas de corrélation avec l'enregistrement 69) :

Pas d'interface clairement exprimée ; les réflexions observables s'étalent généralement de la surface jusqu'à une profondeur de l'ordre de ~0.75 m :

- Une première arrivée discontinue, recoupé par des zones d'hyperbole intense (infra).
- De nombreuses hyperboles généralement symptomatique de la présence d'objet ponctuels (gros cailloux, grosse racine, ...), parfois rassemblés en chapelet (notées « R ? »), rappelant le ferrailage du béton, mais compte tenu du contexte, vraisemblablement à rapprocher d'un chevelu racinaire ; ces manifestations s'étendent en profondeurs
- Pas de plages de faible intensité
- Des anomalies ponctuelles dont 2 hyperboles bien marquée (« O.P.1 », superficielle, et « O.P.2 », profonde : ~1.25 m) et des réflecteur « en colonne » (artefact multiple ou objet vertical ?), notés « Anomalie 1 » et « Anomalie 2 ».

Relevé des observations :

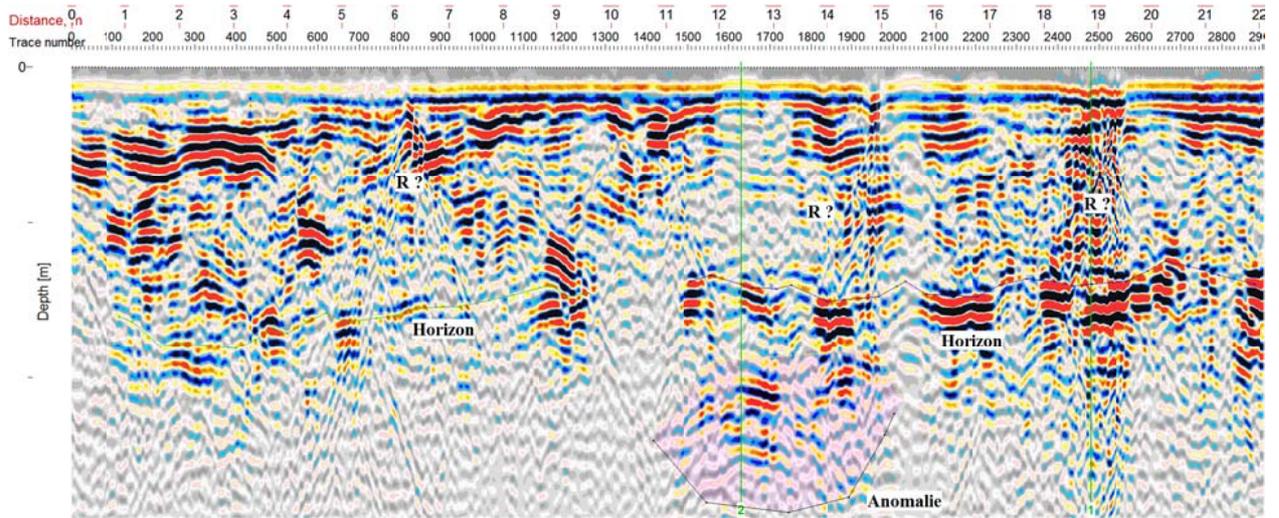
Type d'anomalie	Enregistrement	Positions
O.P.1	68	~6.5 m
	69	????
O.P.2	68	~14 m
	69	~16 m
Anomalie 1	68	~8 m
	69	~7 m (faible intensité)
Anomalie 2	68	~13 m ?????
	69	~15 m (faible intensité)

## 4. Conclusion

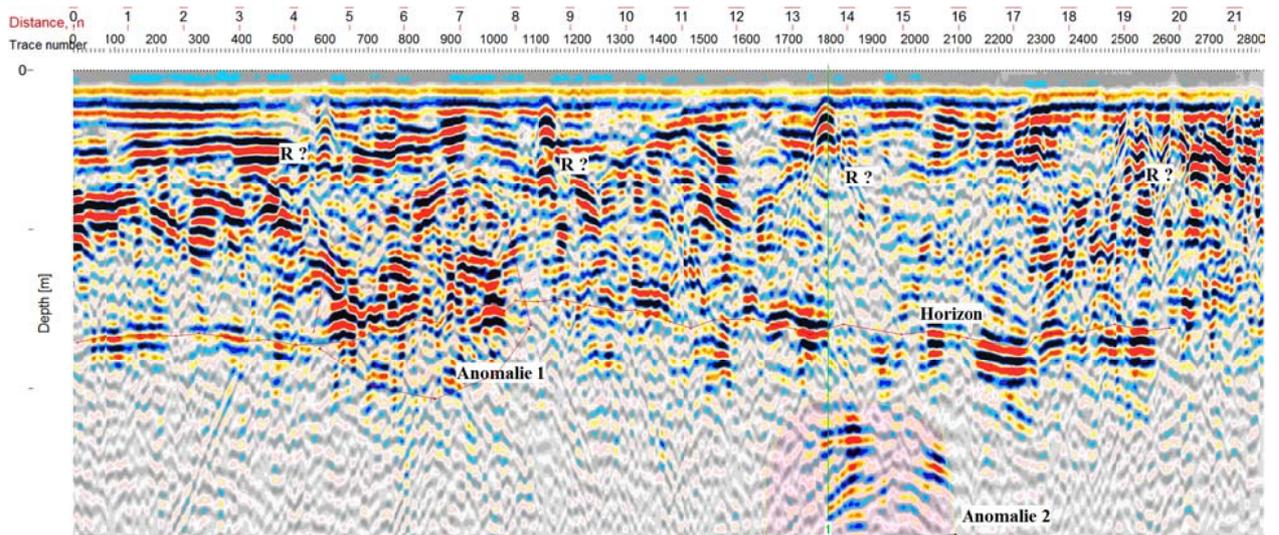
Les tests géoradar effectués en Lorraine et Alsace dans le cadre d'étude des sites de combats de la guerre 14-18 destinée à en préparer la mise en sécurité, montre sur les enregistrements:

- Sur le secteur P1, une anomalie radar bien développé, en correspondance avec la position d'une galerie connue.
- Sur le secteur P2 et à la Tête des Faux, des anomalies compatible avec la présence d'ouvrages souterrains (tranchées remblayées), sans cependant apporter de preuve formelle de leur existence. Cependant, ces anomalies d'extension limitée ne semblent pas correspondre à d'importants vides souterrains.

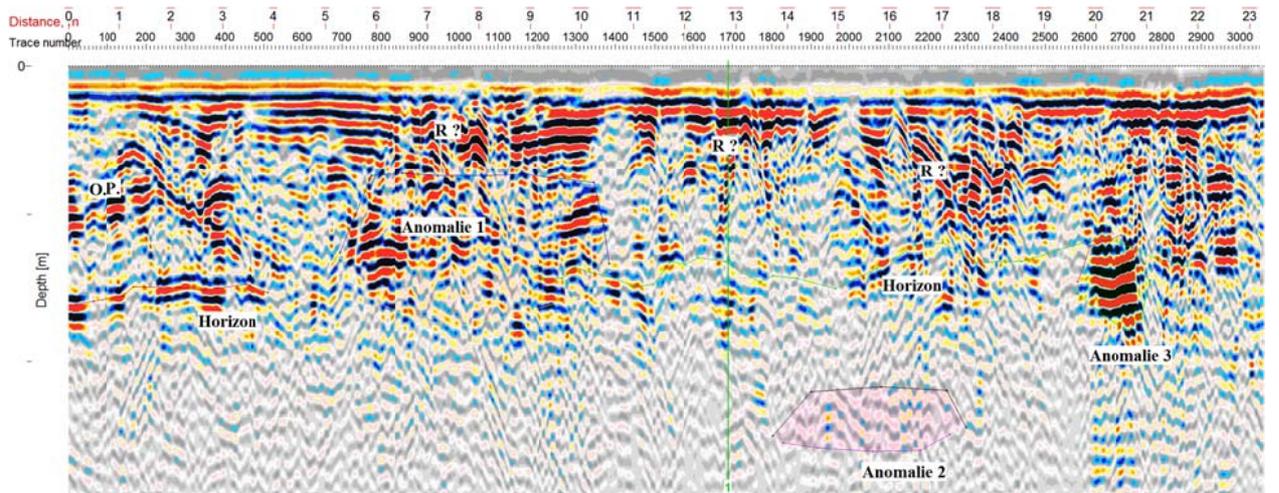
## ANNEXE : Enregistrement Géoradar



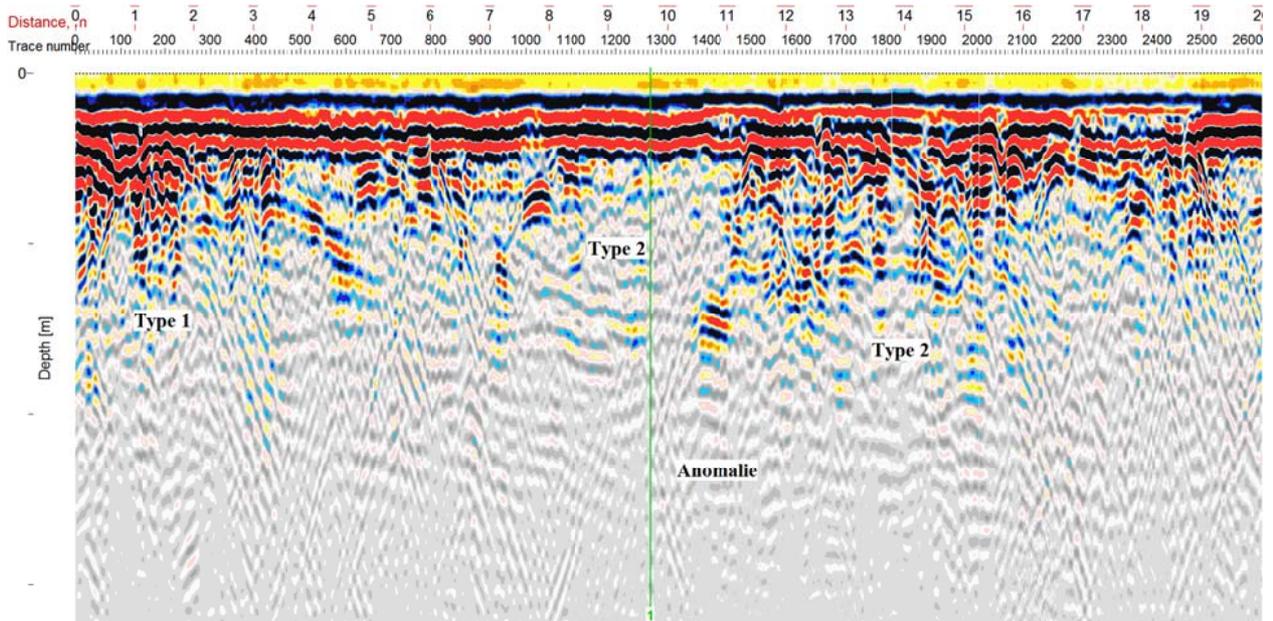
Col de la Chapelotte, secteur P1, Enregistrement 60



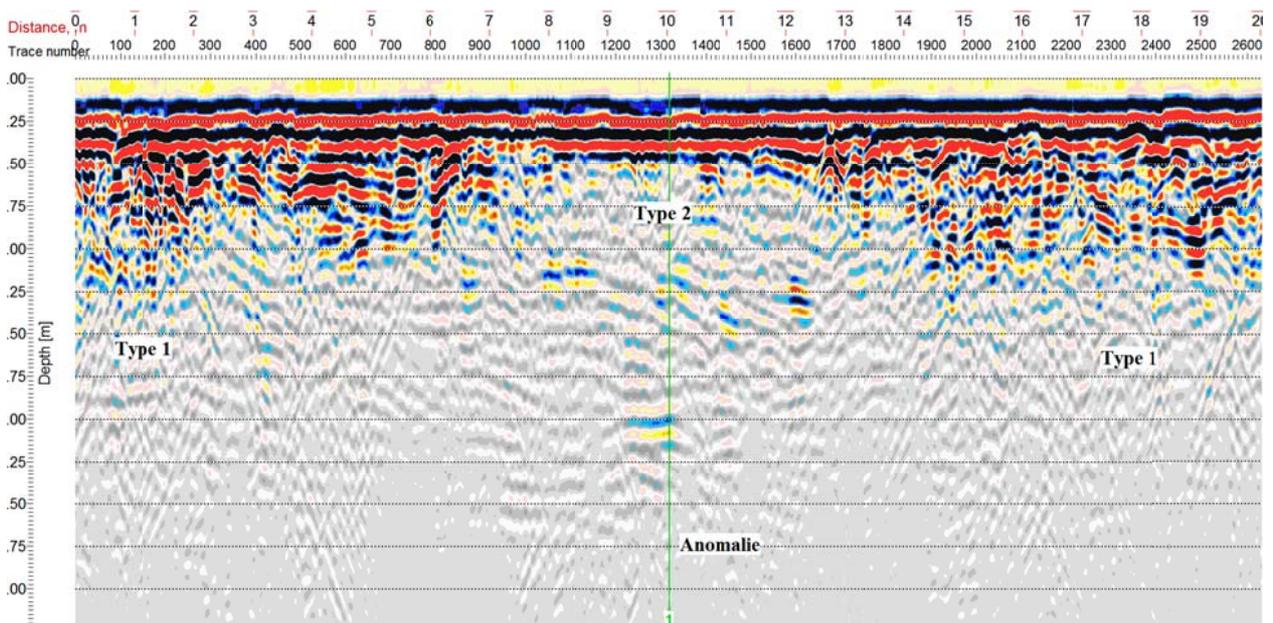
Col de la Chapelotte, secteur P1, Enregistrement 59



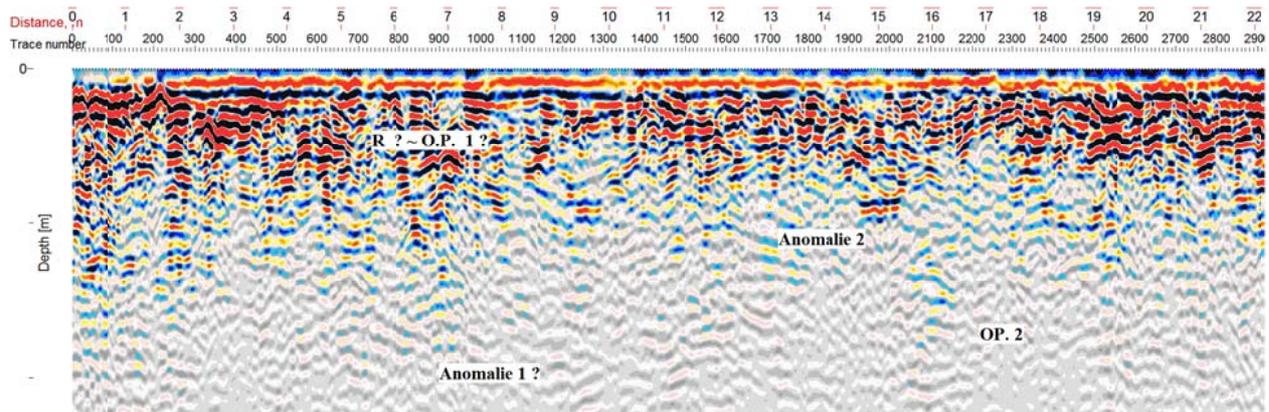
Col de la Chapelotte, secteur P1, Enregistrement 58



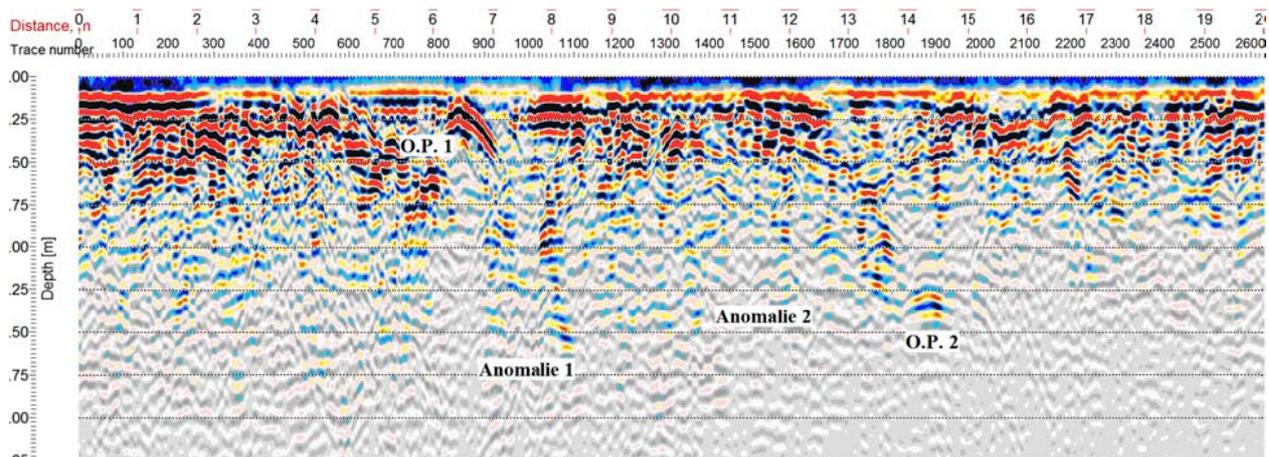
Col de la Chapelotte, secteur P2, Enregistrement 64



Col de la Chapelotte, secteur P2, Enregistrement 63



La Tête des Faux, enregistrement 69



La Tête des Faux, enregistrement 68





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

**Direction régionale Lorraine**  
1, avenue du Parc de Brabois  
54500 – Vandœuvre-lès-Nancy – France  
Tél. : 03 83 44 81 49