



LA GRANDE GUERRE SUR LA CÔTE D'ÎLE-DE-FRANCE, EN CHAMPAGNE CRAYEUSE ET EN ARGONNE

JOURNÉES D'ÉTUDES D'AUTOMNE 8-9 OCTOBRE 2016

WORLD WAR 1 IN ÎLE-DE-FRANCE CUESTA, CHALKY CHAMPAGNE AND IN ARGONNE

FALL STUDIES DAYS - 8-9 OCTOBER 2016

par Alain DEVOS¹, Pierre TABORELLI¹, Thibaud DAMIEN¹, Nicolas BOLLOT¹, Annie BLANC², Gilles FRONTEAU¹,
Sébastien LARATTE¹, Olivier LEJEUNE¹, Yves DESFOSSÉS³ et Mikael EMBRY⁴

Résumé

Les journées d'études d'automne de l'AGBP se sont déroulées les samedi 8 et dimanche 9 octobre 2016 sur la Côte d'Île-de-France dans le secteur de Reims, en Champagne crayeuse et en Argonne. L'objet de ces journées organisées par le GEGENAA (EA 3795) de l'Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA) était de montrer le rôle des conditions géologiques, géomorphologiques et géographiques dans l'organisation spatiale du front en Champagne-Ardenne.

Mots clés : Grande Guerre, Craie campanienne, Calcaire lutétien, Gaize cénomaniennne, Champagne, Argonne.

Abstract

The fall studies days of the AGBP took place on Saturday, 8 and Sunday, 9 October 2016 on the Île-de-France cuesta in the Reims area, in chalky Champagne and in Argonne. The aim of these days organised by the GEGENAA (EA 3795) of the University of Reims Champagne-Ardenne (URCA) was to show the role of the geological, geomorphological and geographical conditions on the spatial organisation of the front in Champagne-Ardenne.

Keywords : World War I, Campanian chalk, Lutetian limestone, Cenomanian Gaize, Champagne, Argonne.

Dans le cadre du projet « Géologie et Grande Guerre » et après les journées de printemps de la plaine des Flandres aux Monts de Champagne de mai 2014, les journées d'automne 2016 de l'AGBP se sont déroulées les samedi 8 et dimanche 9 octobre 2016 sur la Côte d'Île-de-France dans le secteur de Reims, en Champagne crayeuse et en Argonne. L'objet de ces journées organisées par le GEGENAA (EA 3795) de l'Université de Reims-Champagne-Ardenne (URCA) avec le soutien de Yves Desfossés, de Mikael Embry et de l'association de la Main de Massiges, était de montrer le rôle des conditions géologiques, géomorphologiques et géographiques dans l'organisation spatiale du front en Champagne-Ardenne. Le samedi fut consacré à la Côte d'Île-de-France (Hermonville) et à la région de Reims (fort de la Pompelle, caves Taittinger), alors que le dimanche s'est déroulé sur la Côte de Champagne (Main de Massiges) et en Argonne (Fille Morte).

La Champagne-Ardenne est traversée d'est en ouest par la ligne de front de la Grande Guerre, de l'Argonne au Chemin des Dames. Les recherches sur lesquelles se sont appuyées ces journées s'inscrivent dans le cadre du programme « IMPACT 14-18 », financé par la région Grand-Est, dont l'objectif est de détermi-

- (1) EA 3795 GEGENAA, Université de Reims Champagne-Ardenne, UFR Lettres et Sciences Humaines, 57 rue Pierre Taittinger, BP 30, 51571 REIMS Cedex. alain.devos@univ-reims.fr, pierre.taborelli@univ-reims.fr, nicolas.bollot@univ-reims.fr, thibaud.damien@univ-reims.fr, olivier.lejeune@univ-reims.fr, gilles.fronteau@univ-reims.fr, sebastien.laratte@univ-reims.fr
- (2) philippe.blanc64@sfr.fr
- (3) DRAC Champagne-Ardenne, 3 Rue du Faubourg Saint-Antoine 51037 Châlons-en-Champagne Cedex. yves.desfosses@culture.gouv.fr
- (4) mikael.embry@gmail.com

ner et de cartographier les impacts environnementaux de la Grande Guerre sur la topographie (morphologies) et les sols (bombardement et contamination en ETM - éléments trace métalliques -).

Dans la traversée de la région, les réseaux de défense organisés en 3 voire 5 positions de part et d'autre de cette ligne, se développent sur plus de 13 000 km de tranchées et de boyaux calculés sous SIG (système d'information géographique) (Taborelli *et al.*, 2017), à partir des plans directeurs de 1918 (Combaud *et al.*, 2016). La zone de front, large de 20 à 40 km, traverse donc le Crétacé inférieur en Champagne humide et en Argonne (argile et Gaize), le Crétacé supérieur (craies) en Champagne sèche et dans le Pays rémois où les 4^e positions françaises s'inscrivent dans les formations tertiaires au niveau de la Côte d'Île-de-France (fig. 1).

LA CÔTE D'ÎLE-DE-FRANCE (ARRÊT 1) : HERMONVILLE ET LES « CREUTES »

La côte d'Île-de-France dans le secteur de Reims constitue la terminaison orientale des formations tertiaires (Pays du Soissonnais, Montagne de Reims) dominant les craies de Champagne (Pays de la Champagne sèche). Les calcaires du Lutétien arment la côte dont la dépression est sculptée dans les strates argilo-sableuses de l'Yprésien et les sables du Thanétien.

Les nombreuses carrières souterraines, appelées « creutes », résultant de l'exploitation des Calcaires grossiers du Lutétien moyen pour la pierre de taille, étaient déjà reconverties en champignonnières avant-guerre avant d'être réutilisées en abris souterrains par les troupes françaises dès 1914 (abris d'artillerie et cantonnement). Elles sont desservies par des boyaux mis en évidence sur les images lidar (*Light Detecting And Ranging*), qui

montrent également de nombreux déchets de taille ou versés sur le front de la cuesta, au niveau des entrées de carrières (fig. 2).

Les « creutes » d'Hermonville s'inscrivent dans la 4^e position du réseau de défense français représentée essentiellement par des tranchées d'observation (ancien observatoire de la tour détruite du Moulin à vent du Général de Bazelaire), des abris d'artillerie à longue portée et des cantonnements souterrains de bataillons et de régiments. Ce site permet l'observation de l'ensemble des réseaux de défense alliés et ennemis situés en contre-bas dans la « plaine de Reims », assurant la bonne efficacité des tirs d'artillerie. Situées sur un site d'éperon (« le Rougemont », désigné actuellement comme le « Mont Chatté »), les carrières sont desservies par de nombreuses entrées en bouche de cavage avec un puits d'aération situé au centre du saillant. Exploitées en rideaux et en piliers tournés, elles permettent d'observer le contact entre les calcaires tendres à *Campanile giganteum* du Lutétien moyen et les calcaires à chailles limitant le Lutétien supérieur. Dans ces formations, la fracturation des calcaires est induite par la détente mécanique en bordure de plateau et elle est associée au creusement des vallées (Blondeau, 1965 ; Cérépi, 2002 ; Moiriat *et al.*, 2005 ; Devos *et al.*, 2012). Cette fracturation accompagne le gauchissement des formations lutésiennes à proximité des versants. Ce gauchissement est identifié dans le secteur par interpolation des affleurements et des sondages de la BSS (Banque de données du sous-sol, BRGM) à l'échelle des interfluves. En effet, le mur du Lutétien est très souvent situé plus bas sur les versants qu'au centre des plateaux. Dans le Soissonnais et le Tardenois, chaque fissure est espacée de 8,46 m en moyenne, de la suivante (Devos *et al.*, 2012), amplitude moyenne qui cache en réalité une forte hétérogénéité spatiale due à la proximité du versant. À l'entrée des bouches de cavage des carrières souterraines, le réseau de fissures est plus dense (amplitude de l'ordre de 5 m

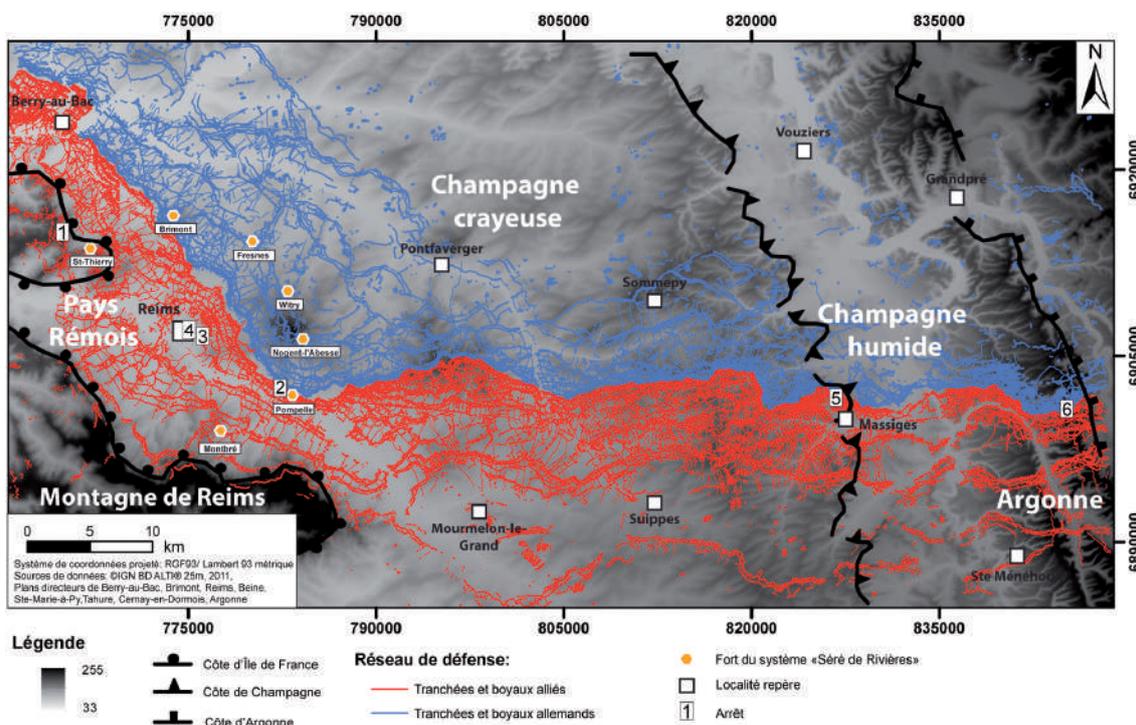


Fig. 1 : Carte de localisation des arrêts et du réseau de défense en Champagne-Ardenne.
Fig. 1 : Location map of stops and defense network in Champagne-Ardenne.

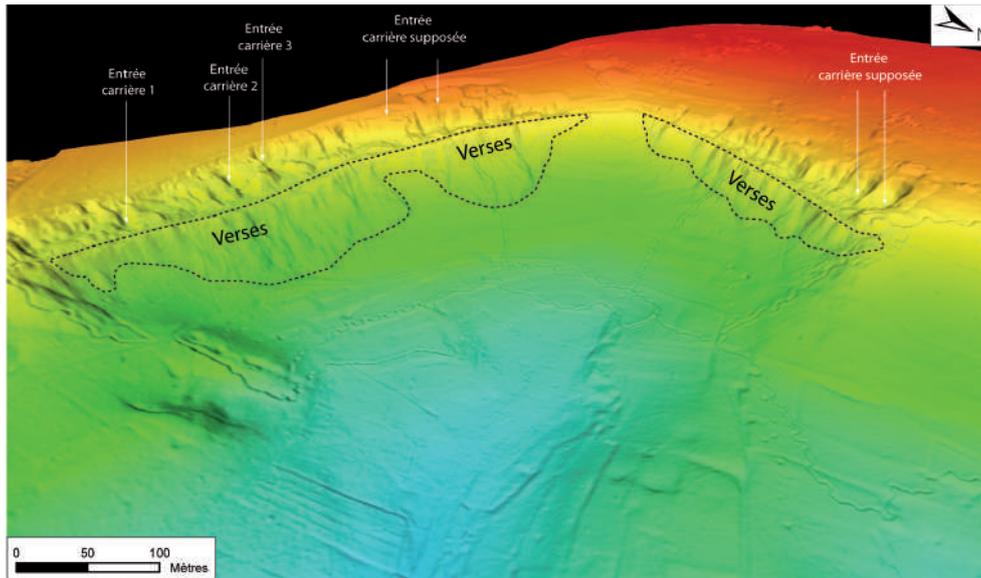


Fig. 2 : Image lidar des entrées des creutes, des verses et des boyaux du secteur d'Hermonville.
 Fig. 2 : Lidar image of creutes entries, stone waste and trenches communication in Hermonville area.

en moyenne). Cette répartition spatiale de la fracturation témoigne non seulement de la détente mécanique mais aussi du contexte cassant dans lequel le fléchissement des calcaires s'inscrit.

Sur le revers de la cuesta d'Île-de-France, les versants des vallées creusées dans les plateaux éocènes du Tardenois et du Soissonnais, normalement dominés par les calcaires du Lutétien, sont régulièrement drapés par des blocs calcaires jusqu'au fond de vallée. Ces blocs sont calibrés et ils sont désolidarisés par de denses réseaux de fissures observables en carrière souterraine sur la partie haute des versants. Ce phénomène, typique de la cambure de versant (Parks, 1991), est provoqué par la suffosion des matériaux sableux sous-jacents (sables de l'Yprésien supérieur) dans une ambiance périglaciaire (bilan hydrologique excédentaire).

À Hermonville, site de front de cuesta, l'organisation spatiale des fissures a contraint l'exploitation souterraine au cours du XIX^e siècle (Devos *et al.*, 2010), ce qui explique le peu de recouvrement de fissures par des galeries majoritairement parallèles au versant (fig. 3A). Ces discontinuités correspondent à des fissures ouvertes dont la largeur est centimétrique à métrique. L'orientation des fissures est clairement associée à celle du versant, confirmant ainsi leur origine dynamique (liée à la détente) et non tectonique. L'ouverture de ces fissures résulte d'une décompression, d'une détente mécanique et d'une extension latérale conditionnées par un appel au vide à l'approche du versant. Les fissures sont, pour la plupart, comblées par un remplissage de blocs hétérométriques au sein d'une gangue d'argiles grises et vertes provenant du soutirage des Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur (fig. 3B). Ces fissures ouvertes comblées d'argiles sont une contrainte pour l'exploitation et elles ne sont pas utilisées pour progresser dans la masse calcaire. Au contraire, quand les galeries les recoupent, les fissures ouvertes entraînent des écoulements d'eau associés à des vidanges d'argiles. Les ateliers de découpe du banc de pierre de taille sont donc calibrés de part et d'autre de la galerie afin de ne pas atteindre les fissures.

En outre, les anomalies de pendage des blocs débités entre chaque fissure et les décalages de niveaux repères (banc à luma-

chelles et banc de chaille) (fig. 3B) sont révélés en coupe perpendiculaire au versant (fig. 3C). Les décalages verticaux atteignent 60 cm à Hermonville (jusqu'à 2 m dans le Tardenois), alors que l'inclinaison des bancs, qui dépasse ici 15 %, n'est plus conforme au pendage régional mais se fait vers les fonds de vallée. Les niveaux repères (chailles et bancs de lumachelles) mettent ainsi en évidence des déplacements horizontaux et verticaux de part et d'autre des fissures séparant les blocs. Il s'agit donc de la partie supérieure des trains de blocs qui drapent les versants

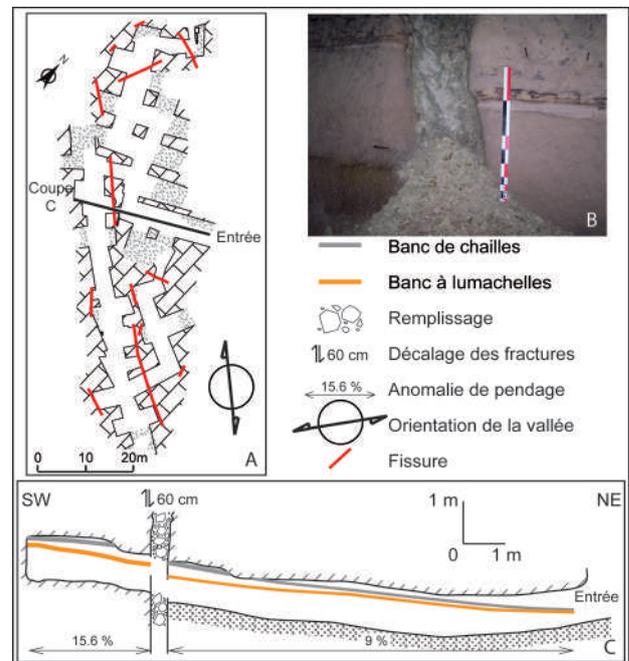


Fig. 3 : Analyse du réseau de fracturation dans la carrière n°2 à Hermonville. A : Cartographie de la fracturation de la carrière. B : Décalage des bancs repères. C : Relevé en coupe des bancs repères.

Fig. 3 : Distribution of fracturing network in limestone quarry n°2 in Hermonville. A : Fractures map of the limestone quarry. B : Offset of benchmarks. C : Topographic account in section of benchmarks.

caractéristiques de la cambrure de versant (Bollot *et al.*, 2014). Ces dynamiques géomorphologiques de détente et les fortes variations verticales et latérales d'épaisseur et de faciès (Fronteau *et al.*, 2010) induites par les conditions de dépôt du Lutétien (continental, supralittoral, intertidal à infralittoral) dans le secteur de Reims (Gély, 1996 ; 2009 ; 2016), expliquent en partie la faible karstification des Calcaires grossiers, qui s'exerce davantage à l'ouest. En effet, dans le Soissonnais et le Valois, les bancs épais, plus poreux et homogènes sont propices à la « fantômisiation » qui prépare la karstification (paléokarsts recoupés en carrières souterraines, Devos, *et al.*, 2011). Cette faible karstification est également associée à la drainance des eaux, peu agressives car saturées en carbonates de calcium, de l'aquifère perché et multicouche des Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur. Elles construisent de nombreuses tuffières de sources (Devos *et al.*, 2009) et elles étaient captées par les « militaires troglodytes » durant la Grande Guerre.

LES AVANT-BUTTES DE CRAIE ET LES BUTTES TÉMOINS DE L'ENTONNOIR DE PERCÉE CATACLINALE DE LA VESLE (ARRÊTS 2 À 4)

Située sur le plateau structural du revers de la côte de Champagne, la ville de Reims repose sur la craie campanienne du Crétacé supérieur. Ce plateau, incliné vers l'ouest, est ondulé localement et forme des croupes de craie convexes appelées « Monts de Champagne ». À l'ouest de Reims la craie du Campanien plonge sous les formations géologiques tertiaires qui forment la côte d'Île-de-France. À la différence des autres plateaux de revers de cuesta de l'est de la France, le plateau constituant la Champagne crayeuse est dépourvu de la couverture imperméable ou semi-perméable qui forme la dépression orthoclinale de la côte d'Île-de-France, à l'ouest. La craie campanienne affleurante a subi, au cours des phases froides du Pléistocène, des processus de cryoclastie qui ont formé des graviers de craie, appelés localement « graveluches ». Ces formations superficielles sont présentes sur les pentes et dans les vallons actifs au Pléistocène qui aujourd'hui correspondent à des vallons secs.

La ville de Reims se situe dans l'entonnoir de percée cataclinale de la Vesle à travers la côte d'Île-de-France. Le cours d'eau, indigène à la craie en amont de la ville, traverse à l'aval les formations tertiaires du Soissonnais. C'est dans ce milieu que s'individualisent les buttes témoins des monts de « Brimont » et de « Nogent l'Abbesse » et les avant-buttes de craie du « Mont-Saint-Pierre » et de « Montbré ».

Les cavités souterraines en Champagne

La ville de Reims se situe au contact entre les formations tertiaires formant le front de la côte d'Île-de-France (massif de Saint-Thierry à l'ouest, Montagne de Reims au sud) et le plateau de la Champagne crayeuse sur lequel elle est implantée. Historiquement la ville de Reims s'est développée en rive droite de la Vesle située à 75 m d'altitude, sur une terrasse alluviale (altitude relative +10 m). Elle est dominée au nord et à l'est par des avant-buttes, des buttes témoins et des buttes de craie sculptées dans le Campanien moyen et supérieur alors que la vallée de la Vesle s'inscrit dans le Campanien inférieur. Les phases d'extension de la ville, depuis l'*oppidum* gaulois jusqu'à l'enceinte du XIV^e siècle n'ont jamais permis à la ville de s'étendre jusqu'aux reliefs les plus élevés situés au sud-est, plus particulièrement la Butte Saint-Nicaise qui culmine à 136 m (Pichard, 2014). Ces reliefs

extra-muros étaient voués à l'extraction souterraine de la craie dans des « crayères ». Ce n'est qu'entre le XVIII^e et le XIX^e siècle que la ville est sortie de ses limites pour étendre son emprise sur ces anciennes zones d'exploitation souterraines qui, pour un certain nombre d'entre elles vont disparaître de la mémoire des Hommes au fil du temps.

L'analyse de la BSS et les observations faites sur le terrain montrent qu'il existe trois types de cavités souterraines dans le sous-sol rémois. Leur organisation spatiale est fonction des formations superficielles et de l'épaisseur de la zone non saturée de l'aquifère crayeux.

Les crayères

À la différence de l'extraction de craie en carrières souterraines par chambres et piliers tournés observées en Normandie (Dujardin, 1991), en région parisienne (Bouchon et Veyret, 2002) ou encore en Belgique (Caubergs, 1991), l'extraction de la craie en Champagne se fait sous la forme de cavités à développement vertical. Avec une morphologie en forme de bouteille appelée « catiche », ces carrières souterraines peuvent atteindre jusqu'à 30 mètres de profondeur et possèdent un puits d'entrée ou « essort » allant de 2 à 6 mètres de profondeur (fig. 4). Ce type d'exploitation se retrouve également en Anjou dans les faluns du Miocène (Cousins, 2002). Les essorts permettent d'accéder rapidement à la craie saine exploitable dans laquelle la cavité s'évase, formant à la base une chambre de section carrée de l'ordre de 100 à 400 m² au sol (Lejeune *et al.*, 2008). Les crayères sont généralement regroupées en binômes voire organisées en « chaînage » de plusieurs dizaines de catiches (plus de 60 pour les caves Pommery) reliées entre elles par des tunnels de liaison. Cela permet non seulement la communication entre les catiches mais aussi l'évacuation des déchets de taille non pas en surface mais dans la crayère voisine. La craie est exploitée et utilisée comme matériau de construction de l'Antiquité jusqu'au XIX^e siècle sous forme de pierre de taille ou de chaux. Les crayères de Reims semblent plutôt dater des périodes médiévale, moderne et contemporaine. À ce jour aucune crayère antique n'est attestée précisément.

À partir de la deuxième moitié du XIX^e siècle, de nombreuses crayères seront réhabilitées en caves par les maisons de champagne ce qui induira de gros aménagement comme le nivellement du plancher des catiches ainsi que la création de galeries filantes, parallèles, de section rectangulaire et voûtées afin d'augmenter la capacité de stockage et de permettre des opérations nécessaires à l'élaboration du champagne tel que le remuage (fig. 5). Les essorts seront utilisés pour l'aération et l'éclairage des caves grâce à l'installation de lanterneaux et de carreaux de verre qui serviront de puits de lumière (fig. 4). De par leur température fraîche et constante et leur faible luminosité, les crayères se sont révélées idéales pour le stockage du champagne. Elles sont, depuis le mois de juillet 2015, inscrites par l'UNESCO au Patrimoine mondial et bénéficient de nombreux parcours touristiques.

Les galeries souterraines ou souterrains de la Marne

Ce type de souterrain est illustré par l'exemple de celui qui est situé sous la Basilique Saint-Remi (fig. 6). Il se caractérise par une entrée dans un grand cellier accédant à un ensemble de galeries dont le développement horizontal atteint plusieurs centaines de mètres (dont un réseau de 226 m), calées à 12 m sous la surface topographique. À l'inverse des crayères, les souterrains de la Marne ne se développent pas ou très peu verticalement.

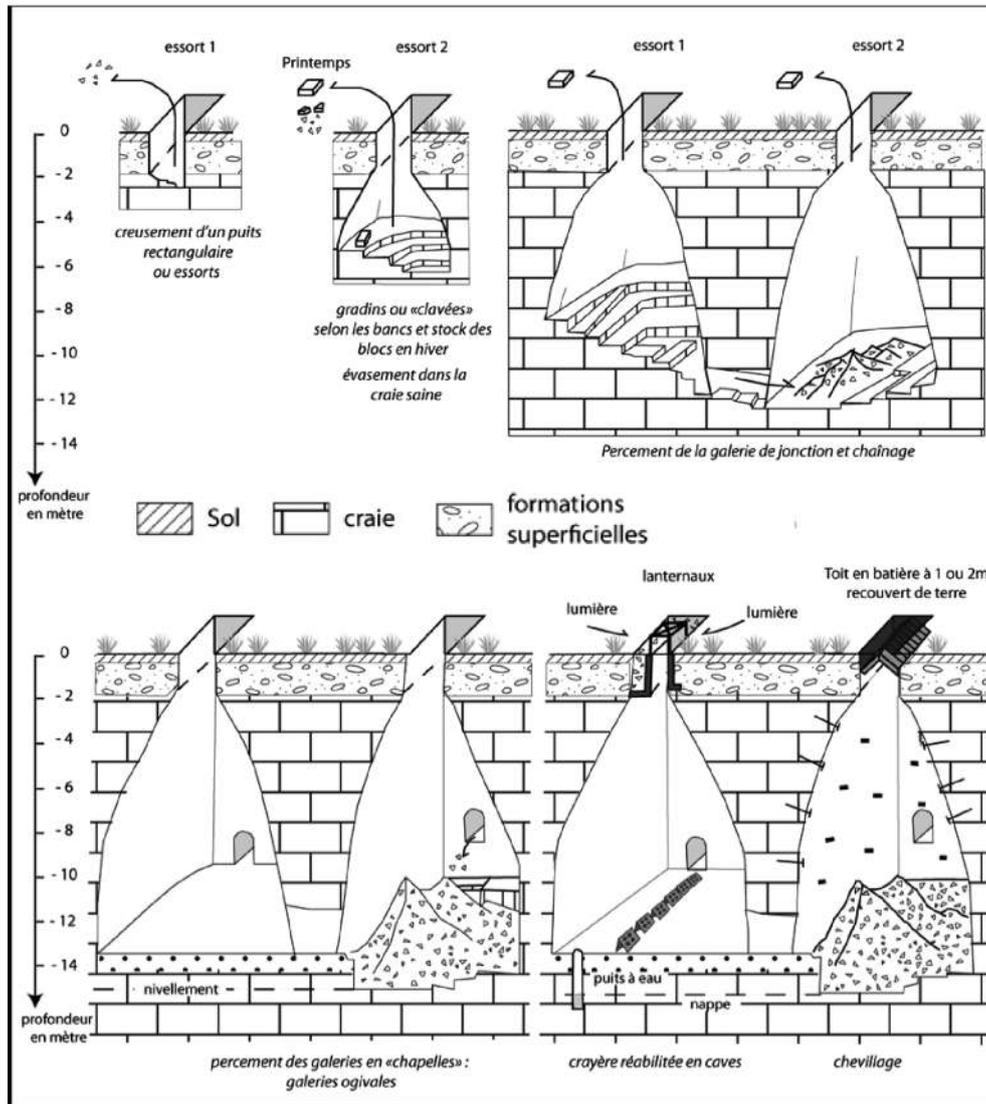


Fig. 4 : Schéma des différentes phases de creusement et d'aménagement des crayères.
 Fig. 4 : Plan of the various phases of digging and arrangement of chalk quarries.

Comme les autres galeries souterraines rémoises, le souterrain de Saint-Remi est constitué de plusieurs puits (d'extraction, d'aération, à eau). Si l'usage de ces souterrains reste encore incertain, la présence à Saint-Remi de petites chambres de quelques mètres carrés équipées de feuillures de portes, d'une glacière, et de puits à eau, témoigne d'un usage en cave ou en remise. Les galeries souterraines connues à ce jour se trouvent pour la plupart à proximité d'édifices religieux (basilique, église, collège des Jésuites) et pourraient constituer des abris sans pour autant être considérées comme des souterrains refuges défensifs ou offensifs, comme les Muches ou Boves de Picardie. Les nombreux ouvrages de confortation réalisés en briques à l'aplomb des structures du bâti (murs de soutènement, voûtes) rappellent que ces souterrains recourent plusieurs parcelles.

Les caves privatives

De nombreuses maisons sont équipées de caves généralement voûtées, sur 2 voire 3 niveaux, dont l'emprise spatiale est contrainte par le parcellaire. Leur profondeur est variable suivant leur positionnement plus ou moins proche de la Vesle et donc de

la surface piézométrique. Les caves privatives peuvent être rendues coalescentes lors de réaménagements ou au contraire, comme les autres cavités, se voir coupées et déconnectées par la construction de murs.

L'organisation spatiale de ces trois types de cavités est fonction des conditions géomorphologiques et hydrogéologiques du site.

Les conditions géomorphologiques

En Champagne crayeuse, on peut observer aux sommets des croupes de craie, telle la Butte Saint-Nicaise à Reims, que le substrat crayeux est sub-affleurant ou recouvert d'une rendzine grise sur paléosols à poches de cryoturbation (Laurain, 1995, 1997). En revanche, sur le haut des versants et des croupes, les formations superficielles sont systématiquement absentes. La pente induit une déformation des poches de cryoturbation (sols à poches étirées) et forme plus bas des paléosols striés recouverts d'une rendzine brune. En bas de versant, les sols bruns calcaires typiques de la Champagne crayeuse reposent sur des formations

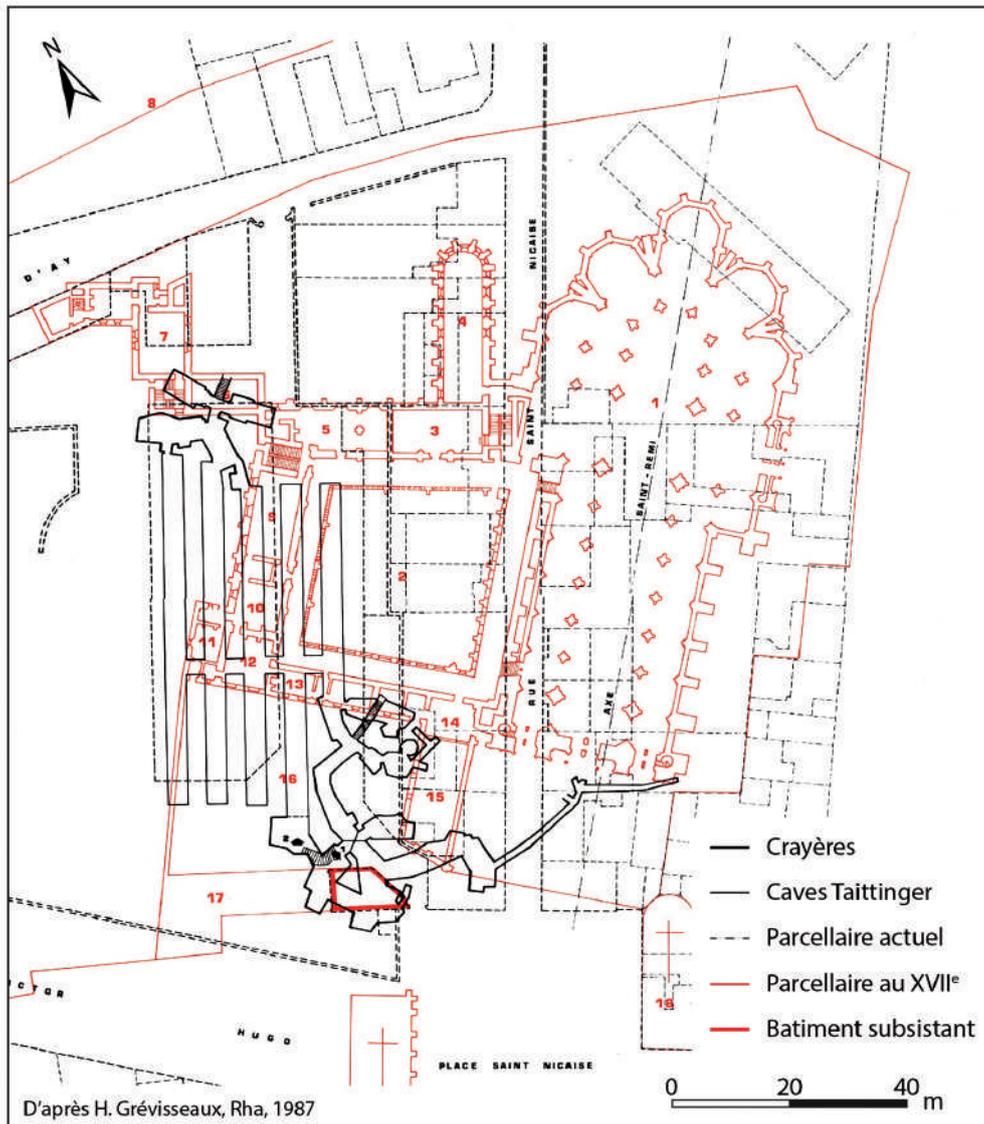


Fig. 5 : Plan des souterrains du champagne Taittinger.
 Fig. 5 : Map of the undergrounds of the Taittinger champagne.

superficielles plus ou moins grossières, les « graveluches ». Décrites dès 1938 par Radet et Mantelet puis par Dutil et Ballif en 1968, ces formations sont associées à des graviers de craie provenant des paléosols cryoturbés, puis transportées par solifluxion, gélifraction, reptation et déflation éolienne (Laurain, 1995, 1997). C'est cette toposéquence des formations superficielles qui va permettre en partie de comprendre la répartition spatiale des ouvrages souterrains de la ville de Reims. En effet, les crayères sont essentiellement concentrées sur la Butte Saint-Nicaise où la craie est sub-affleurante au sommet et peu recouverte de graveluches. Les essorts creusés en surface traversent rapidement ces formations pour atteindre la craie saine dans laquelle la cavité s'évase en gradins expliquant la morphologie en bouteille, caractéristique des catiches. Sur la partie basale des croupes de craie recouverte de graveluches, notamment dans le quartier Saint-Remi, les crayères sont rares et sont remplacées par les galeries associées aux édifices religieux. Enfin, sur les terrasses alluviales de la Vesle, on retrouve uniquement des caves privatives et des puits à eau dont la profondeur dépend des conditions piézométriques.

Les conditions piézométriques

Avec une porosité de l'ordre de 40%, une forte perméabilité et une transmissivité (paramètre déterminant le débit d'eau s'écoulant par unité de largeur en zone saturée) comprise entre 10^{-3} et 10^{-1} m²/s, la craie constitue l'aquifère principal en Champagne crayeuse (Rouxel *et al.*, 2002). Cette nappe d'eau souterraine ou zone saturée est alimentée principalement par l'infiltration généralisée et diffuse des précipitations en zone vadose ou non saturée. Le degré de fracturation, plus important en fond de vallée, détermine des secteurs plus productifs que les plateaux où la craie est peu fissurée, avec une porosité plus faible qui détermine des temps de résidence plus longs. Le suivi piézométrique et l'analyse des 35 piézomètres situés à Reims et aux alentours ont permis d'évaluer la différence de battement piézométrique dans les fonds de vallées (0,5 m) et les croupes de craie (20 m), de 1995 à 2014. Cette différence s'explique par le rabattement piézométrique plus important sur les reliefs, dû à la vidange aquifère opérée par la Vesle (cours d'eau drainant) au

niveau de Reims (Devos *et al.*, 2007). Le développement vertical des cavités souterraines étant conditionné par l'épaisseur de la zone non saturée de la craie, deux corrélations entre l'altitude des piézomètres et la profondeur minimale (année 2001) et maximale (année 2004) de la zone saturée ont été réalisées. Le coefficient de corrélation étant satisfaisant ($R^2 = 0,91$ et $R^2 = 0,72$), une cartographie précise de l'épaisseur « minimale » et « maximale » de la zone vadose a pu être réalisée sur le site de la ville de Reims (fig. 7A et B).

Les conditions piézométriques permettent également d'expliquer la répartition spatiale des cavités de la ville de Reims. Au sommet des croupes de craie (120 à 140 m) la nappe fluctue entre 14 m de profondeur en hautes eaux et 34 m en basses eaux (médiane = 24 m). C'est donc le seul secteur propice au creusement de crayères à développement vertical, compte tenu de l'épaisseur de la zone vadose. Il faut donc assimiler les puits à eau observés dans les crayères de Reims, à des piézomètres ou regards sur le niveau de nappe de la craie permettant aux carriers de connaître la profondeur de la nappe. A l'inverse, le flanc des croupes de craie possède une potentialité de développement vertical plus faible (comprise entre 6 et 16 m de profondeur) ce qui explique la présence de cavités de type « galerie » comme celle de Saint-Remi. En revanche, lorsque la zone vadose se situe entre 2 et 10 m de profondeur, seules les caves privatives se développent. Dans les fonds de vallée (78 m) et sur les anciennes terrasses alluviales de la Vesle, la présence de la nappe de la craie sub-affleurante (moins de 2 m de profondeur) avec de faibles battements piézométriques explique l'absence de cavités et la présence de nombreux puits à eau (fig. 8). Cependant, ce suivi piézométrique sur 20 ans seulement n'a pas permis de voir des crues de nappe exceptionnelles telles que celles qui ont provoqué l'inondation des cavités en 1844 et 1980.

Les cavités de Reims durant la Grande Guerre

Les cavités de Reims furent transformées en abris pour les civils et l'administration municipale dès la bataille de Reims le 12 septembre 1914. En effet, la ville s'inscrit dans les premières positions des réseaux de défense français soumis aux bombardements allemands dont l'efficacité des tirs est assurée par les nombreux observatoires disposés sur les buttes témoins et croupes de craie (Mont de Berru, Butte de Brimont). Les cavités des maisons de Champagne et plus spécifiquement les galeries filantes plus

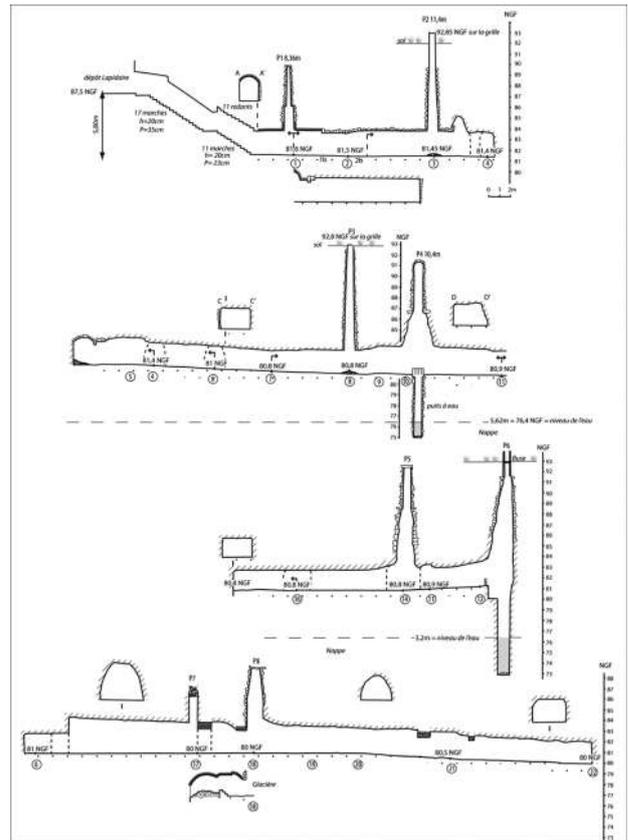


Fig. 6 : Topographie du souterrain de Saint-Remi (en coupe).
Fig. 6 : Topography of the underground of Saint-Remi (in section).

spacieuses, accueillent la population civile ainsi que les services municipaux (État civil, police, eaux, ravitaillement de la ville, cabinet du maire) et sont reconverties en école (école Maunoury dans les caves Pommery, école Dubail chez Taittinger) et lieux de culte (Cochet, 1993). Des galeries sont équipées temporairement en groupes électrogènes pour produire et fournir de l'électricité à ces abris. L'abbaye de Saint-Remi est réhabilitée en hôpital. Avec l'évacuation des civils dès mars 1918 et l'intensification des combats dans le cadre des offensives Ludendorff,

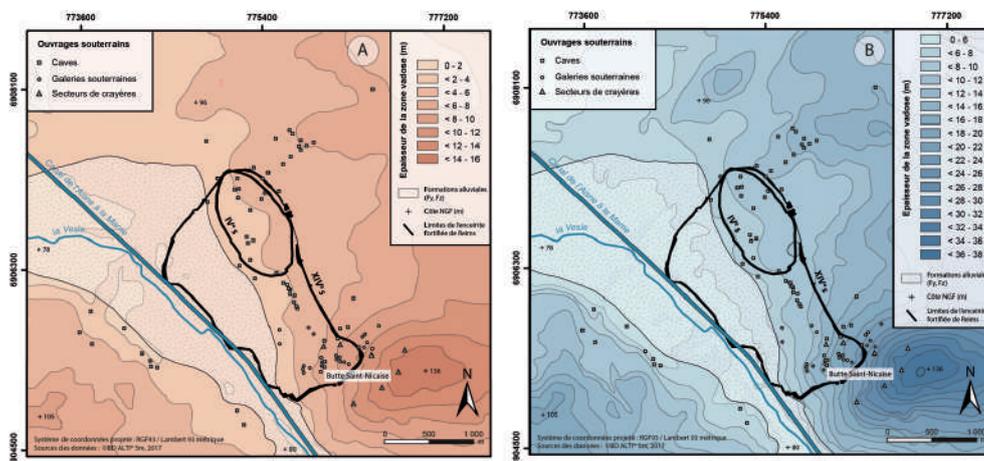


Fig. 7 : Cartographie de l'épaisseur de la zone vadose sur le site de la ville de Reims. A : en hautes eaux. B : en basses eaux.
Fig. 7 : Mapping of the thickness of the unsaturated zone on the site of the city of Reims. A : in high waters. B : in low waters.

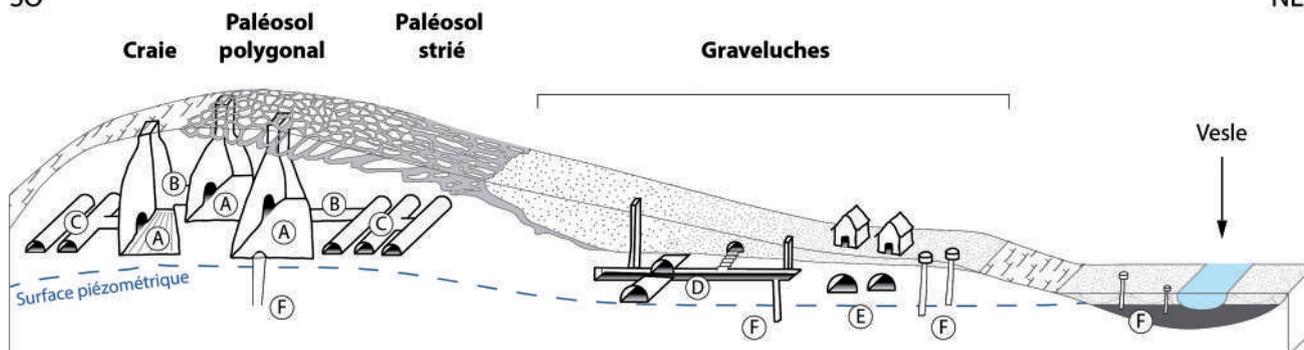


Fig. 8 : Coupe schématique de la répartition spatiale des cavités souterraines dans leur contexte géomorphologique et piézométrique (d'après Laurain *et al.*, 1995) . A : crayères. B : galeries de liaison. C : galeries filantes. D : souterrains de la Marne. E : caves privées. F : puits à eau.

Fig. 8 : Diagram of the space distribution of undergrounds cavities in their geomorphologic and piezometric context (after Laurain *et al.*, 1995). A : chalk quarries. B : connection galleries. C : continuous galleries. D : Marne undergrounds. E : privatives cellars. F : water well.

41 millions de bouteilles sont évacuées en train et seuls deux régiments résistent. Les militaires occupent les cavités (poste de Commandement Bourges chez Pommery, cantonnement chez Taittinger). L'occupation civile et militaire des cavités se manifeste par de nombreux exangues. Au sortir de la guerre, la ville est détruite, la population exsangue (5 000 habitants en avril 1917 puis quelques dizaines en 1918), et ne retrouvera ses 115 000 habitants de 1911 qu'en 1931. Les cavités sont utilisées pour évacuer les remblais liés à la démolition de la ville et certains sont encore présents de nos jours.

Les graffitis

Les graffitis sont révélés et étudiés tardivement dans le cadre du Centenaire (Buttet, 2012), car les caves retrouvent rapidement leur fonction de stockage et de remuage après-guerre. Ainsi valorisés, ils font l'objet d'un parcours touristique spécifiques depuis 2016 (« Reims la souterraine »).

La craie est un support propice aux graffitis par sa blancheur et sa faible dureté ce qui explique l'abondance de textes en lettres cursives, d'épigraphes, de figurations, de gravures et de bas-reliefs réalisés à la fois par des civils et des militaires, alors que, si les creutes du Soissonnais dans les calcaires du Lutétien (Devos *et al.*, 2008 ; Buttet, 2012) ou les carrières d'Arras dans la craie coniacienne (Desfossés *et al.*, 2008 ; Bergerat *et al.*, 2015) regorgent de graffitis, ceux-ci sont essentiellement militaires. Cependant, la lisibilité de ces traces pariétales est souvent rendue difficile, d'une part par la faible profondeur des gravures souvent révélées uniquement en lumière rasante et d'autre part par la présence de vermiculations liées à la porosité interstitielle et à la capillarité de la craie qui entretiennent l'eau pelliculaire de paroi et l'activité microbienne (Fauchet et Lauriol, 2016). On remarque de nombreux patronymes civils (témoignages) et militaires affectés de leur identité (dont l'année d'incorporation ou la classe de recrutement), des symboles de patriotisme (croix de fer, drapeau, République Française) ou de haine de l'allemand (casque à pointe) (fig. 9).

Le Fort de la Pompelle dans le système Séré de Rivières

Après la défaite de la guerre de 1870 et la perte de l'Alsace-Lorraine, la France se dote d'un Comité de Défense et entreprend des travaux considérables de 1874 à 1914 : le système de fortifi-



Fig. 9 : Graffitis observés dans les caves Taittinger. A : Date et croix de guerre allemande. B : Casque à pointe. C : Inscription patriotique française.

Fig. 9 : Graffitis observed in Taittinger cellars. A : Date and german combat cross. B : Spiked helmet. C : Date and surname. D : French patriotic registration.

cations « Séré de Rivières ». Ce concept défensif s'inspire des fortifications bastionnées mises en place par Vauban, il est modernisé par Montalembert (Le Hallé, 2004). À la veille de la Grande Guerre, plus de 200 ouvrages fortifiés, des Flandres à la frontière italienne, s'organisent le long des frontières de l'est, en trois rideaux. Quatre trouées ou ouvertures (Belfort, Charmes, Stenay et Chimay) existent dans le système défensif pour canaliser et concentrer les troupes ennemies. Ces 3 rideaux de fortification (en comptant celui de Paris) s'arc-boutent sur les auréoles successives de reliefs en gradins que l'ennemi doit franchir d'est en ouest pour atteindre la capitale. Le premier rideau est constitué de forts d'arrêt exploitant les côtes du Trias (Épinal), du Bajocien (ou Côte de Moselle) et de l'Oxfordien (ou Côte de Meuse) à Toul et Verdun alors que le second contrôle la côte du Tertiaire (ou Côte d'Île-de-France) par les places de manœuvres de Reims, Laon et de La Fère, destinées à la contre-attaque. Les rideaux sont structurés par des places fortifiées, ceinturées par des forts (dits « forts de ceinture »), des forts alignés sur la zone frontière ou « forts de liaison » dits également « forts de rideau » et des forts isolés ou « forts d'arrêt » défendant généralement des passages ou des vallées. Dans ce vaste dispositif, le général Séré de Rivières présente Reims comme une ville protégée par les hauteurs de Brimont, Berru et Verzy, distantes de 10 km. Le contrôle des buttes témoins de Brimont et Berru empêche le bombardement de la ville, les positions de Chenay, Brimont, Witry et de la Pompelle bloquent les entrées dans la ville et protègent les voies ferrées. Les travaux pour la construction de l'ensemble des sept forts s'étalent de 1875 à 1885 pour un budget estimé à 14 millions de francs (Barros, 1997). Originellement ce sont des forts détachés, polygonaux, « à cavalier » ou « à massif central » où l'artillerie (généralement dotée des calibres de 90, 120, 138 et 155 mm) est exposée à l'air libre entre des « traverses-abris » et dont la portée permet une couverture entre les forts. Chaque fort est protégé par un fossé maçonné (escarpe et contre-escarpe)

défendu par des caponnières et s'inscrit dans une zone de servitudes (ou « glacis militaire ») dégagant une vue lointaine (déforestation). Le développement du chemin de fer détermine une utilisation non plus locale mais assez diversifiée des ressources régionales en géomatériaux pour leur construction (calcaires oxfordiens, bajociens et meulières pour les forts de Reims). Alors que les travaux de construction étaient terminés depuis un an, des expériences aux forts de la Malmaison montrent que les forts résistent mal aux obus brisants.

Le fort de la Pompelle comme celui de Fresnes est un fort à massif central, pouvant accueillir six canons de 155 mm et quatre de 138 mm ainsi qu'une garnison d'environ 300 hommes. À l'origine dénommé « fort Herbillon » du nom d'un général français né à Châlons-sur-Marne (appellation actuelle : Chalons-en-Champagne), le fort est installé sur une croupe de craie culminant à 132 m à l'est de la ville. À la veille de la Grande Guerre, si certains forts du premier rideau sont modernisés par l'enfouissement, la construction de tourelles et cloche cuirassées, des coffres de contre-escarpe, et de nouveaux revêtements (blindage de béton et d'acier), d'autres sont déclassés ou désarmés pour alimenter le front en artillerie lourde. Les forts de Reims sont quasiment désarmés et dépourvus de troupes, ce qui explique notamment la facilité avec laquelle l'armée allemande a conquis le Pays rémois début septembre 1914. Après la première bataille de la Marne, les allemands se sont installés sur l'ensemble des forts autour de Reims. Selon Foch, même si les forts sont désuets, la position est, quant à elle, primordiale (Barros, 1997, Bouxin, 2014). Le fort de la Pompelle fut repris dans la nuit du 23 au 24 septembre par la 5^e compagnie du 138^e régiment d'infanterie. Alors que les buttes de Brimont et Berru sont définitivement perdues, le front va se stabiliser dans la région (Devos *et al.*, 2015). Ce fort s'inscrit dans la première position française, les tranchées cheminent de manière circulaire autour de l'ouvrage (fig. 10). L'aqueduc

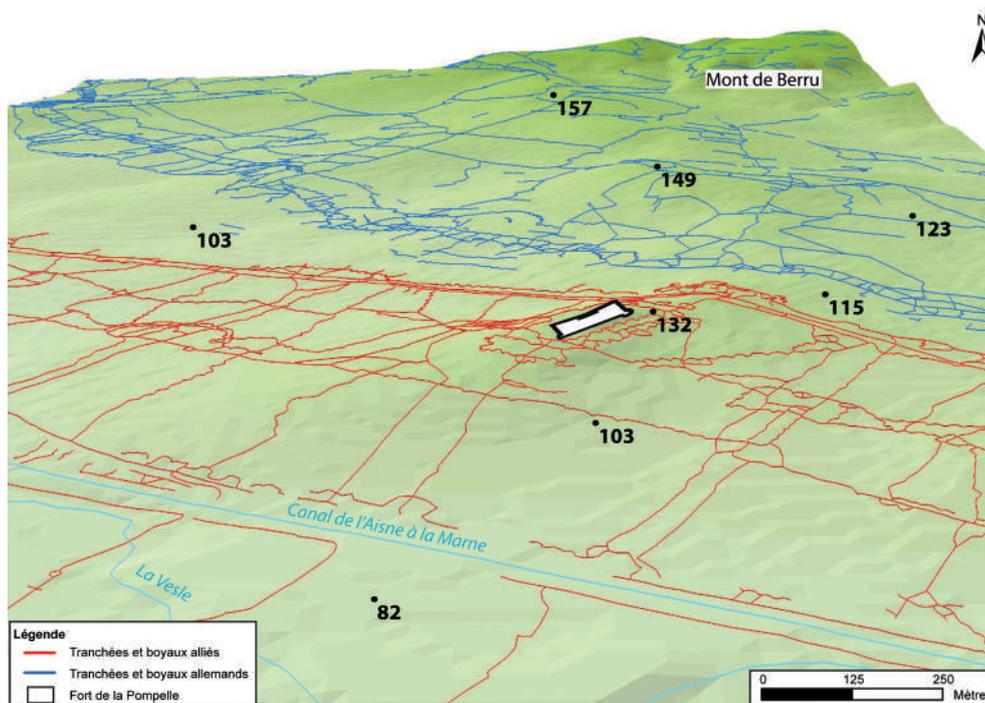


Fig. 10 : Le fort de la Pompelle dans le réseau de défense.

Fig. 10 : The « fort de la Pompelle » in trenches network.

gallo-romain de Reims traversant le *no man's land* est utilisé comme rameau de combat de la guerre des mines par les allemands (secteur de la Ferme d'Alger). Cependant son orientation vers l'est par rapport au front est-ouest expose notamment ses casernements qui feront l'objet de tirs de destruction. Il sera pionné à la fois par l'artillerie allemande positionnée sur le Mont de Berru et par l'artillerie de tranchée de la première position allemande, ce qui explique son état actuel (maçonnerie détruite et éventrée, craie affleurante). Avec quelques attaques et des avancées de quelques dizaines de mètres durant près de quatre ans, il faudra attendre le retour de la guerre de mouvement en mai 1918 pour voir le front français largement enfoncé à l'ouest de Reims. Pendant le printemps et l'été 1918, le fort de la Pompelle va subir de nombreuses attaques mais il va résister comme un véritable verrou, empêchant le contournement et l'encercllement de la ville de Reims. Classé monument historique depuis 1922, ce site fait aujourd'hui l'objet de commémorations, de prises d'armes militaires et il est restauré en musée dédié à la Grande Guerre. Il accueille une importante collection de coiffures de l'armée impériale allemande.

Les impacts de l'incendie de la cathédrale de Reims

Les dégâts ont débuté sur le portail nord de la façade occidentale, le 19 septembre 1914. Les tirs de l'armée allemande mettent le feu à l'échafaudage qui protégeait le portail. Le feu pénètre à l'intérieur et ruine les sculptures du revers du portail comme on peut encore le constater à l'intérieur (fig. 11A). Le calcaire visiblement éclaté, a pris une couleur rose sous l'effet de la chaleur.

Une poutre en feu tombe et décapite l'ange au sourire (fig. 11B). Les morceaux sont ramassés et conservés. En 1915, la cathédrale, menacée par les tirs du front tout proche, est atteinte dans ses œuvres vives. Marcel Proust écrit à ce sujet qu'il s'agit « d'un crime froidement conçu » (Proust, 2013).

Les obus de 1915 continuent à tomber, la charpente a pris feu et le plomb de la toiture coule dans les gargouilles (fig. 11C). Une de ces gargouilles avec le plomb figé est présentée au palais du Tau. À Paris, les discussions commencent à partir de 1917 entre historiens d'art et archéologues. Les opinions s'affrontent pour la reconstruction ou la restauration de la cathédrale ou, dernière option, conserver les ruines garantissant la remémoration de la barbarie allemande. Pour les premiers, le maintien en cet état, serait le triomphe paradoxal de l'ennemi, la cathédrale en ruines aurait signifié l'échec de la France. La majorité se montra favorable à la restauration de l'architecture sans refaire la sculpture. La doctrine du service des Monuments historiques est ainsi énoncée : « Reprendre un pilier ébranlé, refaire un morceau de voûte, reconstruire un arc-boutant est-ce changer l'aspect de la cathédrale ? » (Bercé, 2000). On pouvait, sans trahison, reprendre les structures porteuses et la sculpture décorative courante. Ici s'est posée la question de l'approvisionnement du chantier en pierre. Les carrières anciennes de calcaire lutétien des environs de Reims, au nord-ouest de Reims, ont été ébranlées par les tirs et les galeries, en partie effondrées, ne permettent plus d'y tirer de la pierre. L'industrie de la pierre et l'exploitation des carrières de la région étaient ralenties faute d'ouvriers qui n'étaient pas revenus des combats. D'après Dolfini (1920), « les consultés sont unanimes : on ne tire plus de pierre dans les anciennes carrières des environs de Reims et les rares carriers qui fournissent encore sont limités à Hermonville et ne peuvent assurer des livraisons régulières et à plus forte raison importantes ». L'architecte Henri Deneux n'avait donc pas beaucoup de choix, il a fait venir le calcaire de Saint-Maximin (Oise) et un peu de l'Aisne, pour le gros-œuvre, côté nord. Il s'agit de calcaire de même âge (environ 45 Ma) mais dont la patine, acquise au bout de quelques années d'exposition aux intempéries, se révélera légèrement plus grise que celle des pierres anciennes. C'est pour cette raison qu'une nouvelle carrière sera utilisée plus tard, la carrière de Courville située à environ 25 km à l'ouest de Reims, en direction de



Fig. 11 : La cathédrale de Reims. A : Revers du portail (cliché A. Blanc). B : Statues du parvis (cliché A. Blanc). C : Gargouille crachant du plomb (cliché A. Devos).

Fig. 11 : The Rheims cathedral. A : Back of the main gate (A. Blanc). B : Statues on the forecourt (A. Blanc). C : Gargoyle spitting lead (A. Devos).

Fismes. Ce calcaire de Courville prend une patine dorée, identique à celle des pierres anciennes, d'un « beau ton chaud, doré, 'champagne' » (Dolfini, 1920), ou selon Kalas (1922) : d'un « admirable ton de beurre frais », terme qu'il utilise en évoquant la couleur de la patine de la pierre de Romain de l'hôtel de ville, lui aussi ravagé par la guerre.

Les grandes figures furent rétablies dans les portails aussi souvent que cela fut possible, les fragments reconnus furent recueillis et classés avant d'être recollés sous la direction d'Henri Deneux. Mais les grandes statues en hauteur furent revendiquées par la Société des amis de la cathédrale pour être mises dans le musée lapidaire ; des répliques, qui par leur volume pouvaient jouer le même rôle que les statues anciennes, leur furent substituées.

En plus des travaux sur les pierres, la charpente et la toiture en plomb avaient disparu.

Grâce à la générosité de J. Rockefeller Jr., la charpente a été refaite en béton. L'architecte a trouvé un système de petits modules qui s'assemblent pour former une voûte supportant la lourde toiture en plomb. Cette charpente est une réussite aussi bien économique qu'esthétique.

La restauration de la cathédrale de Reims a été au centre des discussions doctrinales : les différentes solutions (dépose, moulage ou copie, remplacement par une création contemporaine) furent alors ouvertement débattues dans la presse spécialisée. Cependant lorsqu'en juillet 1938 de grandes cérémonies marquèrent la fin du chantier, peu de voix s'élevèrent contre le principe de cette restauration. Au XXI^e siècle, des travaux ont dû être entrepris sur le gable du portail nord qui menaçait de tomber, fragilisé qu'il était depuis un siècle.

LA CÔTE DE CHAMPAGNE (ARRÊT 5)

La côte de Champagne délimite deux surfaces étagées : d'une part la Champagne crayeuse ou pouilleuse, appelée également Champagne sèche, qui constitue son revers à l'ouest, dans les craies du Crétacé supérieur (Turonien au Campanien) et, d'autre part, la Champagne humide ou Vallage d'Aisne qui forme sa dépression orthoclinale à l'est dans les formations tendres du Crétacé inférieur. La côte présente un tracé particulièrement découpé ou digité au niveau des affluents anaclinaux de rive gauche de l'Aisne (Bionne, Dormoise, Tourbe, Muette) et des vallons tributaires généralement secs car périglaciaires. Ces « ravins » séparent des promontoires, éperons, saillants ou « Monts » dont la forme évoque les doigts d'une main au nord du village de Massiges (d'où le nom de la « Main de Massiges ») ou, plus au nord, une « Tête de vipère » qui culmine à 199 m au Mont Têtu. La côte de Champagne est une cuesta double marquée par un replat structural qui sépare la côte du Turonien (craie blanche sur les « dièves » ou craies marneuses), de la côte du Cénomanién (craies marneuses sur argiles), à l'est. Les éperons de la côte de Champagne constituent ainsi de nombreux sites d'observation d'intérêt stratégique majeur, servant de points d'appuis aux dispositifs de défense.

C'est le cas de la Main de Massiges, située à la terminaison orientale de la cuesta et dominant le Vallage d'Aisne de 70 m. Comme pour de nombreux sites de la Grande Guerre, la toponymie actuelle est héritée du conflit. Ce sont les « marsouins » (régiment d'infanterie de marine) qui donnèrent au site le nom de « Main de Massiges ». Chaque éperon correspond à un doigt de la main avec, du nord-ouest au sud-est, le Pouce, le Faux Pouce, l'Index, le Médius et l'Annulaire (fig. 12). Si les éperons sont fortifiés par plusieurs lignes de tranchées, les ravins sous le feu

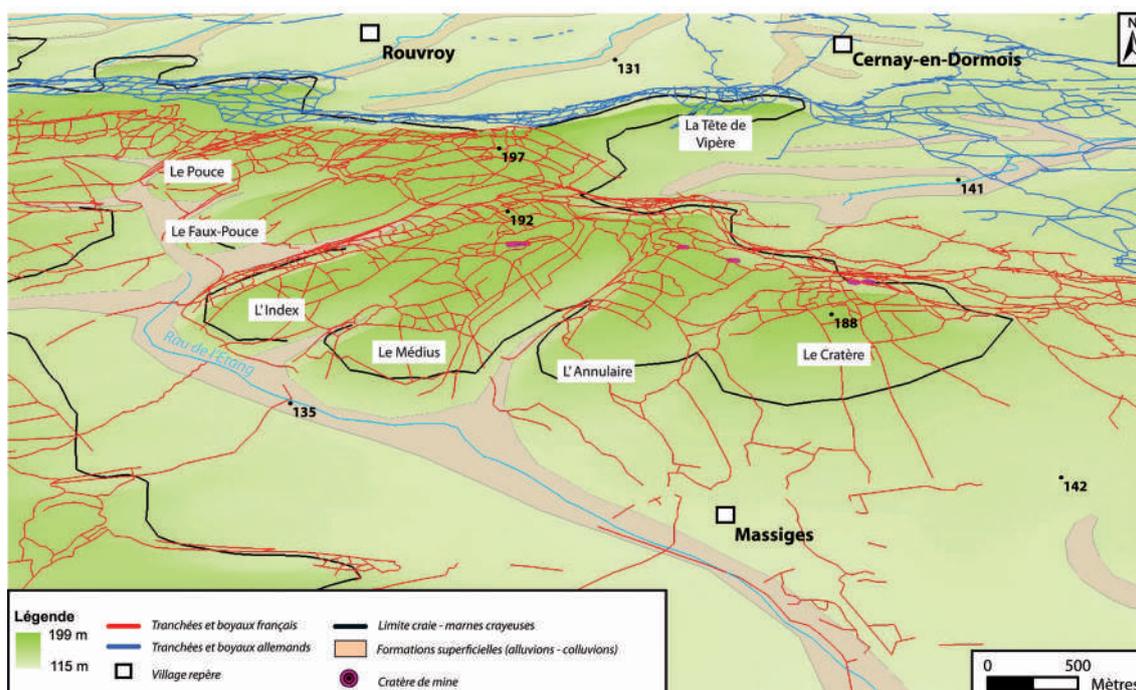


Fig. 12 : Le réseau de défense du site de la Main de Massiges
 Fig. 12 : Defense network of the site of the « Main de Massiges »

restent peu équipés en tranchées et boyaux et leurs versants sont creusés de galeries souterraines permettant de circuler sous les doigts de la Main de Massiges.

Ce site a fait l'objet de violents combats durant la deuxième offensive de Champagne (septembre-octobre 1915), avec une ligne de front initiale positionnée dans le fond du Ruisseau de l'Étang. La Main de Massiges, alors allemande, est reprise par la 2^e armée française. Les allemands résistent et tiennent leur seconde position, au nord, sur la « Tête de Vipère ». C'est également un site de guerres des mines car plusieurs cratères coalescents subsistent mais d'autres sont remblayés dans le cadre de la mise en culture. Au sortir de la guerre en 1918, sur les 205 ha du site, on dénombre 42 km de tranchées et de boyaux soit une densité de 205 m/ha, et le site bouleversé où la craie blanche affleure suite à la bombturbation et à la guerre des mines, est intégré à la zone rouge de 1919 (Hupy et Schatzl, 2006). Cependant, avec la pression agricole, cette zone se réduit considérablement ; les tranchées sont progressivement bouchées et nivelées. L'examen de 8 photographies aériennes de 1936 à 2001, témoigne bien de la remise en culture progressive et de la décroissance exponentielle du linéaire de tranchées (fig. 13). Sur les 42 km initiaux ne subsiste qu'un seul kilomètre en 2001. Mais depuis 2008, 500 m de tranchées rebouchées sont exhumées de leurs remblais par l'association de la Main de Massiges qui restaure et valorise le site.

L'ARGONNE (ARRÊT 6)

L'Argonne forme le revers de la côte du Cénomaniens (ou côte d'Argonne) armé par la Gaize albo-cénomaniens, sédiment côtier riche en spicules d'éponges. Ce grès argileux gris-vert est poreux, relativement tendre et léger (densité comprise entre 1,4 et 1,54). Il repose sur des argiles imperméables de l'Albien (Argiles du Gault) (Guérin et Laurain, 1982). L'Argonne est enclavée entre l'Aisne à l'ouest et son affluent l'Aire, à l'est. Ce dernier présente un cours méridional avec de nombreux vallons et ravins tributaires, nommés « barribans » par Léry en 1916 : « De tous les côtés, en tous sens, s'ouvrent des ravins très étroits, aux flancs abrupts. Les gens du pays les appellent des barribans. Ils offrent un obstacle insurmontable à quiconque veut, en dehors des sentiers, cheminer dans les bois ». Ces ravins incisent la surface en recoupant la Gaize et les argiles sous-jacentes. Ils drainent de nombreux cours d'eau alimentés par des lignes de sources et barrés par des plans d'eau dont l'humidité est entretenue par des fortes précipitations annuelles (jusqu'à 1200 mm à Châtel-Chéhéry). Cette côte, orientée globalement nord-sud, forme une barrière naturelle ou marche forestière (Laurent, 1948) avec un commandement d'environ 100 m. La couverture forestière, l'absence de voie large de communication et la segmentation du revers de la côte par les ravins constituent un véritable frein à la progression des troupes dans cette forêt.

L'Argonne, un front secondaire

Après la fulgurante avancée de l'armée allemande en août 1914, puis sa retraite sur des points hauts, elle entre dans la forêt d'Argonne à la fin septembre 1914 pour faire le lien entre le front de Champagne et la Butte de Vauquois avant Verdun. L'armée française est déjà installée en forêt et contre les avancées allemandes, fixant le front à la mi-octobre. Même si ce front est secondaire, l'armée française doit contenir l'ennemi pour éviter un débordement par l'ouest de Verdun ainsi que pour protéger la ligne de chemin de fer entre Châlons-sur-Marne (actuellement Châlons-en-Champagne) et Verdun. Les opérations allemandes

en Argonne, de fin septembre 1914 à fin juillet 1915, ne provoquent qu'un recul localisé du front de 1 km dans le bois de la Gruerie, la Haute-Chevauchée et dans le secteur de la Fille Morte. Cette retraite française se visualise par la présence de cratères de mines dans le secteur de la Harazée, révélant l'ancienne ligne de front du secteur. Durant toute cette guerre de position, la guerre des mines domine, faisant de l'Argonne un véritable conservatoire de la guerre souterraine. Il faudra attendre les offensives des mois de septembre et octobre 1918 pour que le front d'Argonne soit de nouveau actif. L'armée française, à l'ouest sur les terrains crayeux et l'armée américaine à l'est dans la vallée de l'Aire, avancent plus rapidement que les deux divisions engagées dans le massif forestier d'Argonne. Les allemands tendent de nom-

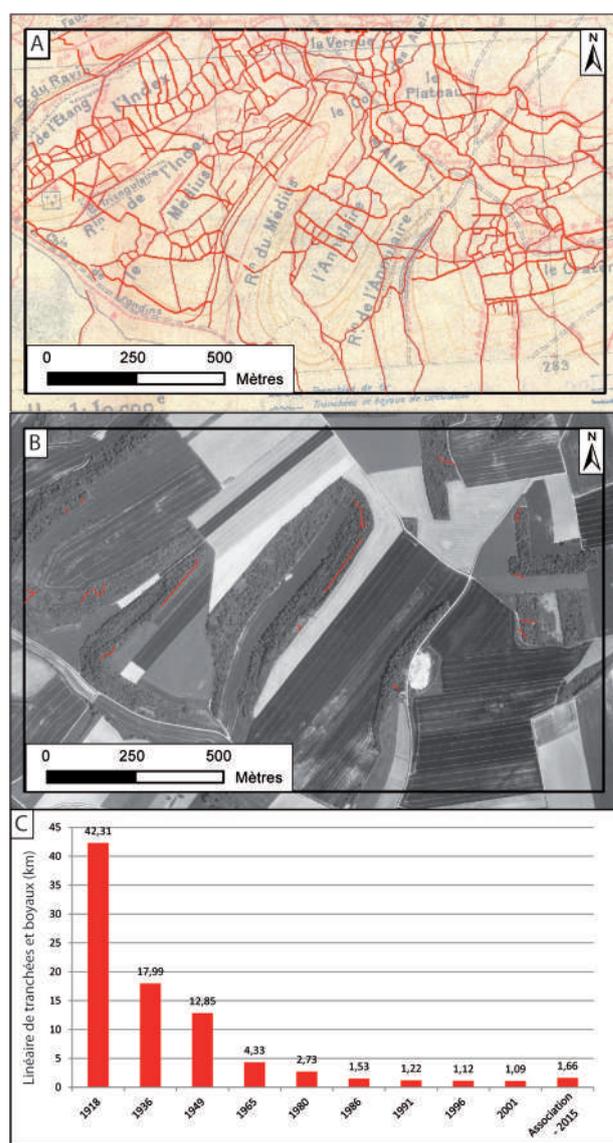


Fig. 13 : Évolution du linéaire de tranchées sur le site de la Main de Massiges depuis 1918. A : Linéaire de tranchées visible sur le plan directeur de 1918. B : Linéaire de tranchées visible sur photographie aérienne en 2001. C : Évolution du linéaire de tranchées de 1918 à 2015.

Fig. 13 : Evolution of linear of trenches on the site of the « Main de Massiges » since 1918. A : Linear of trenches visible on directing plan in 1918. B : Linear of trenches visible on aerial photography in 2001. C : Evolution of linear of trenches from 1918 to 2015.

breuses embuscades et le front dessine alors un saillant vers le sud. Environ 150 000 soldats périssent sur ces 20 kilomètres de front pendant ces quatre années de guerre.

Structuration du front en Argonne

Le front d'environ 20 kilomètres est différemment fortifié selon les camps. Côté français, l'armée édifie 4 positions bien distinctes et espacées de 4 à 5 kilomètres chacune. La première au contact du *no man's land* en rive droite de la Biesme, alors que les trois autres s'établissent en position de promontoire en rive gauche de la Biesme (seconde position), du ruisseau de la Fontaine Le Prêtre (3^e position) et du Sougniat (4^e position). Par contre, l'armée allemande édifie une première position extraordinairement dense, en alignant jusqu'à 14 lignes de tranchées parallèles sur environ 4 kilomètres de profondeur. Une seconde position discontinue est retrouvée au nord du village de Binarville (Villate, 1925 ; Taborelli *et al.*, 2016).

L'ambiance forestière et l'absence de voie large et méri-dienne ne constitue pas un secteur propice à de grandes offensives comme les secteurs dégagés de la Champagne crayeuse plus à l'ouest. La canopée et la couleur grise et verte de la Gaize déstructurée rendent difficilement repérables les tranchées, pour l'élaboration des plans directeurs. La couverture forestière ne permet pas un réglage à vue des tirs d'artillerie, de même que le cloisonnement par les ravins orientés ouest-est qui constituent de véritables barrières naturelles. Une nouvelle forme d'artillerie est largement utilisée dans cette configuration de *no man's land* très étroit, avec les lances bombes, les *Minenwerfer*, ou obusiers de tranchées. Ces mortiers installés dans les premières lignes de la première position effectuent des tirs courbes avec des portées n'affectant que la première position adverse. Les bombes sont constitués d'une plus faible quantité de métal (fine enveloppe), mais davantage de poudre pour déstructurer le dispositif de défense ennemi (tranchées, boyaux, abris...). André Pézard, officier du 46^e régiment d'infanterie, est à Vauquois pendant l'année 1915 et relate un bombardement allemand par ces obusiers de tranchées : « Ça y'est, on va avoir une séance, c'est le crapouillotage qui commence ! (...) Des pluies de cailloux et de gravois nous flagellent ; une âcre odeur nous dessèche les narines ; nos mâchoires broient en grinçant le sable que nous dévorons de force ; nos tempes éclatent sous le martèlement des détonations répercutées plus vibrantes par la voûte de la cave ; nos paupières se crispent par secousses, nos nuques raides tressaillent. Il n'y a rien à faire pour nous. Au bout de soixante minutes, le fracas ralentit (...). Le boyau, près de ma cave, a disparu ; des éboulis s'y avachissent, les rondins d'une cabane s'y chevauchent. Les vieux rouleaux de fil de fer, les vieux chevaux de frise désarticulés, les vieilles claies éventrées ont sauté à droite et à gauche, sur le sol morne : royaume de toutes les formes sans formes. ».

La guerre des mines en Argonne

C'est dans ce contexte peu propice aux grandes offensives que se développe la guerre des mines. Six « systèmes de mines » sont mis en évidence en Argonne (fig. 14) ; la Harazée, site de mine de début 1915, le Four de Paris, Bolante, la Fille-Morte, la Haute-Chevauchée et Vauquois.

Cette technique antique qui consistait à ouvrir des brèches dans les remparts d'une forteresse s'adapte à la guerre de position. Le Génie creuse alors un réseau de galeries de grande section vers l'ennemi, puis de rameaux plus étroits, pour terminer dans des chambres explosives où sont concentrés de la poudre noire ou des explosifs brisants (mélinite, cheddite), appelées four-

neaux. La charge nécessaire est calculée selon la nature du sol (dont la résistance associée au coefficient g est comparable à celle de la craie, $g = 2.25$) et le résultat escompté (diamètre du cratère). Les « systèmes de mines » varient d'une seule explosion, à une dizaine comme à la Harazée (fig. 15) et jusqu'à plus de 500 comme à Vauquois.

Cette butte, occupée par l'armée allemande pour régler ses tirs d'artillerie sur la voie ferrée entre Châlons-sur-Marne (actuellement Châlons-en-Champagne) et Verdun, est attaquée sans relâche par l'armée française. En mars 1915, les deux armées se partagent la crête et Vauquois va devenir un haut-lieu de la guerre des mines. Les français vont établir 5 km de galeries alors que les Allemands iront jusqu'à 17 km. La particularité du site réside également dans la profondeur recherchée par les deux camps, traversant la Gaize entre 290 m et 220 m d'altitude, mais aussi les argiles du Gault et les sables verts sous-jacents, pour atteindre les calcaires jurassiques, nécessitant un dispositif d'exhaure. Sur ces 500 m de front, 519 explosions sont recensées (199 allemandes et 320 françaises) avec la plus importante, le 14 mai 1916, où 108 soldats français sont tués, avec une mine chargée de 60 tonnes d'explosifs et un cratère béant de 70 m de diamètre (Guyot 2004, Amis de Vauquois, 2004). La topographie est bouleversée : la crête est balafée par des entonnoirs de mine coalescents et profonds d'une vingtaine de mètres dans la Gaize alors que les flancs sont recouverts par les verses ou « stériles » issus des travaux de creusement des galeries et par les éjectas des explosions (fig. 16).

Après la guerre, la zone rouge passe bien évidemment par l'Argonne. Ces zones, rachetées par l'État, deviennent rapidement des forêts domaniales (forêts domaniales de la Haute-Chevauchée, de Lachalade). Quelques travaux de nivellement peuvent être observés en image lidar dans des parcelles planes de régénération mais dans son ensemble, l'Argonne constitue un véritable conservatoire des « polémo-formes » de la Grande Guerre (fig. 17). Ces paysages portant la cicatrice de ce conflit sont un atout et un argument privilégié dans le projet de Parc Naturel Régional pour l'Argonne.

CONCLUSION

Ces journées d'automne dans le secteur de Reims, en Champagne sèche et en Argonne ont permis de couvrir la zone de front de la Grande Guerre, depuis les formations lutétiennes jusqu'à la Gaize cénomaniennne. On y mesure nettement le rôle des conditions géologiques et géomorphologiques sur l'organisation spatiale des réseaux de défense mis en évidence par l'analyse des plans directeurs. En effet, les sommets de front de côte ont été utilisés différemment. Ils servaient de sites d'observations majeurs, d'artillerie à longue portée et de cantonnement en 4^e position (corniche du Lutétien dans le secteur de Reims) dominant des paysages étendus et cultivés où l'efficacité des tirs d'artillerie était bonne. Les anciennes carrières souterraines ou « creutes » exploitant les Calcaires grossiers du Lutétien étaient largement reconverties en abris militaires. Les cavités de Reims creusées dans la craie et englobées dans les premiers rideaux de défense servaient d'abris à la population. Ils présentent différents aspects (craières, galeries filantes, souterrains, caves) dont la typologie et l'organisation spatiale sont tributaires du recouvrement par les formations superficielles (graveluches et alluvions) et de la profondeur de la nappe de la craie. Sur la côte de Champagne largement festonnée ou digitée (Main de Massiges), les éperons étaient fortifiés en sites de résistance ou de combat de première ligne

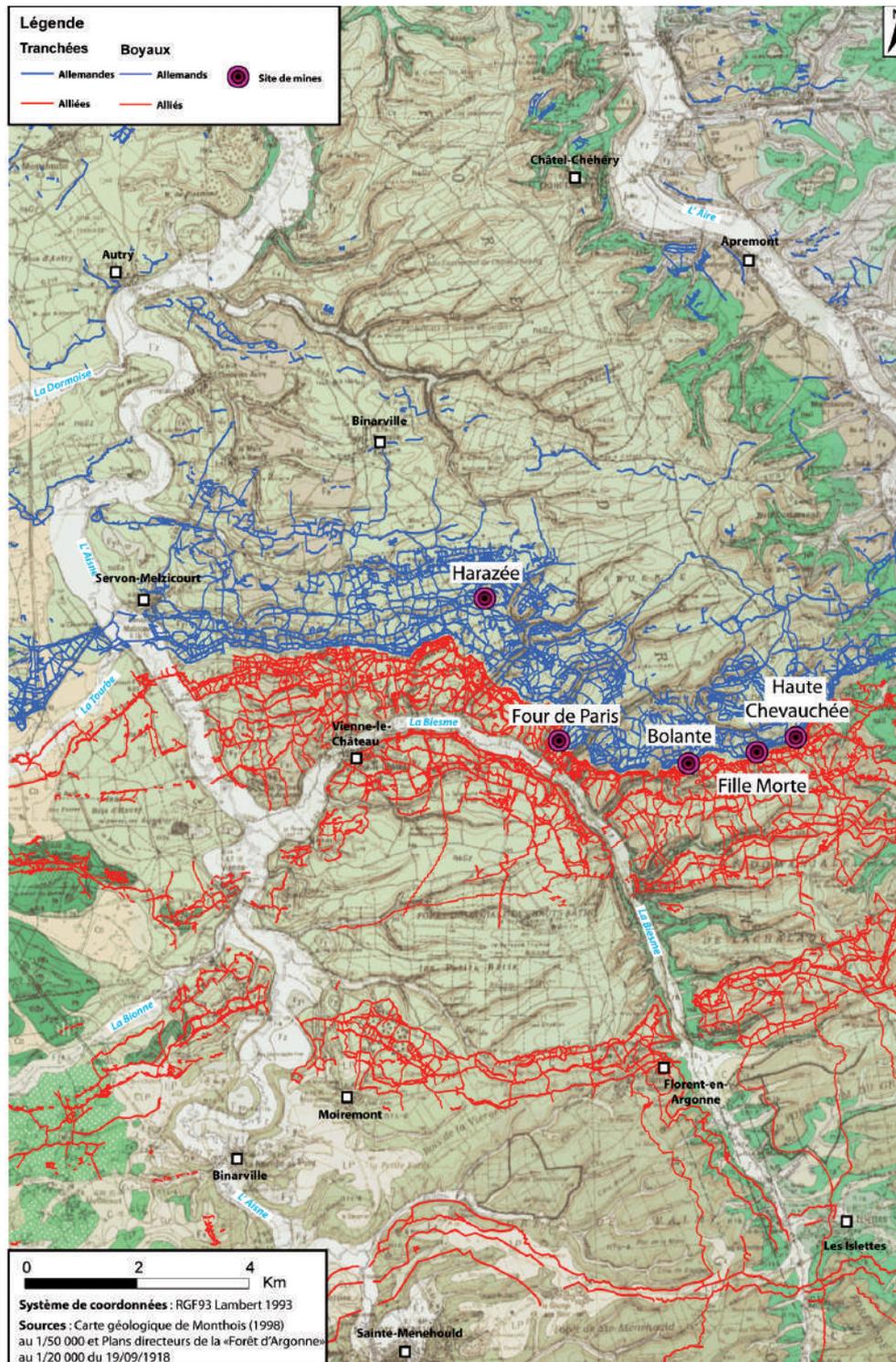


Fig. 14 : Localisation des secteurs de mines en Argonne dans le réseau de défense.

Fig. 14 : Location of mines sectors in Argonne trenches network.

mais la pression agricole a nivelé la quasi intégralité des polémopayages. En Argonne, la couverture forestière, inhérente à la pauvreté culturale des sols sur Gaize et à sa vocation de « marche forestière » a feutré lourdement le rôle de la géomorphologie. Les crêtes forestières ont fait l'objet d'âpres combats où l'artil-

lerie classique de campagne était inefficace et était remplacée par l'artillerie de tranchées à tirs courbes. Les sites étaient favorables à la guerre des mines dont les « polémo-formes » révélées par le lidar sont remarquablement conservées sous couverture forestière

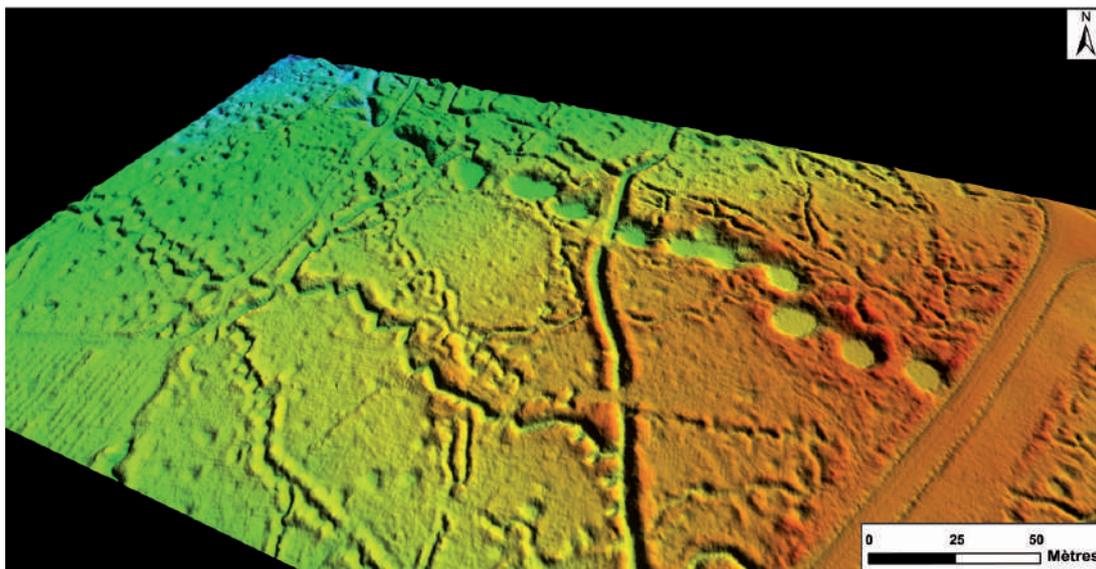


Fig. 15 : Image lidar d'entonnoirs de mines du site de la Harazée.
 Fig. 15 : Lidar image of mines craters in the « Harazée » site.

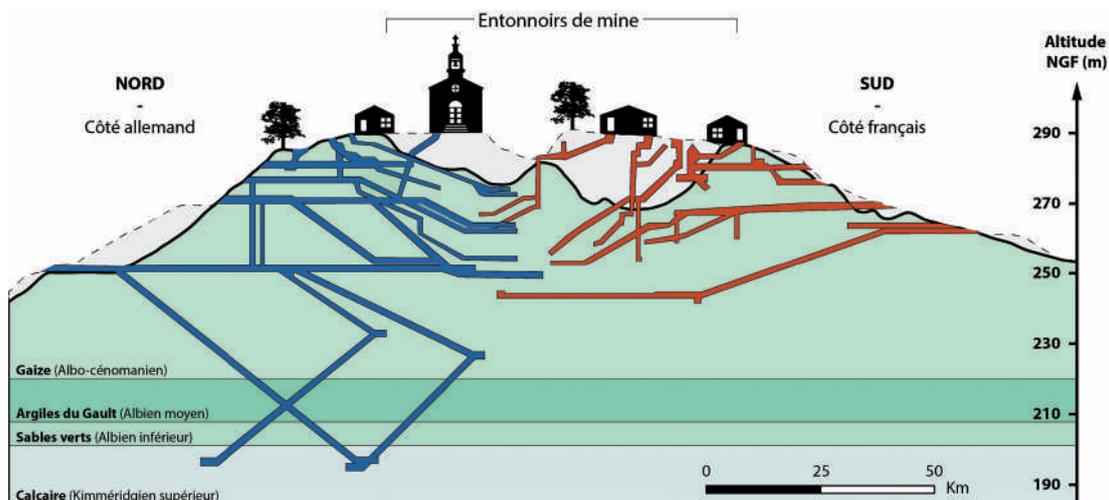


Fig. 16 : Coupe de la butte de Vauquois (d'après Guyot, 2004 ; Amis de Vauquois, 2004).
 Fig. 16 : Cross-sectionally of the hill of Vauquois (after Guyot, 2004 ; Amis de Vauquois, 2004).

Pour l'interprétation des références aux couleurs dans les légendes des figures ou dans le texte, le lecteur est renvoyé à la version pdf de cet article.

For the interpretation of references to colors in the figure captions or in the text, the reader is referred to the pdf version of this article.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les responsables des sites touristiques du Musée de la Pompelle, de la ville de Reims (Bénédictte Hernu, Valérie Chopin, Salvatore Grippi) et l'association de la Main de Massiges (Eric Marchal et Pierre Labat) pour leur accueil lors de ces journées.



Fig. 17 : Vue panoramique de cratères de mines coalescents à Vauquois (cliché E. Sinet).

Fig. 17 : Panoramic view of coalescing mines craters in Vauquois (E. Sinet).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMIS DE VAUQUOIS (2004) - La Butte meurtrie de Vauquois, la guerre des mines 1914-1918. Les Amis de Vauquois et de sa région éd., 382 p.
- BARROS M. (1997) - La place de Reims 1874 - 1918. Actes du colloque d'histoire militaire, octobre 1994, Reims, Association des Amis du Fort de la Pompelle et des Soldats de la Marne éd., 2-42.
- BERCÉ F. (2000) - Des Monuments historiques au Patrimoine, du XVIIIe siècle à nos jours -les égarements du cœur et de l'esprit. Flammarion éd., p. 61-64.
- BERGERAT F., JACQUES A., VANDYCKE S., AMÉDRO F., ROBAS-ZYNSKI F. et FAÏ O. (2015) - Les carrières souterraines d'Arras : géologie, archéologie et histoire, *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 52, 3, 3-26.
- BLONDEAU A. (1965) - Le Lutétien des Bassins de Paris, de Belgique et du Hampshire. Thèse d'État ès Sciences, Université de Paris, 467 p.
- BOLLOT N., DEVOS A., PIERRE G., CHALUMEAU L. et LEJEUNE O. (2014) - Détente mécanique et dynamique de versant dans l'Eocène de l'est du bassin de Paris, France. *Géomorphologie*, 2, 121-132.
- BOUCHON S. et VEYRET Y. (2002) - Les risques liés aux carrières souterraines. Diversité des réponses et aménagement en Île-de-France. *Annales de Géographie*, 111, 626, 359-379.
- BOUXIN M. (2014) - Le fort de la Pompelle et le corps expéditionnaire russe. Koutchkovo pole éd., 175 p.
- BUTTET J. (2012) - Traces et témoignages lapidaires de la Grande Guerre. Graffiti et identités. Mémoire de Master 2 de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, 283 p.
- CAUBERGS M. (1991) - Inventaire de quelques anciennes mines et carrières souterraines de Wallonie. Essai d'archéologie minière, M. Caubergs éd., 313 p.
- CEREPI A. (2002) - Quantitative analysis of fracturing heterogeneity : application to underground quarries, *C. R. Geosciences*, 334, 163-170.
- COCHET F. (1993) - Rémois en guerre 1914-1918 : l'héroïsation au quotidien. Presses universitaires de Nancy éd., 168 p.
- COMBAUD A., DEVOS A., CHALUMEAU L., TABORELLI P. et BOLLOT N. (2016) - Les Plans directeurs de la Grande Guerre : une nécessaire innovation cartographique. *Revue internationale de Géomatique*, 3, 363-393 ; doi : 10.3166/ri.2016.00004.
- COUSIN M. (2002) - Archéologie des carrières souterraines de Doué-la-Fontaine, Gal'Art éd., 110 p.
- DESFOSSÉS Y., JACQUES A. et PRILAUX G. (2008) - L'archéologie de la Grande Guerre. Ouest-France – Inrap éd., 127p.
- DEVOS A., LEJEUNE O. et CHOPIN E. (2007) - Karstic infiltration dynamics and spatialisation of chalk aquifer drain, example of the upper Vesle bassin (dry Champagne, France). *European Journal of Water quality*, 38, 1, 23-38 ; doi : 10.4000/physio-geo.2819.
- DEVOS A., SOSSON C. et LEJEUNE O. (2008) - Les carrières souterraines de Glennes (Aisne-02). *Subterranea*, 148, 110-118.
- DEVOS A., SOSSON C., FRONTEAU G. et LEJEUNE O. (2009) - Les tufières du Vormy et des Fontinettes (Aisne-Marne-France) : marqueurs de la faible karstification des calcaires lutétiens de l'Est du Bassin parisien. *Karstologia*, 54, 37-48.
- DEVOS A., FRONTEAU G., LEJEUNE O., SOSSON C., CHOPIN E. et BARBIN V. (2010) - Influence of geomorphological constraints and exploitation techniques on stone quarry spatial organisation. Example of lutetian underground quarries in Rheims, Laon and Soissons areas. *Engineering Geology*, 115, 268-275 ; doi : 10.1016/j.enggeo.2010.05.004.
- DEVOS A., CHALUMEAU L., BOLLOT N., SOSSON C., BARRE E., LEJEUNE O. et GOBANCE G. (2012) - Organisation spatiale de la fracturation de détente mécanique de versant en carrières souterraines. Application aux plateaux des calcaires éocènes du Bassin de Paris. *PhysioGéo*, 6, 243-262 ; doi : 10.4000/physio-geo.2819.
- DEVOS A., CHALUMEAU L., SOSSON C., FRONTEAU G., TURMEL A., LEJEUNE O. (2011) - La fantômisation des calcaires lutétiens du Bassin de Paris – Apport des carrières souterraines, *Karstologia*, 58, 15-28.

- DEVOS A., TABORELLI P., DODICI M., CHALUMEAU L., BURIDANT J., BOLLOT N., COMBAUD A. et DESFOSSÉS Y. (2015) - Le rôle des conditions géographiques sur l'organisation spatiale des réseaux de défense durant la Grande Guerre - Application à la Champagne (région de Reims). *PhysioGéo*, 9, 157-174 ; doi : 10.4000/physio-geo.4615.
- DOLFINI L. (1920) - Recherches de Carrières. Reims, Rapport du Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts, Architecte en chef. M^r Deneux, 21 p.
- DUJARDIN L. (1991) - Les carrières souterraines de Caen et du département du Calvados. Actes de colloque du 2^e symposium sur les carrières souterraines, Paris, 57-166.
- DUTIL P. et BALLIF J.-L. (1968) - Sur la présence fréquente en Champagne crayeuse de rendzines développés sur paléosols cryoturbés. *Science du sol*, 2, 79-91.
- FAUCHER B. et LAURIOL B. (2016) - Les vermiculations de la grotte Wilson (Lac la Pêche, Québec, Canada. Contexte morpho-climatique, analyses sédimentologiques et distribution spatiale. *Géomorphologie*, 22, 1, 95-103.
- FRONTEAU G., MOREAU C., THOMACHOT C. et BARBIN V. (2010) - Variability of some lutetian building stones from the Paris Basin, from characterisation to conservation. *Engineering geology*, 115, 158-166.
- GÉLY J.-P. (1996) - Le Lutétien du Bassin de Paris : de l'analyse séquentielle haute résolution à la reconstitution paléogéographique. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 34, 2, 3-27.
- GÉLY J.-P. (2016) - Le Paléogène du Bassin de Paris : corrélations et reconstitutions paléogéographiques. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, 53, 4, 2-13.
- GUÉRIN H. et LAURAIN M. (1982) - Itinéraires géologiques et géomorphologiques en Argonne. *Annales scientifiques de l'université de Reims et de l'A.R.E.R.S*, 18, 25-36.
- GUYOT P. (2004) - La guerre des mines à Vauquois. *14-18 Le magazine de la Grande Guerre*, 19, 16-23.
- HUPY J.-P. et SCHAETZL R. (2006) - Introduction "bomburbation", a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science*, 171, 11, 823-836. doi:10.1097/01.ss.0000228053.08087.19.
- KALAS E. (1922) - Note sur les vestiges retrouvés dans les ruines de Reims, mai-novembre 1922. Bibliothèque de la SAVR, 11 p. manuscrites et planches ; transcription partielle du texte sur un cahier récent ; classeur Kalas VI avec dossier n° 2844.
- LAURAIN M., GUÉRIN H., MARRE A. et RICHERD J. (1995) - Processus génétiques à l'origine des formations de pente à graviers de craie de Champagne. *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 103-108.
- LAURAIN M., MARRE A. et GUÉRIN H. (1997) - La cryosuccion ; un des mécanismes de formation des poches de cryoturbation sur substrats crayeux. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 5, 2^e série, 373-379.
- LAURENT J. (1948) - L'Argonne et ses bordures. Thèse de Géographie, Faculté des Lettres de Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1951, 307 p.
- LE HALLÉ G. (2004) - Précis de la fortification, Ysec éd., 192 p.
- LEJEUNE O., DEVOS A. et SOSSON C. (2008) - Les crayères en milieu rural de la Marne (51). *Subterranea*, 145, 26-29.
- LÉRY J. (1916) - La bataille dans la forêt (Argonne 1915), impression d'un témoin. Hachette éd, 127 p.
- MOIRIAT D., POTHERAT P., DURVILLE J.-L. et BEBIEN J. (2005) - Observations sur la fracturation liée à l'incision d'une vallée – carrière souterraine des Brillants (Hauts-de-Seine). *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, 3-14, 258-259.
- PARKS C.D. (1991) - A review of the mechanisms of cambering and valley bulging. Geological Society, London. *Engineering Geology Special Publications*, 7, 373-380.
- PÉZARD A. (2016) - Nous autres à Vauquois. Table ronde éd., 550 p.
- PICHARD C. (2014) - La construction de la forme urbaine : approche archéologique et archéogéographique du processus urbain de Reims du début du Moyen-Âge à la ville pré-industrielle. Thèse de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, 2 volumes, 480 p.
- PROUST M. (2013) - Lettres à sa voisine, texte établi et annoté par Estelle Gaudy et Jean-Yves Tardié, Gallimard éd, 86 p.
- RADET E et MANTELET C. (1938) - Étude pédologique de la champagne crayeuse. *Bulletin A.F.E.S.*, 4,4, 1-62.
- ROUXEL-DAVID E., CORDONNIER G. et DACHY S. (2002) - Synthèse des études menées sur le bassin-versant du champ captant de Couraux (Marne). Rapport BRGM, RP-51739-FR, 159 p.
- TABORELLI P., DEVOS A., DODICI M., BOLLOT N., DESFOSSÉS Y. et BRÉNOT J. (2016) - Apport des plans directeurs sur la compréhension de l'organisation spatiale du front durant la grande Guerre. Application à l'Argonne. *Revue de géographie historique* [En ligne], 8, 2016, mis en ligne le 20 mai 2016, consulté le 22 mars 2017.
- TABORELLI P., DEVOS A., LARATTE S., BRÉNOT J., BOLLOT N., CANCÈS B. et DESFOSSÉS Y. (2017) - Apport des Plans directeurs et de l'outil LiDAR aéroporté pour la caractérisation des impacts morphologiques de la Grande Guerre – Exemple de la Cote 108 (Berry-au-Bac – France). *Géomorphologie, relief, processus, environnement*, 23, 2, 155-169.
- VILLATE R. (1925) - Les conditions géographiques de la guerre, étude de géographie militaire sur le front français de 1914 à 1918. Payot éd., 325 p.