



**HAL**  
open science

## Les conséquences de la guerre sur l'évolution des paysages et des sols à Flirey, à l'est du Saillant de Saint-Mihiel

Anne Poszwa, Danièle Bartier, Vincent Ollive, Cédric Moulis

► **To cite this version:**

Anne Poszwa, Danièle Bartier, Vincent Ollive, Cédric Moulis. Les conséquences de la guerre sur l'évolution des paysages et des sols à Flirey, à l'est du Saillant de Saint-Mihiel. Françoise Bergerat. 14-18 La Terre et le Feu. : géologie et géologues sur le front occidental, AGBP; COFRHIGEO; SGN, 2018, 978-2-9550042-1-0. hal-02076177

**HAL Id: hal-02076177**

**<https://hal.science/hal-02076177>**

Submitted on 22 Mar 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les conséquences de la guerre sur l'évolution des paysages et des sols à Flirey, à l'est du Saillant de Saint-Mihiel

Anne Poszwa <sup>(1)</sup>, Danièle Bartier <sup>(2)</sup>, Vincent Ollive <sup>(3)</sup>, Cédric Moulis <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> LIEC UMR 7360 CNRS, Université de Lorraine, Campus Aiguillette, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

<sup>(2)</sup> GeoRessources, UMR 7359, Université de Lorraine, CNRS, CREGU, Campus Aiguillettes, 54500 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

<sup>(3)</sup> LOTerr, EA 7304, Université de Lorraine, Campus LSH, 54000 Nancy

<sup>(4)</sup> Pôle Archéologique, EA 1132 HisCant-MA, Université de Lorraine, Campus LSH, 54000 Nancy

Le Saillant de Saint-Mihiel (Meuse) correspond à la percée vers l'ouest des armées allemandes qui réussissent, fin septembre 1914, à traverser la Meuse et à s'emparer du village de Saint-Mihiel. Cette avancée, sur plus de 20 km dans les lignes françaises (*Harmand et Chiffre, cet ouvrage*), menace les voies de communications entre Toul et Verdun. Malgré de nombreuses offensives, notamment aux extrémités du Saillant (Les Épargnes au nord et Flirey/Bois-le Prêtre à l'est), tout le secteur subit rapidement une guerre de position acharnée. Il faudra attendre septembre 1918 et une offensive américaine pour que disparaisse cette incursion dans les lignes françaises.

Un siècle après le conflit, le relief de côte, typique de la Lorraine sédimentaire (Le Roux et Harmand, 2014), n'a fondamentalement pas changé. Cependant, localement, des polémo-paysages (paysages issus d'un conflit) apparaissent ; les modelés peuvent ainsi être fortement modifiés localement avec des couches géologiques qui, originellement enfouies, se retrouvent à l'état fragmenté en surface.

Ces modifications, engendrées pendant le conflit, sont le prélude à une histoire pédologique et biologique inédite...

## LA GRANDE GUERRE ET LES POLÉMO-PAYSAGES DANS LES ENVIRONS DE FLIREY

### La guerre à Flirey

Pendant la formation du Saillant de Saint-Mihiel, les villages de Flirey et de Seicheprey sont occupés. Le 25 septembre 1914, une contre-attaque française force les Allemands à se replier et un front s'établit au nord de Flirey. Les Allemands organisent leur ligne de défense à la lisière du Bois de Mort-Mare, sur un sommet de crête, en surplomb du village. En avril 1915, plusieurs assauts français visant à réduire le saillant se soldent par des échecs sanglants mais aboutissent au rapprochement des lignes ennemies éloignées d'une vingtaine de mètres (fig.1).

Français et Allemands entament alors une guerre souterraine, notamment de mines : au moins 130 explosions bouleversent le front de Mort-Mare entre février 1915 et avril 1917. Sur un des sites présentés ici, en février 1916, les explosions de trois mines placées par l'ennemi sous les lignes de front détruisent 200 m de la première ligne française. Les explosions se poursuivent de mai à septembre 1916.

La guerre des mines prend fin à Flirey au printemps 1917 par le retrait des troupes françaises de la zone.

### Les principales traces de la guerre

Plusieurs vestiges et indices témoignent encore, un siècle plus tard, du conflit dans ce secteur.

*A Flirey*, les ruines de l'ancienne église et les restes de l'ancien village sont encore perceptibles ; une petite partie a par ailleurs été récemment aménagée en zone touristique (Conseil Départemental de Meurthe-et-Moselle). Le reste du village initial est cependant recouvert d'un taillis assez dense, peu

accessible, où des espèces telles que noyer, groseillier, prunier, mélisse sont des indices d'anciens jardins (Badeau, 2014).

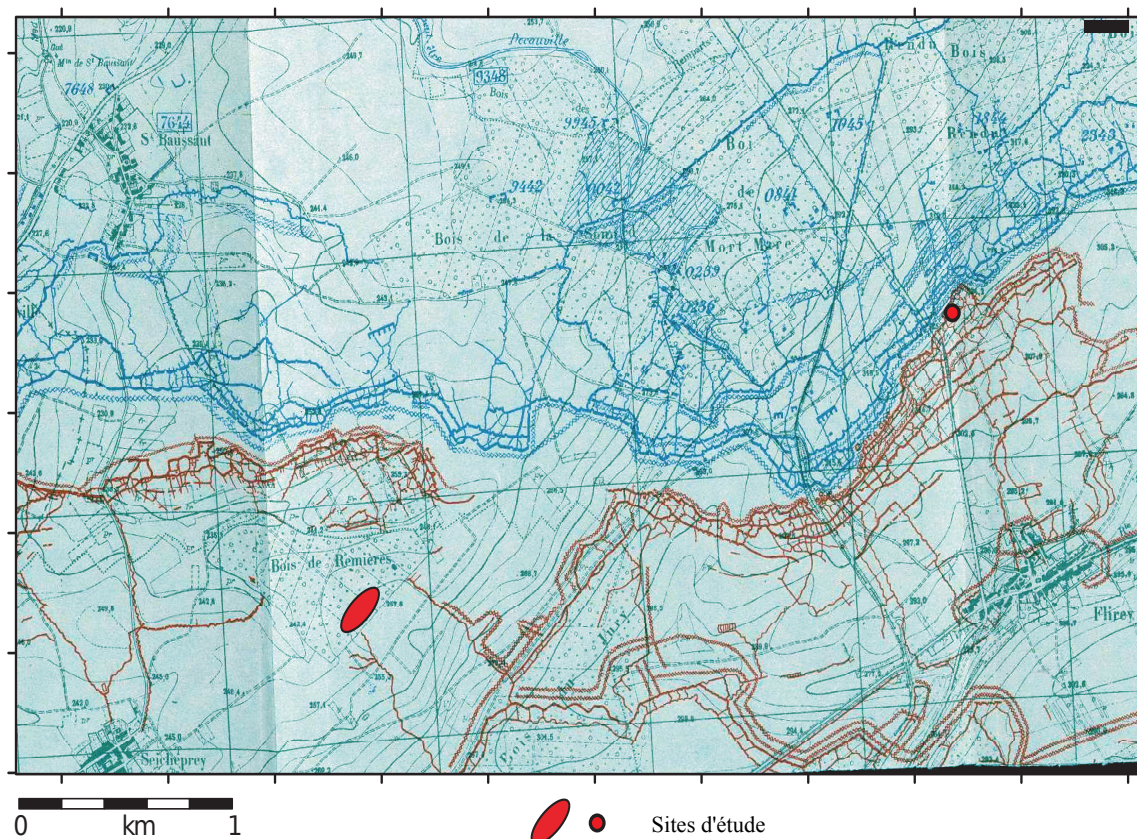


Fig. 1 : Carte de localisation des lignes de front aux alentours de Flirey d'après : carte topographique de 1914, canevas de tir avant avril 1916 (cote d'archive "GR 26 N 405 006" au service historique de la défense) et localisation des deux sites présentés ici.

**Aux alentours de Flirey**, l'occupation des sols (élément de structure du paysage) a localement été modifiée. Les zones anciennement agricoles les plus touchées par le conflit ont souvent été reconverties en forêt : cette reforestation assez rapide après guerre (fig.2) a permis de protéger et ainsi de « fossiliser » en partie la géomorphologie profondément perturbée à l'échelle des parcelles. Sur cette figure sont également mentionnées des friches visibles sur photographies aériennes en 1958, zones remises en cultures de nos jours.

**Au nord de Flirey et de Seicheprey**, dans les zones forestières actuelles, différentes « anomalies » en creux et en relief sont observables (fig. 3) : des dépressions linéaires témoins des tranchées creusées ; des dépressions circulaires peu profondes, recoupant parfois les dépressions linéaires, témoins de tirs d'obus ; des dépressions circulaires de grande taille, appelées entonnoirs, créées par les explosions de mines ; des bourrelets le long de ces diverses dépressions, plus ou moins épais et irrégulièrement étalés. Il faut noter que, de nos jours, ce type d'anomalies n'est plus visible dans les parcelles agricoles bordant les forêts. Ceci s'explique par un comblement progressif des dépressions et un aplanissement des reliefs, soit lors des labours depuis le conflit, soit suite au comblement par des remblais, par exemple du talus de la voie ferrée à l'ouest de Flirey. Seuls subsistent dans le paysage des avant-postes de mitrailleuses en béton armé dans les champs.

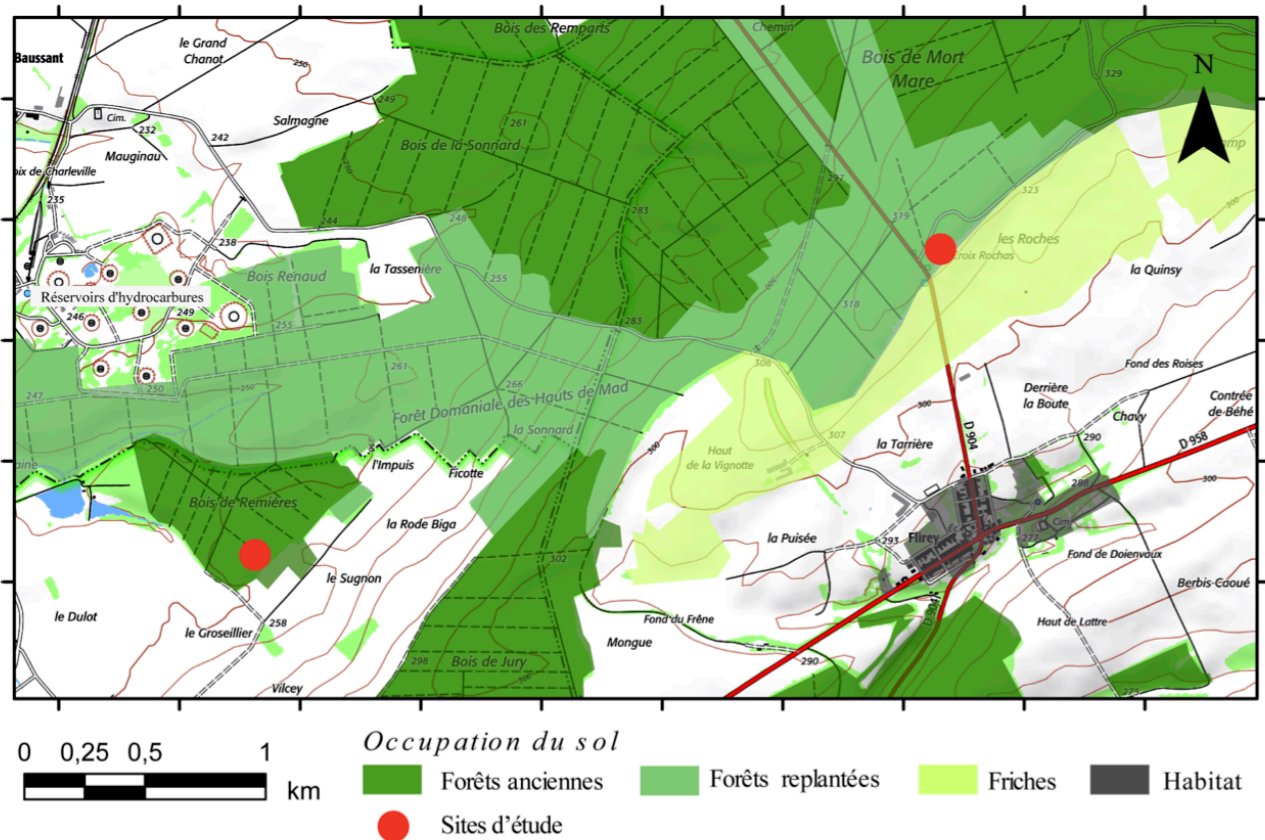


Fig. 2 : Carte avec fond topographique actuel illustrant les surfaces forestières avant guerre (d'après la carte d'Etat Major de 1866) et après guerre, les forêts replantées et les friches (d'après photos aériennes IGN de 1958).

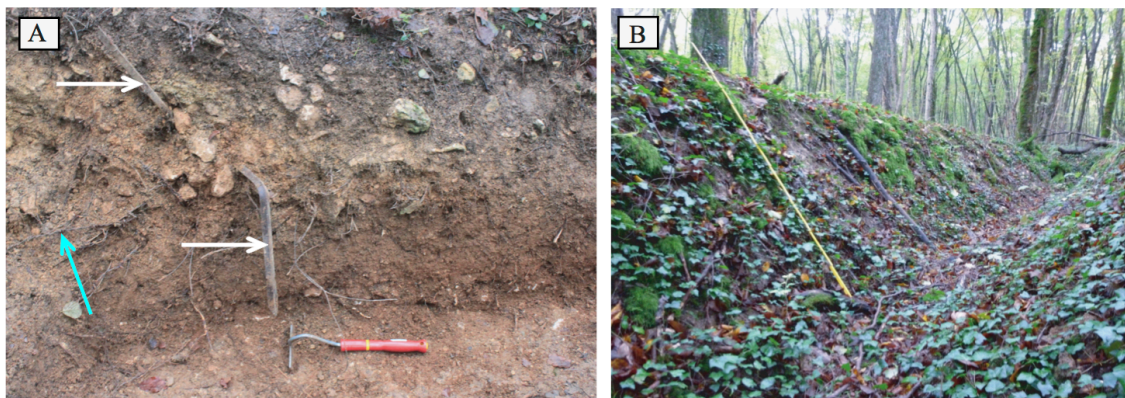


Fig. 3 : A - Coupe du bord externe de l'entonnoir étudié à Flirey : les flèches blanches pointant des barres métalliques, les flèches rouges des barbelés, matériel enfoui à la base de l'éjecta soulignant le niveau d'occupation en 1916. B - Vue d'une tranchée dans le Bois de Remières.

### La morphologie d'un entonnoir de mine sur des calcaires du Bajocien

Au nord de Flirey, la zone appelée Bois de Mort-Mare (fig. 1 et 2), est située à 320-325 m d'altitude en bordure du plateau de la Côte de Moselle et domine le village (280-290 m). Le relief est armé par des calcaires résistants à l'érosion appartenant à un ensemble de deux formations du Bajocien (Jurassique moyen) : l'Oolithe à *Clypeus ploti* et l'Oolithe Miliare supérieure (j1d2, Allemmoz *et al.*, 1989, fig. 4). Les terrains, très impactés par le conflit, ont été rachetés par l'Etat et ont été replantés avant 1930 (fig.2)

avec notamment des pins noirs d'Autriche, des épicéas et des érables. De nos jours, la strate arborée est surtout constituée de pins noirs d'Autriche, en mélange avec des hêtres, des charmes, quelques érables et des épicéas.

Dans la forêt de Mort-Mare, les bouleversements sont tels qu'il est souvent difficile de comprendre l'organisation des tranchées, complètement modifiée par des trous d'obus et de mines. En revanche, sept entonnoirs de mines sont particulièrement bien préservés (fig. 5A). Une fosse a été ouverte en 2002 (Schwartz *et al.*, 2003) sur le flanc sud d'un entonnoir pour une étude géochimique de l'impact des activités militaires sur la qualité des sols. Dans le but de compléter cette étude et de démontrer plus précisément les perturbations physiques engendrées sur la zone, un relevé topographique de cet entonnoir a été réalisé à l'aide d'un tachéomètre (fig. 5B) ; plus de 300 points ont ainsi permis une lecture fine de la morphologie en surface de la cavité et de ses alentours immédiats. La forme de l'entonnoir est globalement circulaire mais légèrement dissymétrique ; son diamètre varie de 16 à 18 m et sa profondeur actuelle est de 4 m. Les pentes internes de l'entonnoir sont fortes, avec plusieurs petites zones de replat. La bordure sud de l'entonnoir présente un bourrelet de 80 cm à 1 m d'épaisseur, composé de matériel éjecté durant l'explosion, nommé ici « éjecta ». La fosse initiale (F1, fig. 5B) a été rafraîchie et approfondie ; trois autres fosses ont été ouvertes dans l'entonnoir (dont la fosse F4) et une vingtaine de sondages à la tarière a été réalisée sur les bords et en s'éloignant de l'entonnoir. La figure 5B montre également la présence d'une dépression linéaire à l'est de l'entonnoir, globalement orientée nord-sud, ainsi que plusieurs cratères d'obus de 3 à 5 m de diamètre dont l'un se trouve à l'est dans le cratère même de l'entonnoir.

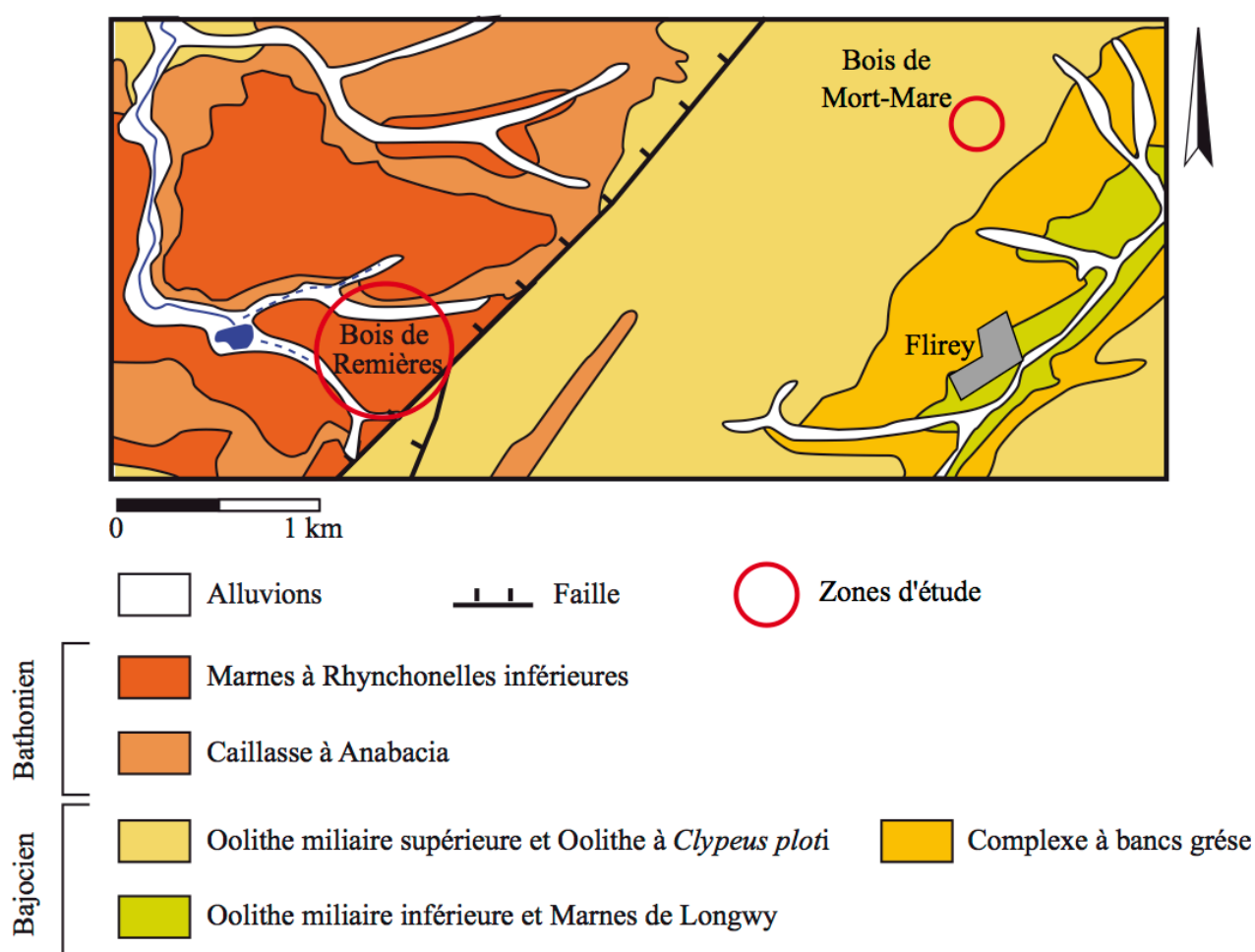


Fig. 4 : Contexte géologique dans les secteurs de Seicheprey et de Flirey, d'après carte géologique de Pont-à-Mousson à 1/50 000 (n°193, BRGM éd.) (Allemmoz *et al.* 1989).

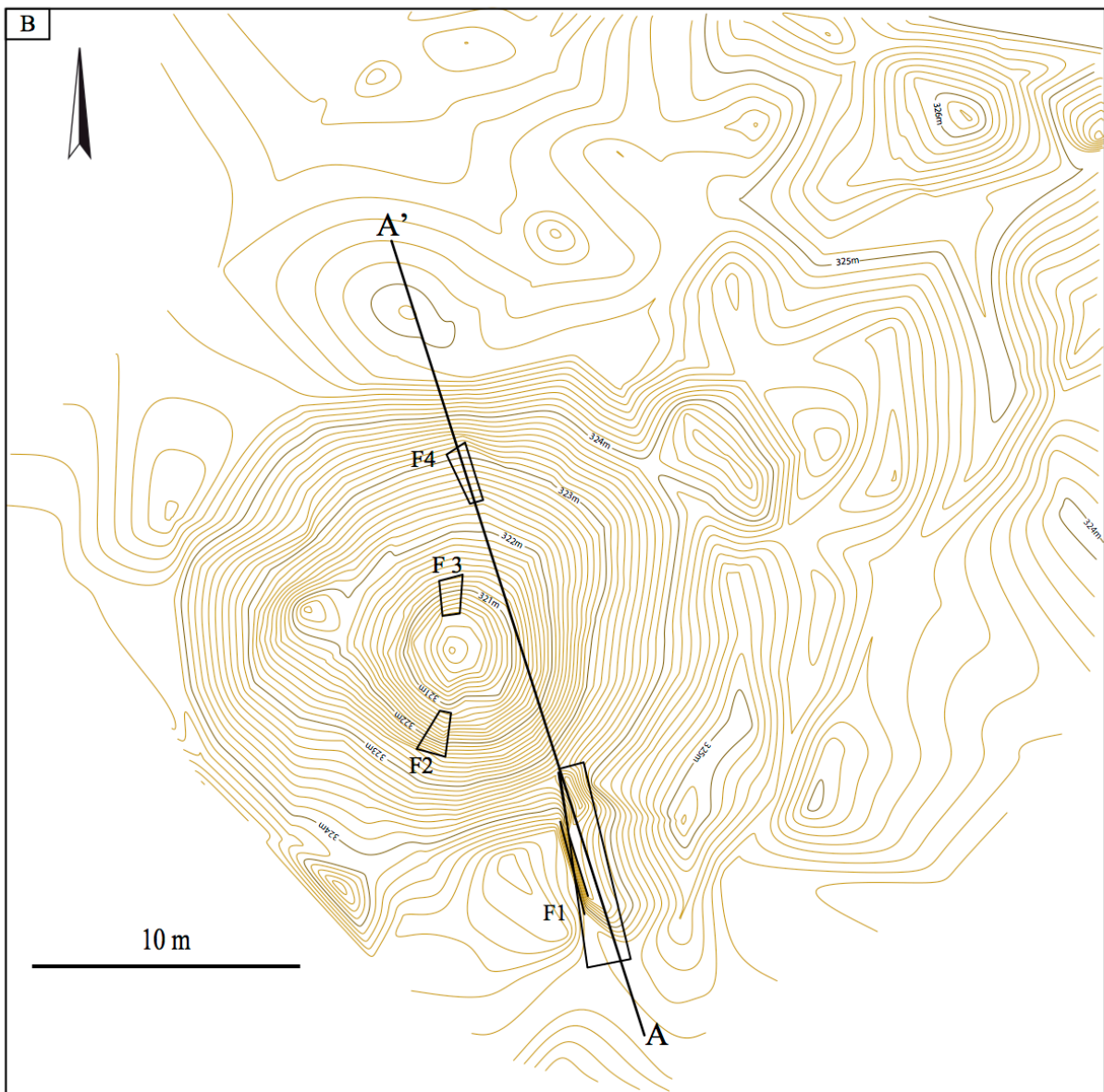
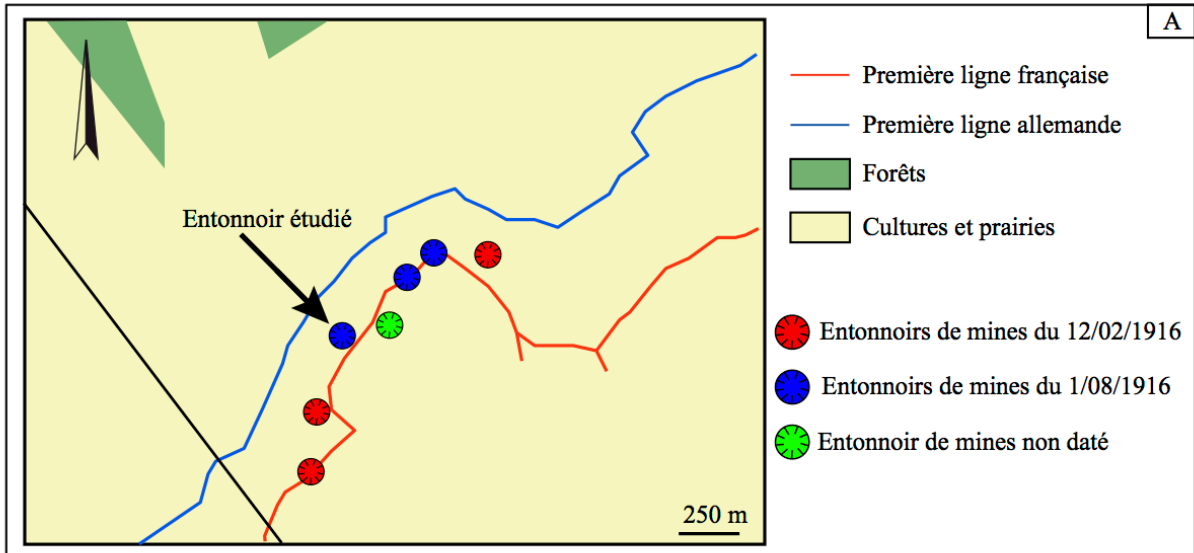


Fig. 5 : A - Carte simplifiée localisant les entonnoirs formés en 1916 dans le Bois de Mort-Mare en lien avec les premières lignes française et allemande. B - Relevé topographique de l'entonnoir et de sa périphérie dans le Bois de Mort-Mare.

## Les tranchées françaises creusées dans les matériaux marneux du Bathonien

A l'ouest de Flirey, une faille normale orientée Nord-Est – Sud-Ouest met en contact la formation de l'Oolithe miliaire supérieure (zone des entonnoirs) et la formation des Marnes à Rhynchonelles inférieures du Bathonien (fig. 4). Le Bois de Remières (fig. 1) est situé sur la commune de Seicheprey, environ 1 km au sud et en contrebas de la zone de front, sur les matériaux marneux tendres. La forêt, qui existait déjà à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (fig. 2), n'a pas complètement disparu lors des combats. De nos jours, la strate arborée est essentiellement constituée de chênes pédonculés, de hêtres, de charmes et d'érables champêtres.

Les lignes arrières françaises auraient séjourné dans ces bois qui auraient donc servi de zone de refuge et de vie : des traces de ce qui pourrait être d'anciens abris sont encore bien visibles et semblent corroborer l'hypothèse de l'occupation du site, au moins temporairement.

Bien que le canevas de tir ne le mentionne pas (fig. 1A), plusieurs réseaux de tranchées existent dans la forêt de Remières. Bien que leurs tracés soient localement perturbés, voire effacés par des travaux forestiers récents, les tranchées, pourtant non bétonnées, sont encore profondes et facilement observables (fig. 3C). Cette zone semble avoir été épargnée par le conflit, ce qui paraît confirmé par la faible densité de traces de trous d'obus remarquables au sol.

Morphologiquement, les perturbations se traduisent essentiellement par de longues entailles (la plus longue observée de 66 m), assez étroites (minimum de 1 m au fond), sinueuses, bordées de chaque côté par des bourrelets qui accentuent la profondeur des dépressions dont celle actuelle varie entre 1 et 1,5 m (fig. 3D). Cinq fosses ont été réalisées à travers les tranchées ainsi qu'une vingtaine de sondages à la tarière dans et autour des tranchées.

## L'IMPACT DE LA GUERRE SUR LES SOLS

### Loin de la guerre, des vieux sols décarbonatés

**Décarbonatation et brunification.** En l'absence de perturbation anthropique, les sols forestiers du secteur sont issus de la décarbonatation des marnes et calcaires et sont soumis à un processus pédogénétique appelé brunification depuis une dizaine de milliers d'années (fin de la dernière glaciation et début de l'installation d'un climat tempéré). Cette pédogenèse (fabrication d'un sol) particulière correspond : à la dissolution lente des carbonates ; à la libération des particules minérales insolubles présentes dans la roche avec les carbonates (silicates, oxydes et hydroxydes de fer) ; à l'éventuelle altération et transformation d'une partie de ces silicates (les plus altérables) en minéraux argileux et oxyhydroxydes de fer (Legros, 2007). Ces derniers constituants colorent d'une teinte brun-ocre le profil de sol, d'où l'appellation « brunification ». Par ailleurs, en surface, la matière organique humifiée issue de la décomposition des feuilles et branches tombant sur le sol est mélangée aux matériaux minéraux fins grâce à l'activité des êtres vivants.

**Sols bruns.** Sur morphologie plane et en l'absence de nouveaux apports de carbonates, les sols sont décarbonatés en surface et composés de trois parties distinctes appelées « horizons » (fig. 6A), de la roche mère à la litière : l'horizon C appelé « altérite » est principalement composé de fragments de roches et possède les mêmes caractéristiques (minéralogie et couleur) que le substrat géologique sur lequel le sol se forme ; l'horizon B est caractérisé par sa richesse en minéraux issus de l'altération lui conférant sa teinte brun ocre et une granulométrie (dite « texture » en pédologie) fine car riche en minéraux argileux et/ou limons ; l'horizon A, appelé organo-minéral, souvent peu épais (environ 10 cm) a une couleur foncée (brun foncé à noire) car riche en matière organique.

Remarque : Les sols composés de ces trois types d'horizons sont appelés « sols bruns », d'après la classification de la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols (CPCS, 1967) qui adopte comme critère dominant le processus de pédogenèse (ici processus de brunification). Bien que d'autres classifications soient actuellement préférées dans le monde académique (notamment le Référentiel Pédologique ou « RP », AFES 2008), cette « vieille » classification française a l'intérêt d'utiliser une

terminologie simple et claire, d'où le choix de son utilisation pour nommer les sols dans ce texte. Pour nommer les horizons, par préférence pédagogique, nous avons modifié la nomenclature CPCS dans les profils décrits.

**Sols bruns calciques.** Après décarbonatation, le sol peut subir une décalcification (appauvrissement en calcium). Si la proximité ou l'abondance en carbonates de la roche mère le permet, le sol reste riche en calcium et est qualifié de sol brun calcique. Sur les plateaux du relief de côtes, notamment sur les calcaires du Bajocien de la Côte de Moselle (Le Roux, 2014), les sols sous forêt sont décarbonatés, plus ou moins différenciés et de type sols bruns calciques (fig. 6A) en absence de pente et de formations superficielles siliceuses (alluvions grossières, limons) (Becker, 1978 ; Gury, 1972 ; Le Tacon et Nys, 1970).

### **Au plus proche du front, une modification généralisée des sols**

Dans le Bois de Mort-Mare, il est très rare de retrouver des profils de sols non perturbés tel que celui décrit figure 6. Les différentes fosses et les sondages indiquent clairement que la majorité des sols a été fortement impactée par le conflit et que la diversité des sols est plus élevée qu'avant le conflit.

**Des « vieux » sols recouverts d'éjectas.** En bordure de l'entonnoir, le profil de la fosse F1 (fig. 6B) est caractérisé par la présence d'horizons bien distincts : seul l'horizon appelé B<sub>ancien</sub>, remarquable par sa couleur brun rouge, très argileux, décarbonaté, pauvre en éléments grossiers peut s'identifier à un sol brun calcique ; l'horizon C<sub>ancien</sub>, composé presque exclusivement de fragments émoussés de calcaires à oïdes (de l'Oolithe miliaire supérieure), a les caractéristiques d'un horizon de roche mère altérée. Ces unités sont ici interprétées comme le résidu d'un sol brun se développant avant le début des affrontements.

Ensuite, cet ancien sol est enfoui sous une unité caractérisée par une base érosive, une richesse en gros fragments anguleux de calcaires à oncoïdes et une absence de classement et de figure de sédimentation. Il s'agit de l'éjecta, résultat du dépôt de matériaux géologiques plus profonds (majoritairement de l'Oolithe à *Clypeus ploti*) projetés aux alentours par les explosions de mines placées en profondeur par l'ennemi, en août 1916. Ainsi, l'horizon A de l'ancien sol, non visible sur le profil, a certainement été érodé et tassé lors de la mise en place très brutale de l'éjecta.

**De nouveaux sols carbonatés sur les éjectas.** Dans la fosse F1 (fig. 6B), des particules fines témoignent de l'altération chimique des fragments de calcaires à la surface de l'éjecta, depuis un siècle. Ce dernier devient ainsi une nouvelle altérite (C<sub>récent</sub>). Au-dessus de l'éjecta, les matériaux minéraux, mêlés aux constituants organiques (issus de la dégradation des débris végétaux notamment), forment depuis un siècle un nouvel horizon (A<sub>récent</sub>). Celui-ci, sur une dizaine de centimètres, est de couleur sombre, riche en fragments de calcaires de différentes tailles ; la granulométrie de la terre fine (< 2 mm) est composée essentiellement de sables calcaires, avec une fraction limoneuse et argileuse.

Ainsi l'ensemble des horizons A<sub>récent</sub>/C<sub>récent</sub> définit un jeune et nouveau sol, peu évolué, encore carbonaté (dit « rendzine »). Il est intéressant de noter la vitesse de mise en place de cette nouvelle pédogenèse avec la création, en tout juste 100 ans, d'un horizon pédologique très différent du matériau géologique exhumé. Le nouveau sol se développe sur les fragments de roches mis en surface à la faveur des explosions et non pas comme l'ancien sol sur un substrat géologique. Ces éjectas sont présents partout dans la zone des entonnoirs et attestent de la proximité et de la violence des combats qui partout ont érodé la partie supérieure des sols anciens et recouvert ceux-ci de fragments de roches. Il est probable que l'horizon actuel le plus en surface se soit formé durant ces cent dernières années.

Ces nouveaux sols peu évolués, lorsqu'ils sont proches des bordures de l'entonnoir (comme ceux de la fosse F1), sont érodés et n'évolueront vraisemblablement jamais vers des sols bruns.

**De nouveaux sols colluviaux sur les pentes de l'entonnoir.** Le profil de la fosse F4 (fig. 6B) montre plusieurs unités, mais aucune ne présente les caractéristiques d'un ancien sol (richesse en argile et couleur brun-ocre), lequel a été totalement érodé en 1916 lors de l'explosion.

Sa partie profonde (de 110 à 140 cm) est riche en blocs et gros cailloux similaires à ceux de l'éjecta (fosse F1). Au-dessus, une unité avec des fragments plus fins de calcaires semble mise en place par des



colluvionnements successifs depuis la fin du conflit. La partie supérieure de cette unité, différenciée de la

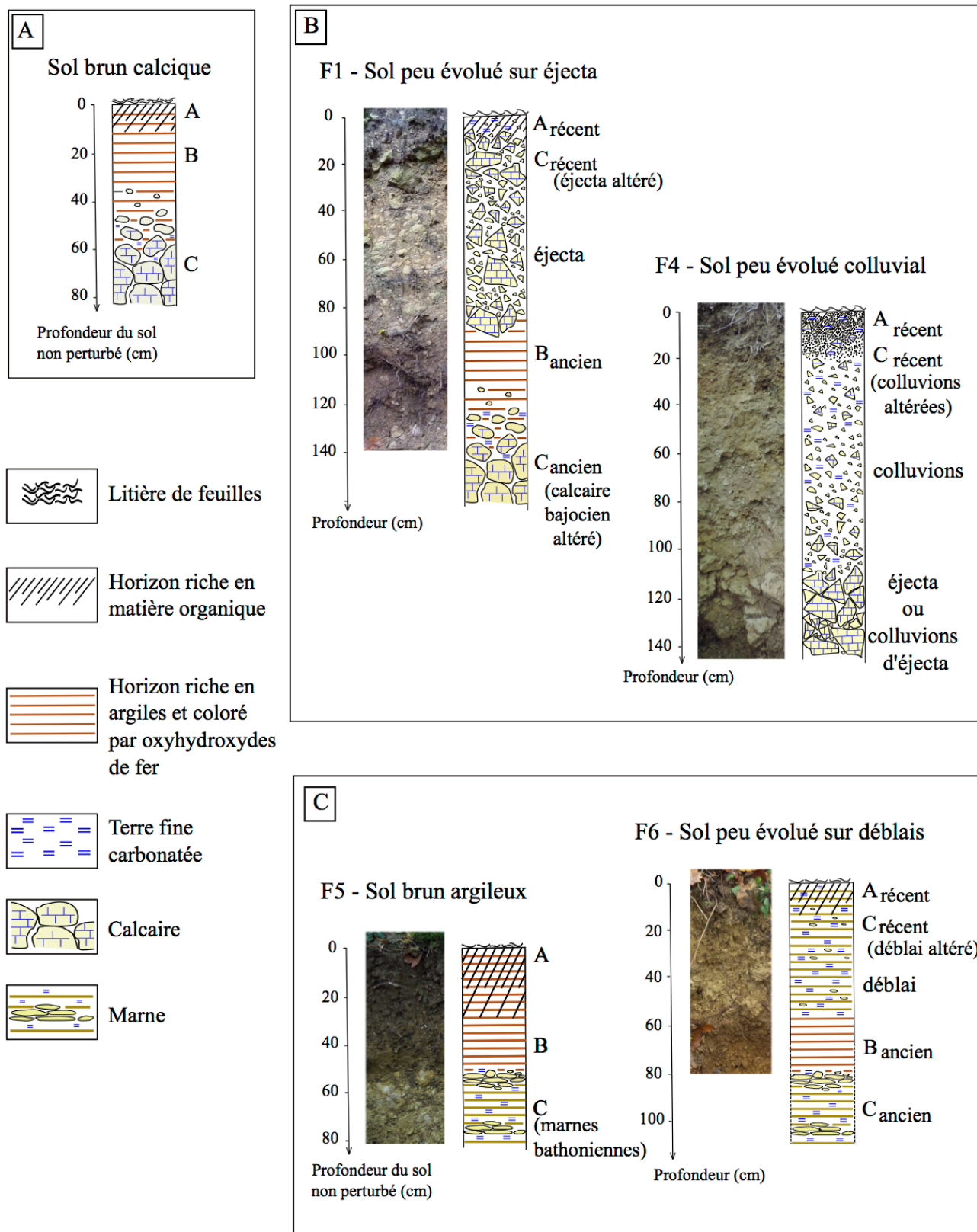


Fig. 6 : A - Profil de sol brun typique sur matériau géologique carbonaté. B - Profils observés dans les fosses F1 et F4 dans le Bois de Mort-Mare. C - Profils observés dans les fosses F5 et F6 dans le Bois de Remières.

partie inférieure par une couleur plus ocre et une richesse en oncoïdes isolés des fragments rocheux, est soumis à un début de pédogenèse (horizon C<sub>récent</sub>). Au-dessus se développe un horizon A<sub>récent</sub> sombre,

riche en matière organique et colluvions calcaires (dont oncoïdes), puis une couche de litières de feuilles et résidus végétaux. La partie sommitale (horizons  $A_{\text{récent}}/C_{\text{récent}}$ ) de ce profil correspond à un sol récent, donc peu évolué et carbonaté ; son évolution est contrôlée par les fortes pentes et l'apport permanent de matériaux carbonatés par colluvionnement, d'où son nom de sol peu évolué colluvial.

### **En retrait du front, une modification des sols très localisée**

Les différentes fosses et les sondages à la tarière dans le Bois de Remières indiquent clairement que les sols le long des tranchées ont été impactés.

**Loin des tranchées, de vieux sols bruns.** La fosse F5, éloignée de toute perturbation, présente un profil représentatif des sols bruns (fig. 6C). Ce profil montre les trois horizons classiques, identiques à ceux décrits figure 6A ; la base du profil correspond à l'horizon C, substrat géologique altéré (formation des Marnes à Rhynchonelles inférieures du Bathonien). En transition très nette se développent, au-dessus, un horizon B, décarbonaté, très argileux, brun ocre riche en oxy-hydroxydes de fer, puis un horizon A très foncé, riche en matière organique.

Les profils de sols non perturbés à Remières sont donc principalement représentés par des sols relativement différenciés, argileux et décarbonatés sur plus de 25 cm, apparentés à des sols bruns argileux.

**Le long des tranchées, de nouveaux sols carbonatés.** L'accumulation de déblais générés par le creusement des tranchées est limitée à environ 5 m sur les bords, là où apparaissent les sols perturbés. La figure 6C illustre la succession des horizons de surface observée sur la fosse F6 (comparable aux quatre autres coupes transversales réalisées).

L'horizon le plus profond est carbonaté et correspond dans toute la zone des tranchées à des marnes altérées (horizon  $C_{\text{ancien}}$ ). Lui succède un horizon plus coloré, brun rouge, argileux et décarbonaté caractéristique d'un horizon  $B_{\text{ancien}}$  de sol brun (épaisseur de cet horizon précisée grâce aux sondages à la tarière réalisés au fond des différentes fosses). Au-dessus, le bourrelet de déblai apparaît brun jaunâtre ; c'est un matériau argilo-limoneux carbonaté dont les caractéristiques ressemblent au substrat géologique décrit à la base des profils de sols non perturbés sur marnes. Sur toute la surface des bourrelets et sur les pentes internes des tranchées, un horizon  $A_{\text{récent}}$  sombre, carbonaté, riche en argiles et en matière organique, d'une épaisseur de 5 à 15 cm, se développe depuis une centaine d'années.

Le sommet du déblai ( $C_{\text{récent}}$ ) et l'horizon  $A_{\text{récent}}$  correspondent à un profil de sol récent peu évolué qui se développe le long des tranchées encore présentes.

### **PÉDOTURBATIONS LIÉES AU CONFLIT**

Actuellement, encore peu de travaux s'intéressent aux effets de la Première Guerre mondiale sur l'environnement. Hupy et Schaeztl (2006) ont été les premiers à proposer le terme de « bombturbation » dans la zone de Verdun pour préciser l'origine de cette « pédoturbation » spécifique ayant lieu lors des explosions. Dans leur définition, cette bombturbation entraîne : une modification de la morphologie et notamment la formation de cratères, la possible disparition des sols formés avant guerre, la formation d'un éjecta avec le mélange des horizons pédologiques / géologiques. Contrairement à Verdun, aucune cartographie morphologique de la zone de Flirey impactée par le conflit n'est disponible, et ce, bien que les entonnoirs du Bois de Mort-Mare soient connus et fassent l'objet d'un petit circuit touristique. De même, les tranchées du Bois de Remières n'apparaissant pas sur les canevas de tirs, elles sont fortement méconnues. Une analyse morphologique complète des deux zones est à l'heure actuelle en discussion, notamment par l'intermédiaire du « lidar » (télé-détection par laser), dont l'intérêt vient d'être souligné dans un récent article de De Matos Machado *et al.* (2016) pour cartographier les vestiges de la Grande Guerre en milieu forestier à Verdun.

Dans le Bois de Mort-Mare, les observations réalisées sur un **entonnoir** concordent pour partie avec les effets d'une bombturbation (Hupy et Schaetzel, 2006). En effet, si à Verdun le terme d'éjecta est utilisé pour qualifier un mélange des horizons de sols avec de la roche, à Flirey compte tenu de l'explosion, l'éjecta est composé essentiellement de matériaux géologiques carbonatés durs. Les sols formés avant l'explosion et devant se trouver dans l'éjecta y sont tellement dilués que presque totalement indiscernables. Ils subsistent, en revanche, en place sous l'éjecta en bordure de cratère. Le terme de bombturbation à Flirey correspondrait donc à : une modification de la morphologie avec notamment la formation de cratères, la formation d'un éjecta et la fossilisation de l'ancien sol sous l'éjecta. L'effet bombturbation sur la pédogenèse post-conflit apparaît par contre très comparable à Flirey et à Verdun (Hupy et Schaetzel, 2008). Les nouveaux sols sur les zones perturbées présentent : un pH plus élevé de leur horizon de surface carbonaté de par un réapprovisionnement en éléments carbonatés ; une plus grande diversité de sols créée par la morphologie résultant des explosions et par les nouveaux processus induits par les polémo-paysages (érosion, colluvionnement). Une pédogenèse particulière au fond des cratères est mise en évidence par Hupy et Schaetzel (2008). L'accumulation de la matière organique aboutit à des horizons de surface plus épais que dans les sols non perturbés par la guerre. Par contre, sur les bourrelets et dans les pentes de l'entonnoir, les horizons de surface sont soumis soit à l'érosion, soit à un colluvionnement.

Au niveau de l'entonnoir, la présence, au bout d'une centaine d'années, d'un horizon carbonaté pouvant atteindre 10 cm sur ses pentes et jusqu'à 15 cm sur ses bourrelets, est mise en relation directe avec le matériau parent. En effet, contrairement à la pédogenèse « standard », le substrat « géologico-anthropique » que représente l'éjecta est de fait préalablement très fragmenté et offre ainsi une très grande surface réactionnelle aux processus chimiques d'altération. Par ailleurs, la revégétalisation rapide des zones perturbées après guerre a également permis la création de litières, source de matières organiques essentielles à l'activité de la pédofaune, notamment à l'action des acteurs de la structuration des sols comme les vers de terre (Gobat *et al.* 2010).

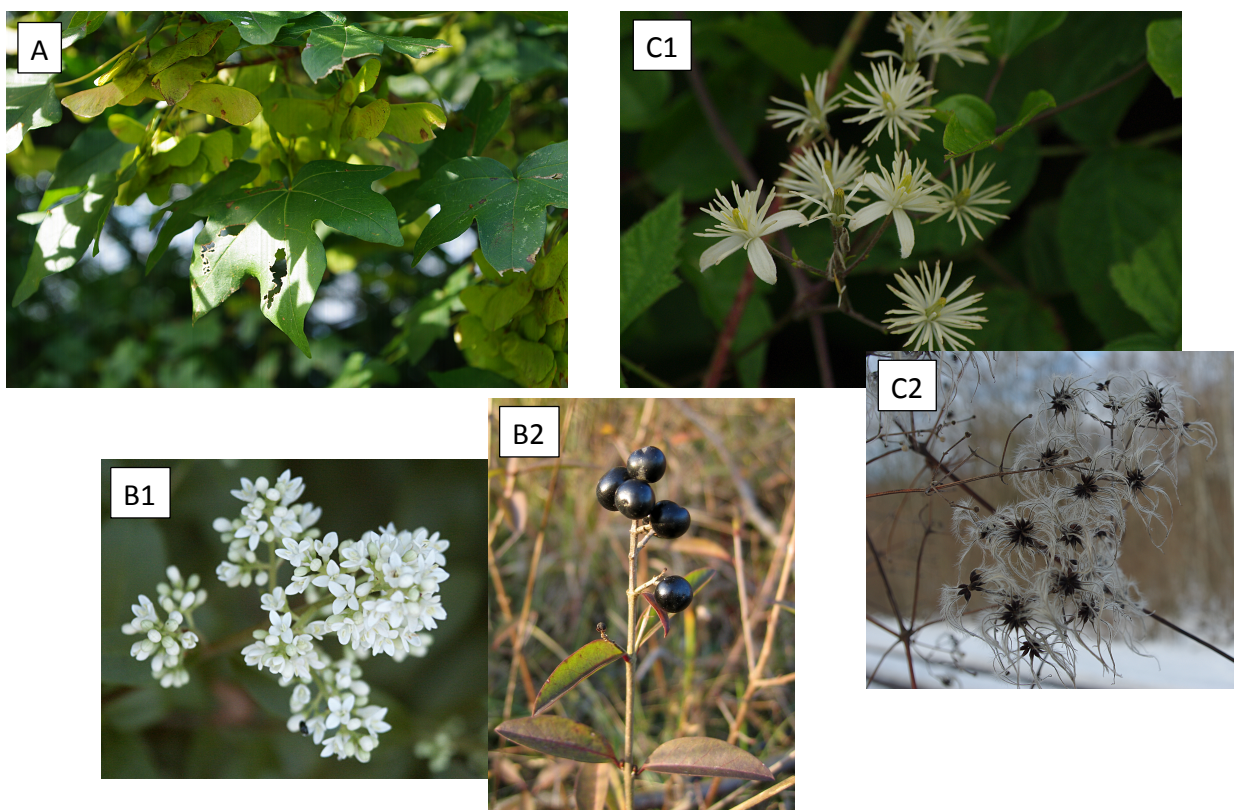


Fig. 7 : Plantes spécifiques de milieux carbonatés le long des tranchées : A - Feuilles d'érable champêtre de l'ordre de 4-5 cm (*Acer campestre*) © F. Vernier. B - Troène (*Ligustrum vulgare*) en fleur (B1) © F. Vernier et en fruit (B2) © P. Montagne. C - Clématite vigne blanche (*Clematis vitalba*) en fleur (C1) et en fruit (C2) © F. Vernier.

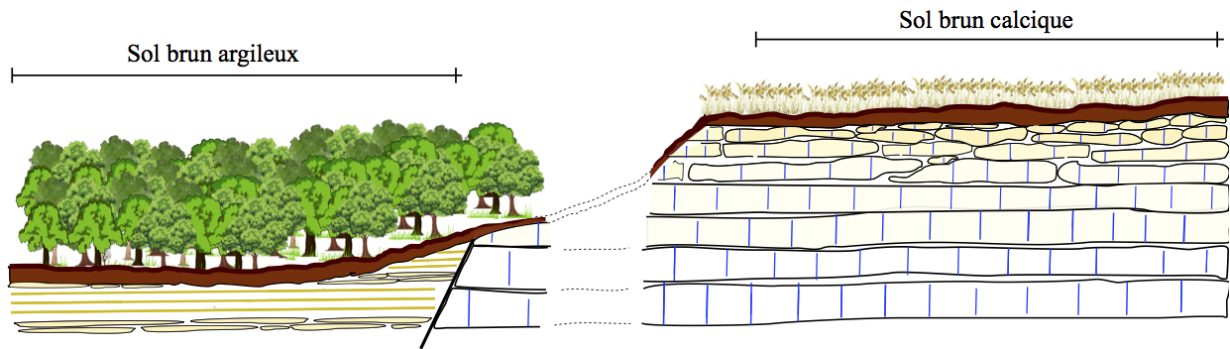
Sud-Ouest

Nord-Est

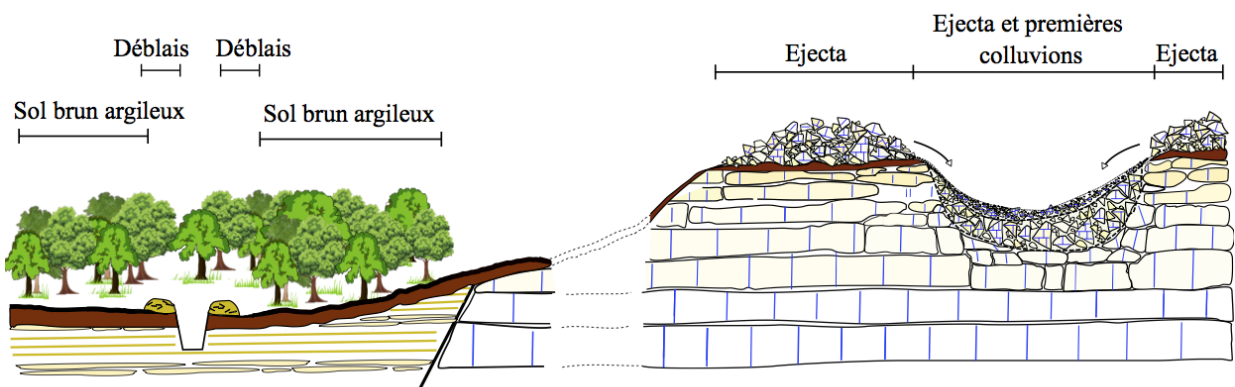
*Bois de Remières*

*Bois de Mort-Mare*

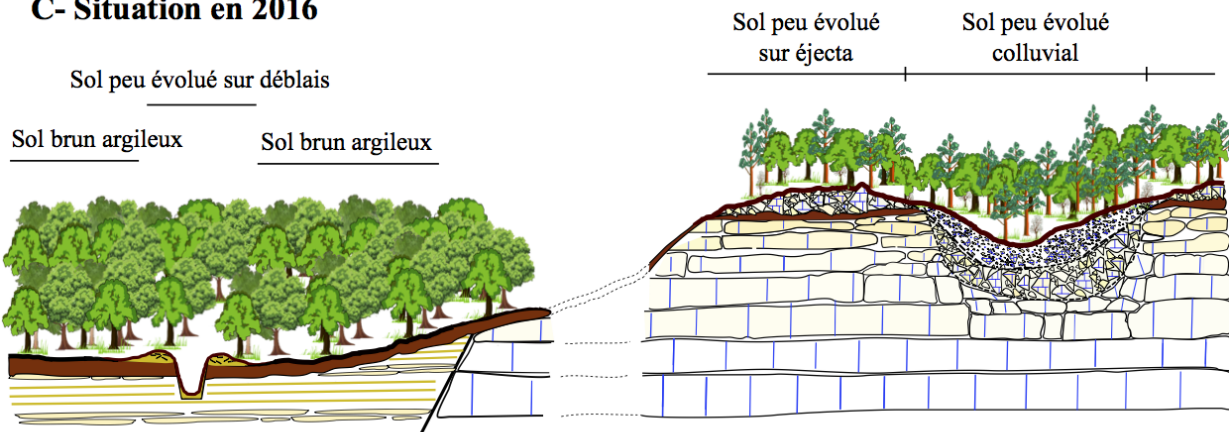
**A- Situation avant 1916**



**B- Situation fin 1916**



**C- Situation en 2016**



NB : échelles non respectées afin d'insister sur les pédoturbations au sein des paysages géométries supposées ..... entre les 2 sites ----- de l'éjecta dans l'entonnoir

Fig. 8 : Synthèse sur la modification de la morphologie et des sols dans les forêts de Mort-Mare et Remières : A - Situation avant le conflit. B - Situation fin 1916, après l'explosion de mine et le creusement des tranchées. C - Situation en 2016.

L'effet des conflits sur la pédogenèse n'est pas exclusivement restreint aux explosions. En effet, l'étude du site dans le Bois de Remières démontre également un impact du creusement des **tranchées** sur la morphologie et les sols. Bien que la pédoturbation soit plus localisée, elle se caractérise par la fossilisation du sol formé avant le conflit sous un matériau géologique déplacé par l'Homme et la formation d'un sol jeune carbonaté. Dans le Bois de Remières, les relevés floristiques préliminaires montrent des associations végétales particulières : le long des tranchées des espèces que l'on retrouve en général sur sol carbonaté, telles que l'érable champêtre juvénile, le troène et la clématite, sont présentes (fig. 7) alors qu'elles sont quasi absentes dans le reste de la forêt.

Ces travaux préliminaires démontrent que les environs de Flirey fournissent un cadre très intéressant d'étude de l'effet de la Première Guerre Mondiale sur la morphologie et les sols (fig. 8). Le contexte archéologique fournit par ailleurs un bon chronomètre permettant d'évaluer le temps nécessaire à la naissance et l'évolution d'un sol.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les collègues de l'ONF pour leur transmission de connaissances sur l'histoire des forêts de Mort-Mare et Remières et pour leur autorisation à réaliser nos sondages de terrain depuis fin 2013. Nous remercions également le Service régional de l'Archéologie de Lorraine. Merci aux étudiants de Master 2 « Paysage Patrimoine et Environnement » et Master 2 « Patrimoine et Archéologie » de l'Université de Lorraine, promotions 2013-2014, 2014-2015 et 2015-2016 pour leur participation active aux études de terrain (dans le cadre d'une unité d'enseignements de « Géoarchéologie ») dont les résultats sont synthétisés dans cet article. Merci également à Vincent et Justin Badeau pour les premiers relevés botaniques réalisés à Remières. Un grand merci à Micheline Hanzo pour sa relecture et ses conseils. Enfin, nous remercions Gérard Giuliano pour avoir guidé nos premiers pas sur ce secteur.

## BIBLIOGRAPHIE

- AFES (2008) - Référentiel pédologique 2008. Collection savoir-faire, éd. quae. 405 p.
- Allemmoz M., Cler Conte J., Guillaume C., Vogt J, Vincent, P.L. (1989) - Carte géol. France et notice explicative, feuille Pont-à-Mousson à 1/50 000 (n° 193). BRGM, Orléans, 34 p.
- Badeau J. (2014) - Etude des perturbations de la guerre 14-18 sur les formations superficielles, les sols et la flore dans la zone rouge du secteur de Flirey (54). Partie 2 : aspects floristiques. Rapport de stage volontaire. LIEC, Université de Lorraine.
- Becker M. (1978) - Définition des stations en forêt de Haye, potentialités du hêtre et du chêne. *Revue Forestière Française* XXX, 251-269.
- Commission de Pédologie et de Cartographie des sols (1967) - Classification CPCS 1967.
- De Matos Machado R, Amat J.P., Arnaud-Fassetta G. et Bétard F. (2016) - Potentialités de l'outil LiDAR pour cartographier les vestiges de la Grande Guerre en milieu intra-forestier (bois des caures, forêt domaniale de Verdun, Meuse) », *Echogéo*, 38. [Http://echogeo.revues.org/14791](http://echogeo.revues.org/14791).
- Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W. (2010) – Le sol vivant : Bases de pédologie - Biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 3<sup>ème</sup> édition. 817 p.

- Gury M. (1972) - Carte pédologique du plateau de Haye. Notice explicative. Nancy, C.N.R.S., Centre de Pédologie Biologique, 46 p. + 1 carte.
- Hupy J.P. et Schaetzl R. J. (2006) - Introducing "bombturbation", a singular type of soil disturbance and mixing. *Soil Science* 171(11), 823-836. Doi: 10.1097/01.ss.0000228053.08087.19
- Hupy J.P. et Schaetzl R. J. (2008) - Soil development on the WWI battlefield of Verdun, France. *Geoderma* 145, 37-49. Doi:[10.1016/j.geoderma.2008.01.024](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.01.024).
- Le Roux J. (2014) - La côte de Moselle à Nancy. In : « Le Bassin Parisien, un nouveau regard sur la géologie », Gély J.P. et Hanot F. (dir.). Association des géologues du Bassin de Paris. éd., Mémoire hors-série n° 9, fiche n° 28, p. 153.
- Le Roux J. et Harmand D. (2014) - Le relief de côte de l'est du bassin parisien. In : « le Bassin Parisien, un nouveau regard sur la géologie », Gély J.P. et Hanot F. (dir.), Association des Géologues du Bassin de Paris éd., Mémoire hors-série n° 9, fiche n° 22, p. 147.
- Legros J.P. (2007) - Les grands sols du monde, chapitre 7 : Calcisols et autres sols sur substrat carbonaté. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Première édition. 574 p.
- Le Tacon F. et Nys C. (1970) - Les sols du massif de Haye et leur influence sur le comportement des réserves de hêtre en taillis sous futaie. *Revue Forestière Française* xxii (5), 545 à 552.
- Schwartz C., Florentin L. et Morel J.L. (2003) - Impact d'activités militaires de la Première Guerre Mondiale sur la qualité des sols. Rapport final programme life " héritage bioculturel des forêts ". Ensaia-INPL/INRA.