

Les conséquences environnementales des conflits



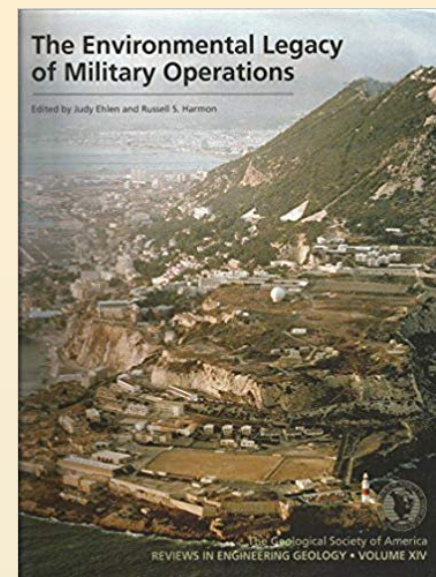
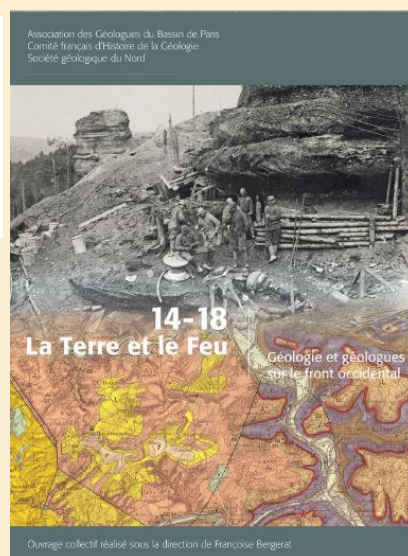
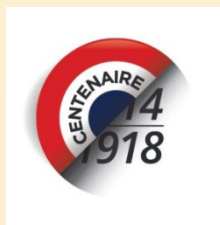
* Compte tenu du temps disponible, les guerres postérieures à 14-18 n'ont pas été traitées



Jean-Claude Porchier, 15 janvier 202

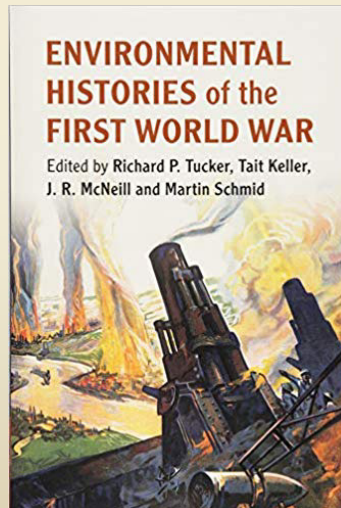
Principales sources

Projet Géologie et Grande Guerre



Programme Impact 14-18

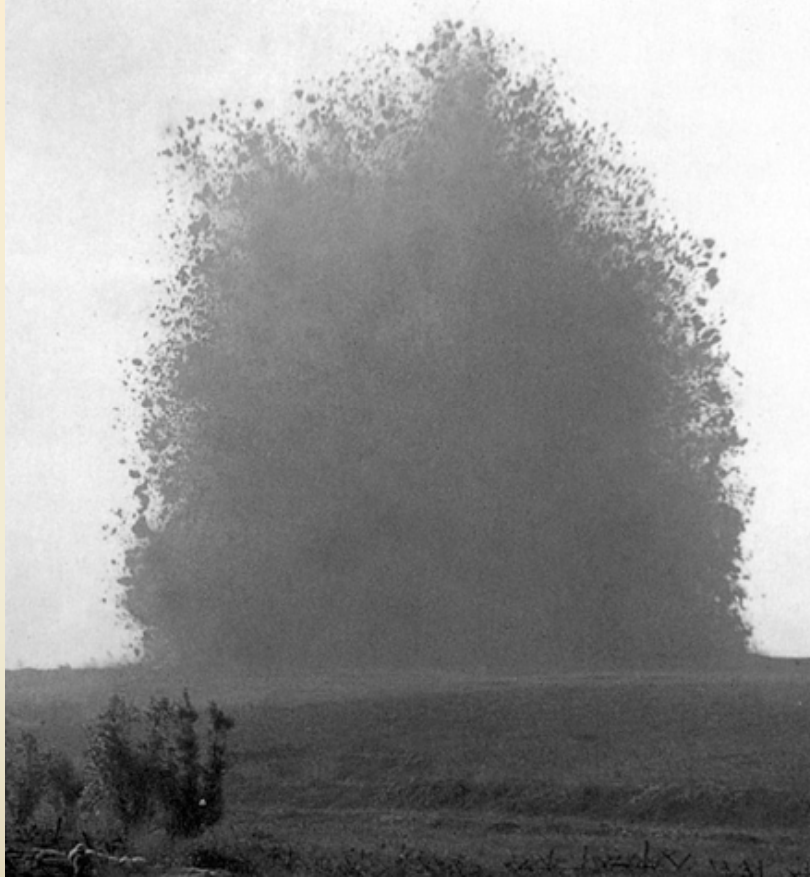
Conférence diagnostic environnemental post conflit (Alain Devos, 5 novembre 2019)



Travaux de Daniel Hubé, BRGM

Atelier de Georgetown University, 2014

Partout où il y a eu des conflits, les terres et les reliefs ont été transformés. De nos jours, en Irak ou en Syrie, les mêmes techniques de guerre et d'artillerie sont utilisées. Ce que l'on retrouve au niveau contaminant en Champagne-Ardenne pour 14-18, c'est le devenir des guerres actuelles et de leurs territoires. Alain Devos



Mine de la redoute de Hawthorn Ridge,
Beaumont-Hamel, Somme, 1^{er} juillet 1916
(Photo IWM).



Mai 2014 - Des rebelles islamistes font sauter une
base militaire gouvernementale à Wadi Deif dans le
nord-ouest de la Syrie. Source :
<https://www.youtube.com/watch?v=iQxgciNoxDg>

Plan de la conférence

Les guerres de l'Antiquité au XIXe siècle

Les conflits modernes :

- Grande Guerre : destruction des paysages, transition énergétique, engrais chimiques et pesticides, changement d'habitudes alimentaires...
- Projection du film *Conséquences écologiques des conflits – Le cas de la Grande Guerre* (15 mn)



**CONSÉQUENCES
ÉCOLOGIQUES
DES CONFLITS**
LE CAS DE LA GRANDE GUERRE

Pour mémoire

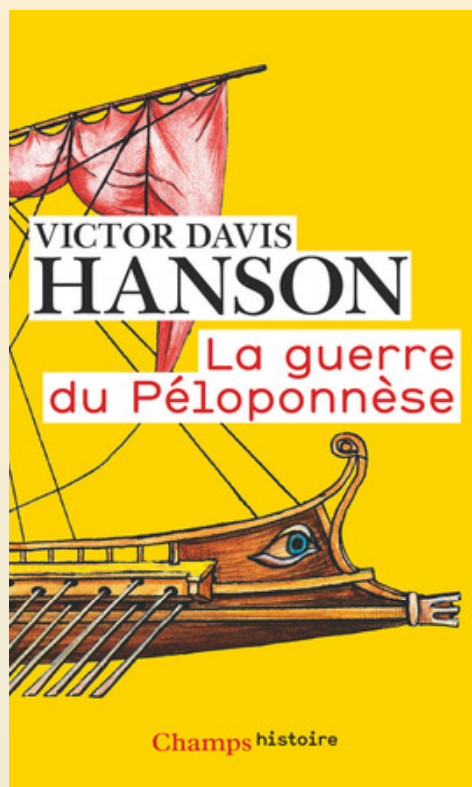
- Deuxième Guerre mondiale, péril nucléaire...
- Conflits récents.

De l'Antiquité au XIX^e siècle



Paolo Uccello, La bataille de San Romano, vers 1456

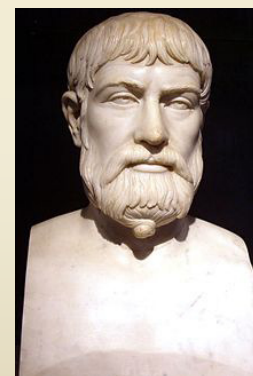
Les guerres de la Grèce antique



Dépourvues de soutien logistique les armées des cités ont pillé les terres agricoles, détruisant les cultures, les vergers, les vignobles et les oliveraies.

Au cours de la guerre du Péloponnèse (431–404 av. J.-C.), les Spartiates ravagent à plusieurs reprises les terres de l'Attique, pour affamer Athènes.

Toutefois, les troupes grecques dissipent insuffisamment d'énergie pour altérer le paysage et n'ont pas eu les moyens de détruire plantations et récoltes (Hanson, 2005).



Γλυκὺ δ' ἀπείρω πόλεμος

Plus tôt, (Pindare, -518 – 438 av. J.-C.) dénonçait déjà la guerre : *Douce est, certes, pour celui qui ne l'a pas faite, la guerre.*

Plus tard, Aristophane et Thucydide dénonceront aussi ces combats fratricides.

Du côté de l'Inde, voir aussi la *Bhagavad-Gita* et les doutes d'Arjuna et d'Oppenheimer.

La Deuxième Guerre punique (218-201 av. J.-C.)

D'Hannibal au DDT...

Treize années de combats d'été annuels ont appauvri le pays, les deux armées ayant tenté de se priver mutuellement de provisions et ravagé les terres agricoles.

Conséquences environnementales :

- dégradation des terres labourables;
- destruction des forêts dans les régions de collines et les bassins versants;
- érosion des sols dans les vallées;
- envasement des côtes;
- développement d'un paludisme endémique, jusqu'à l'assèchement des marais (marais Pontins, 1928-1932) et la campagne de traitement par le DDT, commencée par l'armée américaine en 1944 et qui a suivi la Seconde Guerre mondiale.

Le salage de Carthage est un mythe (le sel était trop cher).



Scipion l'Africain (1935), péplum fasciste de Carmine Gallone (Don Camillo, Michel Strogoff...) pour rivaliser avec les Américains et justifier l'invasion de l'Éthiopie.

La conquête romaine de la Gaule et les défrichements

Les Romains construisent un système de routes reliant l'empire à des cantonnements militaires, noyaux de la modification des paysages, alors que les paysans défrichaient des centaines de parcelles de forêt pour l'agriculture sédentaire.



Villa gallo-romaine d'Andilly-en-Bassigny (Haute-Marne) construite au cours du 1er siècle après J.-C.

Voie romaine Via Domitia à Ambrussum (Hérault)



Reconstituteurs de la Légion VIII Augusta cantonnée à Argentoratum (Strasbourg)



Les guerres médiévales

Les guerres médiévales en Europe ont peu laissé de traces environnementales.

En Asie, l'invasion mongole (prise de Bagdad, 1258) désorganisa le système d'irrigation qui avait alimenté et protégé de la salinisation la Mésopotamie pendant des millénaires et avait été réhabilité par les Arabes vers 630.

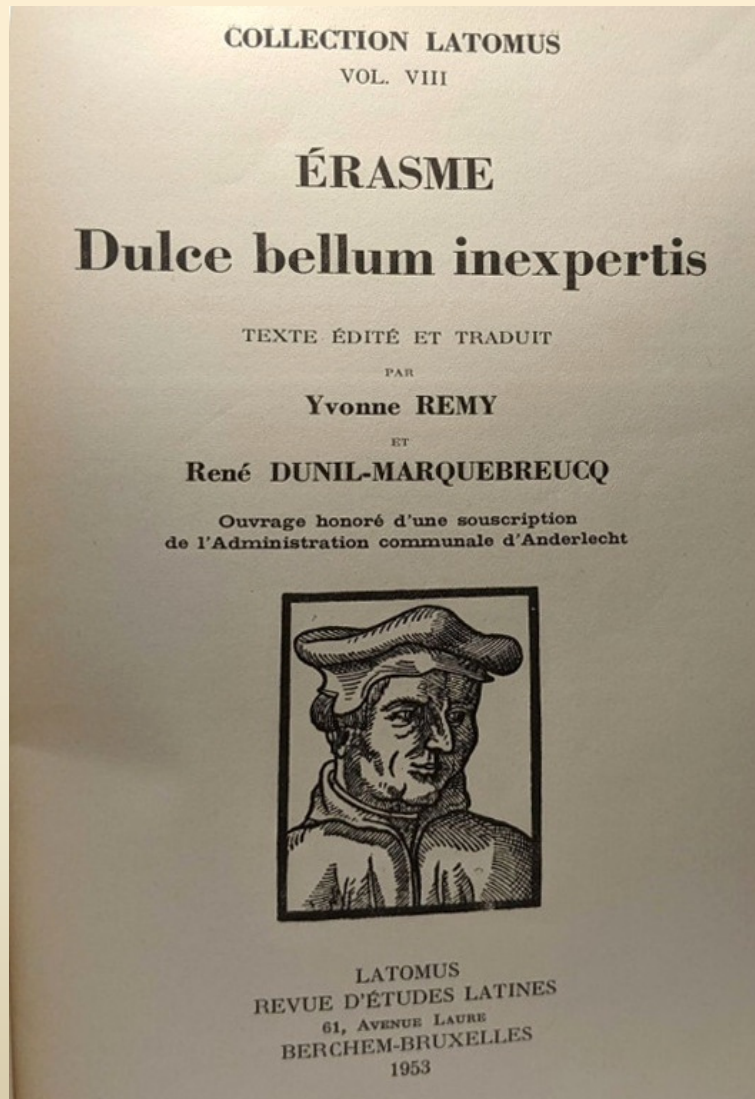
Une agriculture irriguée et organisée est plus vulnérable. Les canaux détruits ne furent jamais réparés. Suite aux massacres ou à la fuite des paysans, il n'y avait plus ni main d'œuvre ni organisation, et le système fut détruit ou envasé (Svatopluk Souček, 2000).



Canaux d'irrigation abandonnés à Otrar (Kazakhstan)

La Renaissance : Guerres d'Italie et « Grandes Découvertes »

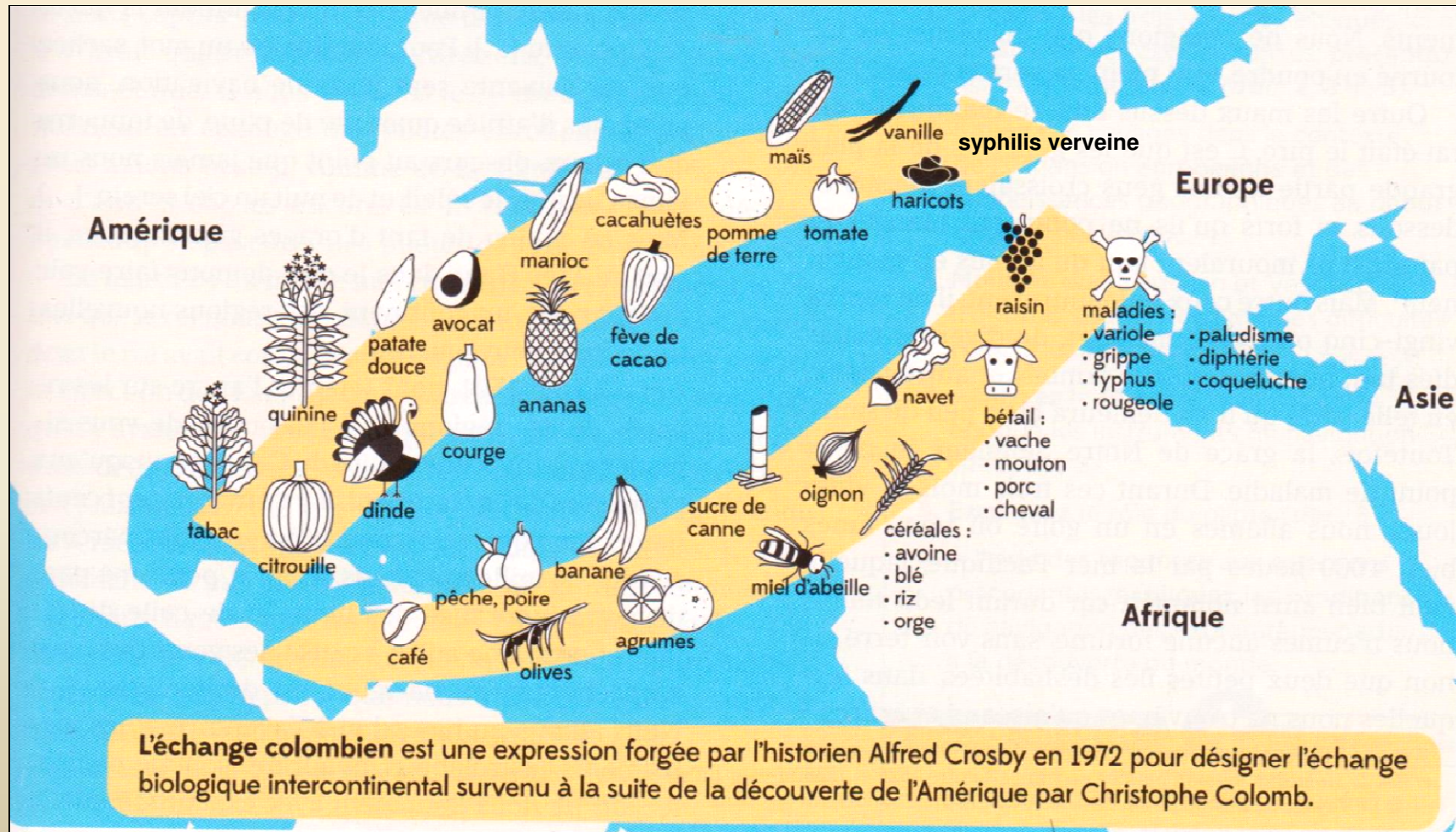
La Renaissance connaît à la fois les Guerres d'Italie et la conquête des Amériques.



Face aux horreurs de la guerre en Europe, Érasme reprend la formule de Pindare (1515).

La Renaissance : Guerres d'Italie et « Grandes Découvertes »

Les Guerres d'Italie et la conquête des Amériques entraînent une modification de l'agriculture et du régime alimentaire des Européens et des Américains, sous l'influence des grandes cités, Venise, Florence, Gênes, où fusionnent toutes les traditions culinaires, et du « Grand échange colombien ». Certains placent à la Renaissance le début de l'« Anthropocène ».

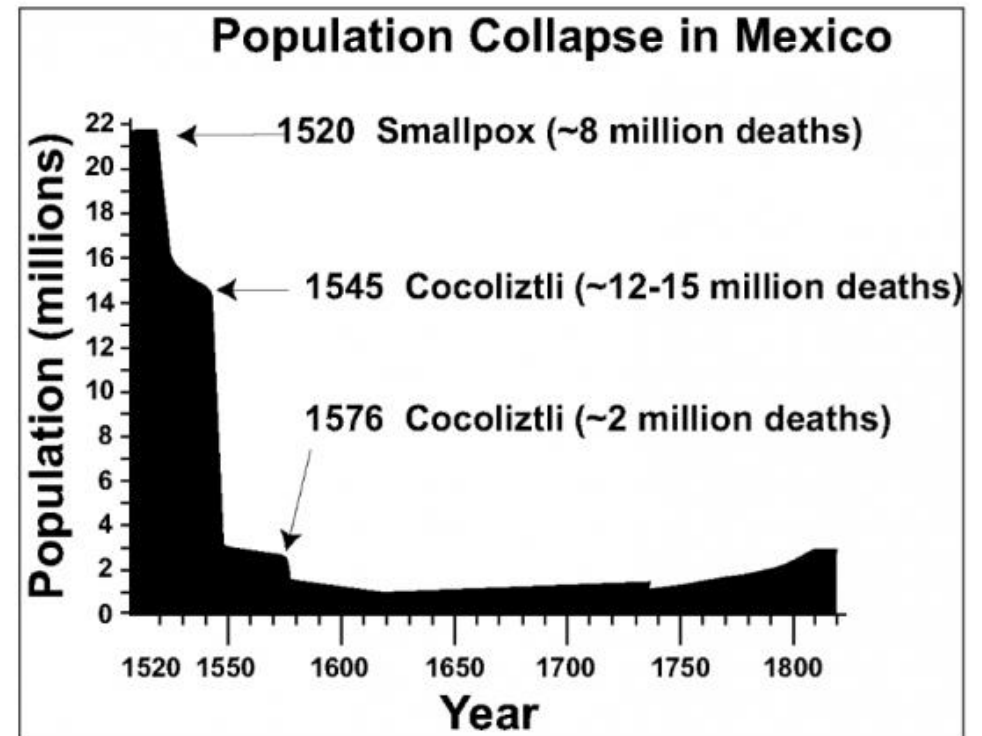
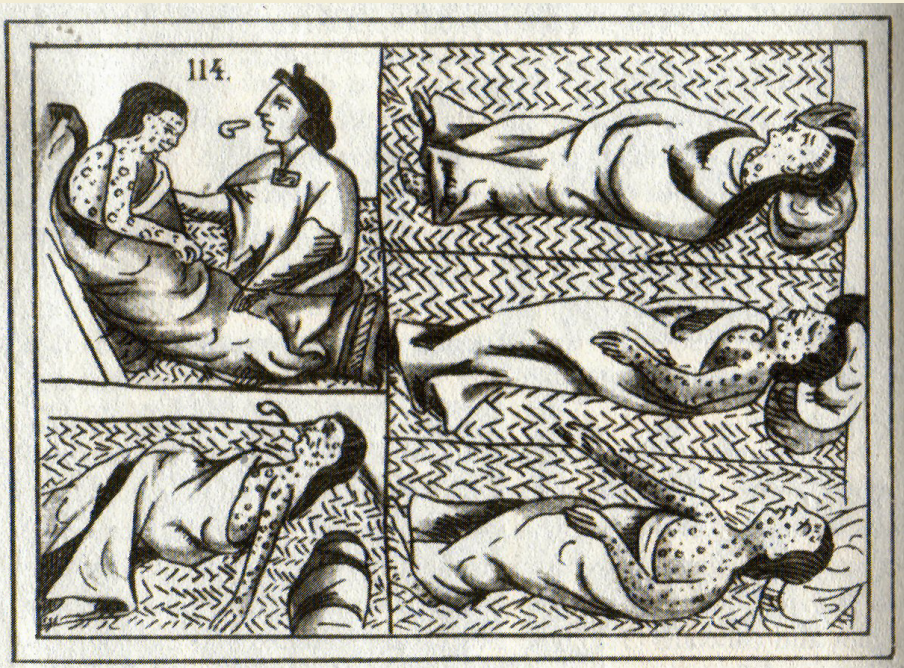


Conquête des Amériques et épidémies

Les Européens ont apporté la diphtérie, la grippe, la rougeole, le typhus et la variole, qui ont fait des millions de morts.

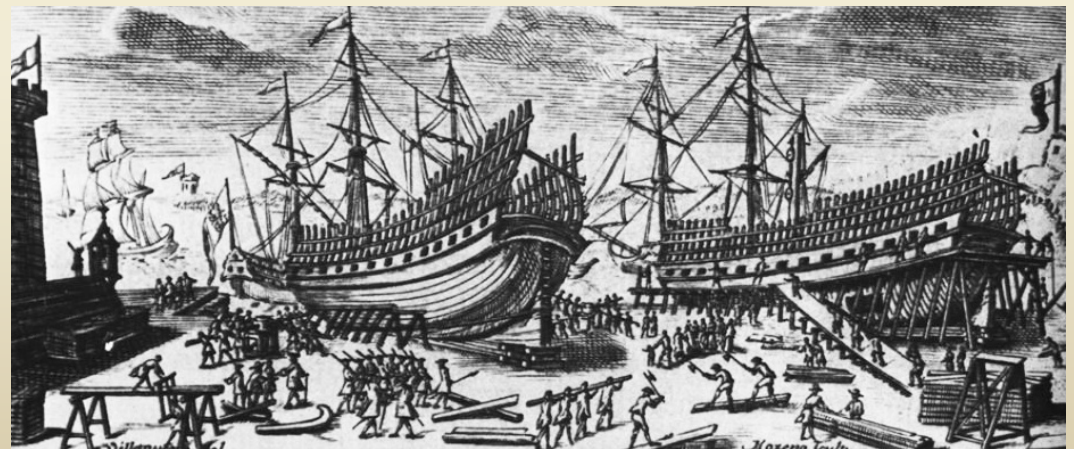
En échange, ils ont reçu la syphilis (Naples, 1494, Première Guerre d'Italie et expansion avec les suivantes).

La chute des civilisations mésoaméricaines avait largement commencé lorsque les Européens sont arrivés au Mexique. Le XVI^{ème} siècle allait apporter un nouvel épisode de dépopulation massive avec les épidémies de variole et de *cocoliztli*, salmonellose européenne ou fièvre hémorragique locale ? (deux théories)



Première exploitation des forêts exotiques

La première « déforestation importée » est due aux besoins des marines en bois. Dès les années 1700, les marines européennes ont commencé à abattre les peuplements de feuillus et de pins blancs (*Pinus strobus*) du nord-est de l'Amérique du Nord, les feuillus des côtes d'Amérique latine et, plus tard, les forêts de teck de l'Asie des moussons, afin de trouver des substituts aux chênes anglais et aux résineux scandinaves épuisés.



Guerres napoléoniennes et engrais humain

« La Grande-Bretagne a ratissé les champs de bataille de Leipzig, de Waterloo et de Crimée; elle a consommé les os des nombreuses générations accumulées dans les catacombes de Sicile » (Justus von Liebig, 1862).

« Au moins trois articles de journaux des années 1820 font référence à l'importation d'ossements humains depuis les champs de bataille européens dans le but de produire de l'engrais » (Tony Pollard, 2022).

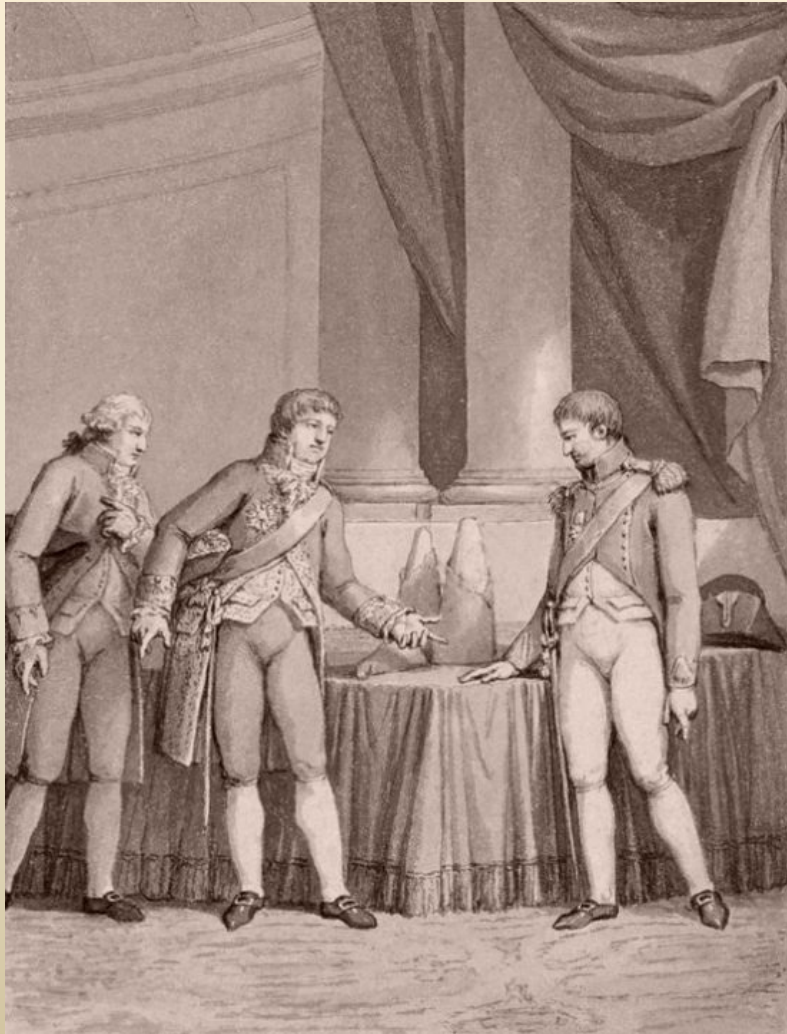


Les restes de nombreux soldats tombés à Waterloo auraient été déterrés et vendus afin que leurs os servent d'engrais pour l'agriculture.

Burying the dead at Chateau Hougoumont following the Battle of Waterloo par James Rouse.

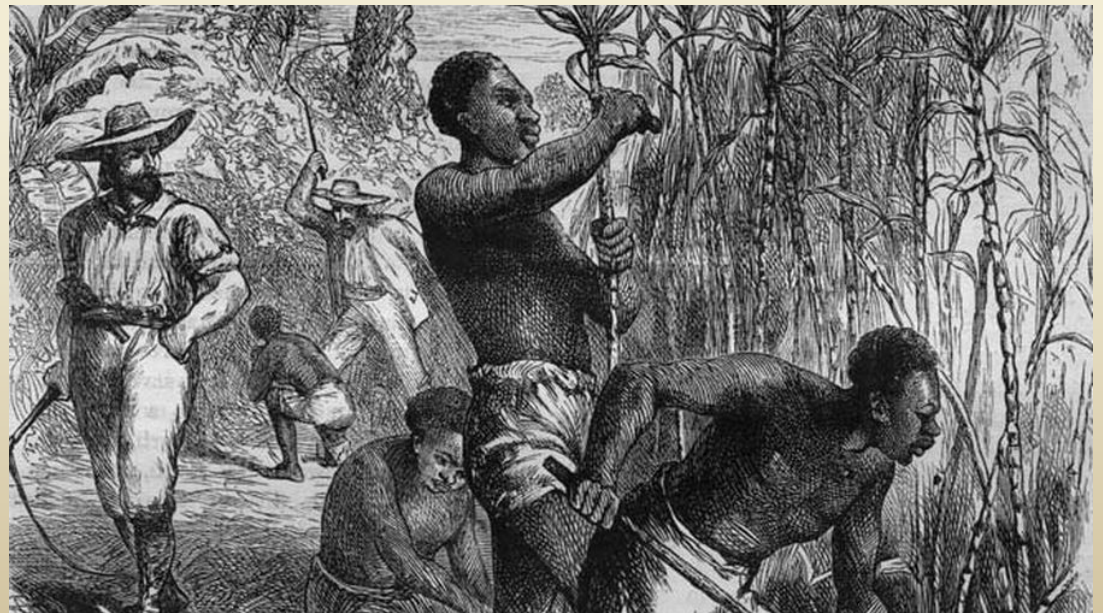
Guerres napoléoniennes et canne à sucre d'Haïti

Après 1805, le blocus naval britannique coupe les approvisionnements en sucre de canne des Caraïbes et provoque le déclin des plantations. La culture de la betterave à sucre explose en Europe.



Les anciens esclaves des plantations de canne d'Haïti, libérés, sont réduits à des cultures de subsistance dans les forêts de montagne qui provoquent l'érosion des sols.

Haïti est ainsi devenu l'un des paysages les plus dégradés des Amériques.



Guerres napoléoniennes et conserves

En 1795, Nicolas Appert invente la conserve alimentaire, qui améliore l'ordinaire des soldats. Sa méthode (appertisation) est une transformation radicale des techniques de conservation. L'explication scientifique ne sera donnée par Pasteur que plus d'un demi-siècle plus tard.

Le bœuf en conserve (« singe ») jouera un rôle important dans la nourriture des Poilus de la Grande Guerre.



La Guerre de 1870



Lors du siège de Paris (d'où le nom d'obsidionales), les troupes algériennes et de province ont apporté dans le Val-de-Loire et en Région parisienne plus de 250 espèces dont peu ont survécu.

LA FLORULE OBSIDIONALE DES ENVIRONS DE PARIS EN 1872,
par MM. GAUDEFROY et MOUILLEFARINE.

Les auteurs mentionnent trois sites où ils trouvaient des plantes apportées par les armées de 1870 : les bastions des fortifications, le parc de la Malmaison...

Enfin la troisième est le parc de Maisons-Laffitte, où il n'est jamais venu un soldat pendant les deux sièges. Pourquoi des pelouses défoncées et refaites en hiver se sont-elles recouvertes ce printemps d'une végétation purement obsidionale? C'est, suivant le propriétaire qui s'intéressait à nos recherches, parce que le terreau qu'il a employé avait été acheté à la gare d'Orléans et provenait du fumier d'un campement. C'est, dit l'un de nos amis, parce qu'on y a semé des graines achetées à l'État. L'administration de la guerre vend ses fonds de greniers aux grainetiers, qui les revendent comme graines de foin. On s'était déjà aperçu dans le commerce du foin inusité que donnaient les fonds de greniers de 1871, et l'État avait quelque peine à s'en débarrasser jusqu'au moment où les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* leur ont donné un intérêt agronomique.

Exemples visibles à Maisons-Laffitte

Lagurus ovatus

Berteroa incana



La Première Guerre mondiale



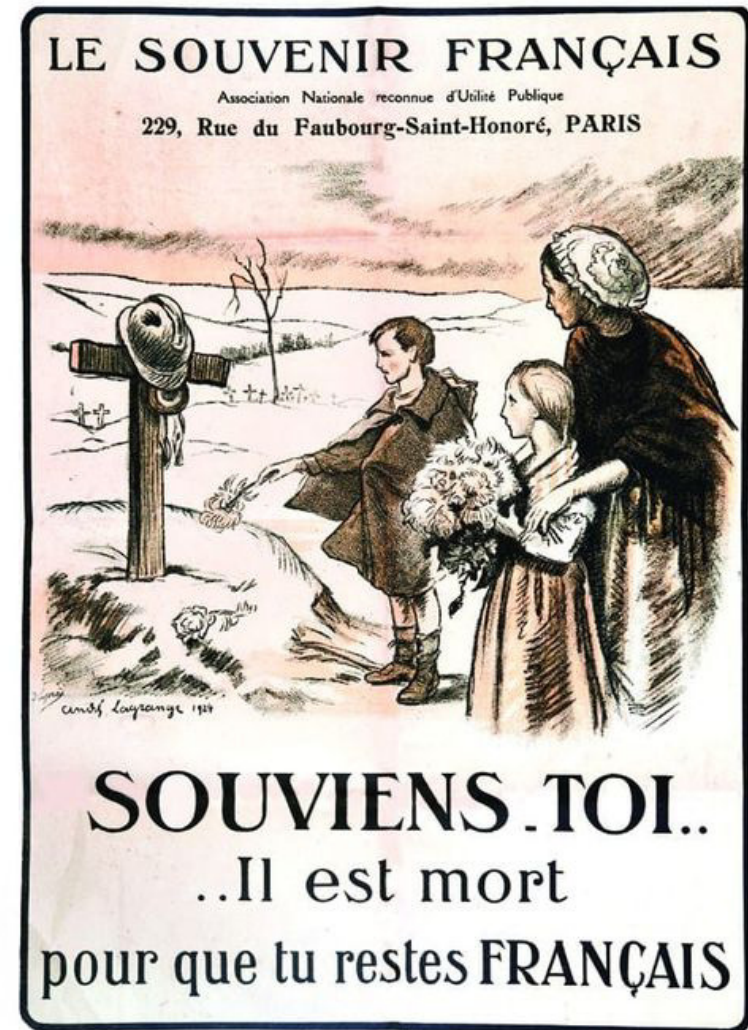
Pertes humaines françaises

1 500 000 tués

3 000 000 de blessés et mutilés dont 15 000 « Gueules cassées »

600 000 veuves de guerre

986 000 orphelins



Traces et dégâts

La Grande Guerre a relativement peu consommé de combustibles fossiles mais a dissipé une énergie extrême pour la destruction (Amat, 2015). Les paysages en portent encore les traces.

Bioturbation (*anthroturbation*) : tranchées, galeries de mines, abris, ouvrages bétonnés... Plus de 150 millions de m³ remués associés aux réseaux de défense (front ouest). Soit près de 60 fois le volume de la pyramide de Khéops (A. Devos).

Impacturbation : entonnoirs d'obus (*bombturbation*) et de mines. 1 milliard d'obus, de l'ordre d'une mégatonne de TNT, soit 60 fois Hiroshima.

Traces physiques

Traces chimiques

Dégâts forestiers

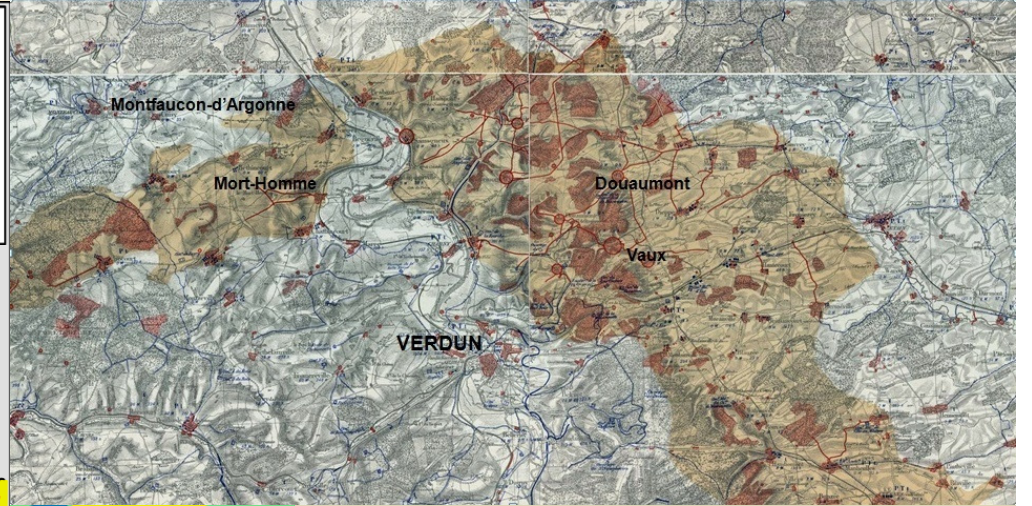
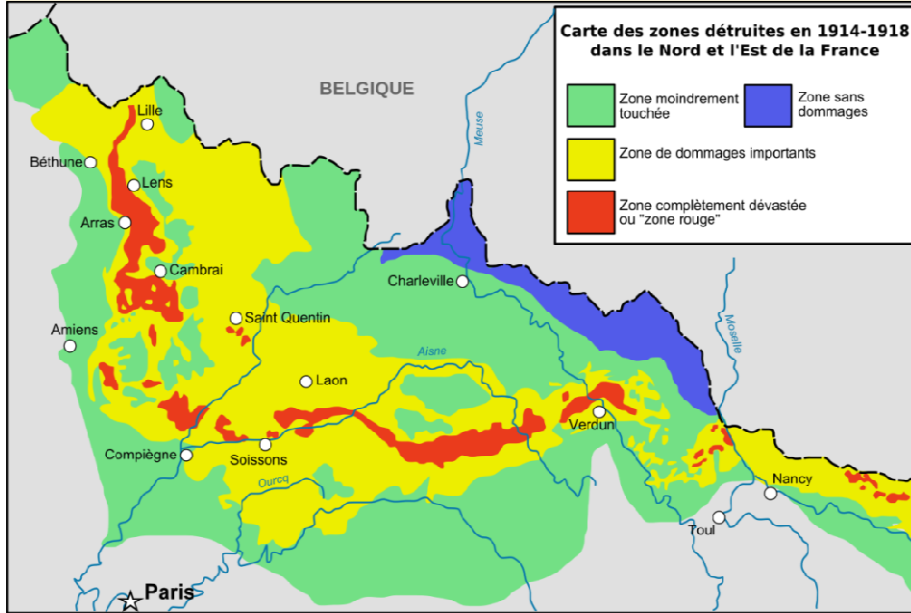
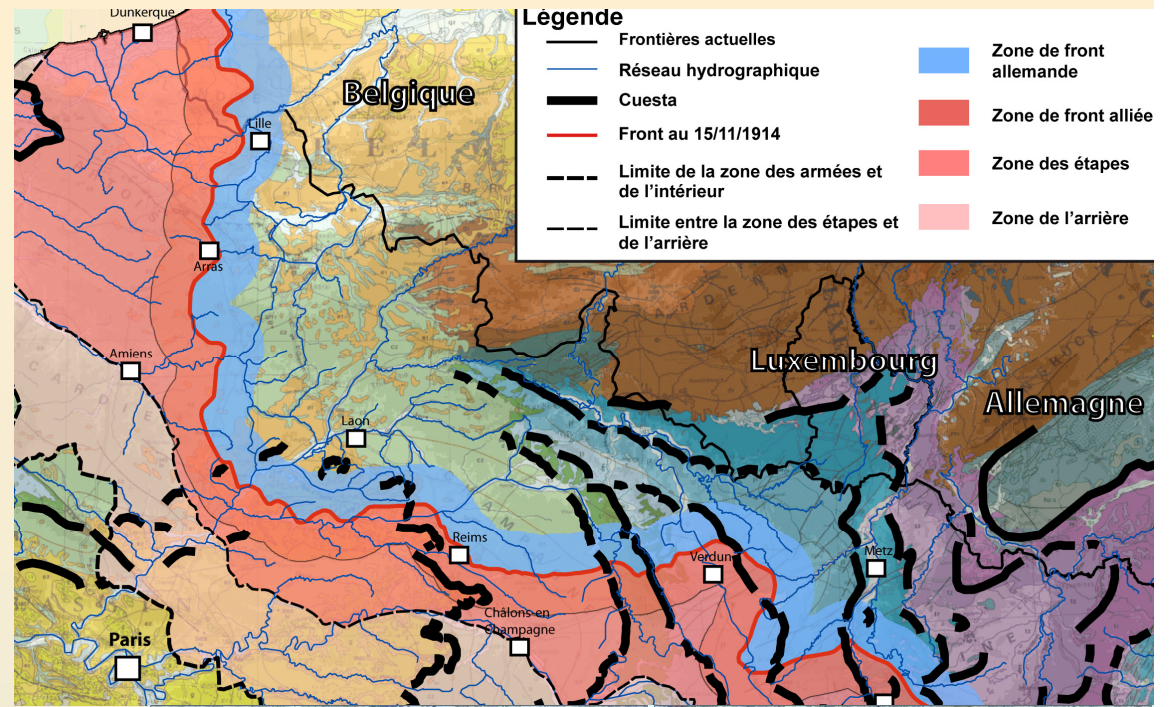
Dégâts agricoles



L'étendue des dégâts

Structuration du front et zones détruites ou polluées

(Devos, Taborelli, Desfossés)



La Première Guerre Mondiale

Traces physiques



Tranchées

Défenses accessoires

Galeries de mines et abris

Ouvrages bétonnés

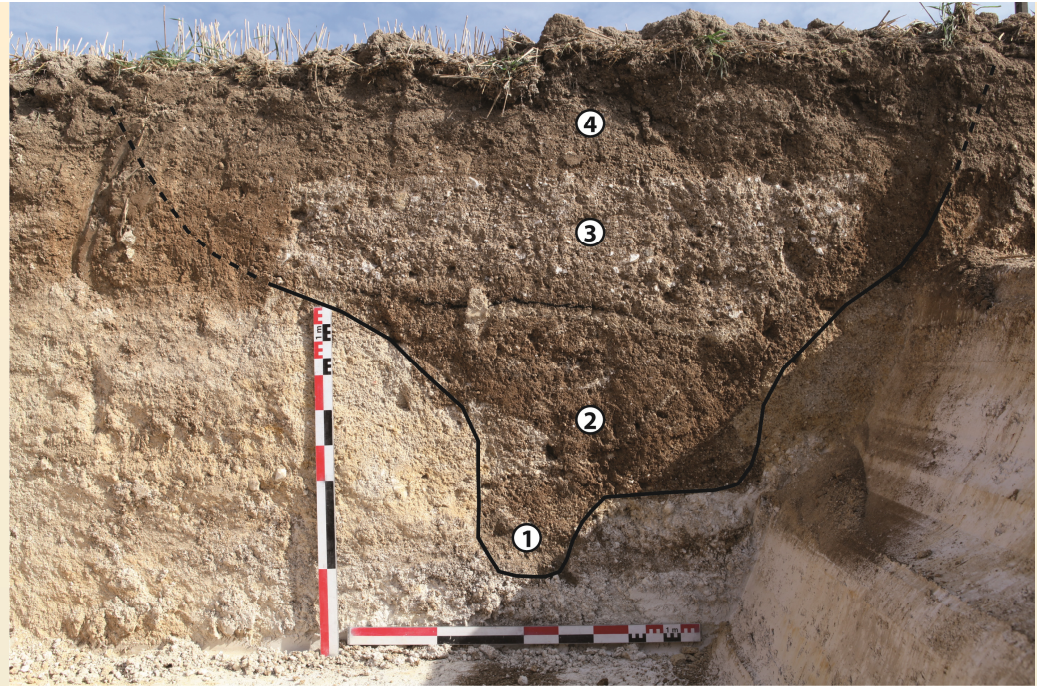
Entonnoirs d'obus et de mines

Les tranchées

Coupe d'une tranchée à Sillery en Champagne crayeuse (Cliché A. Devos).

Photographie aérienne prise par drone et révélant le réseau de défense (photo: Alain Morisot)

Image lidar de tranchées en Argonne (Yves Desfossés).

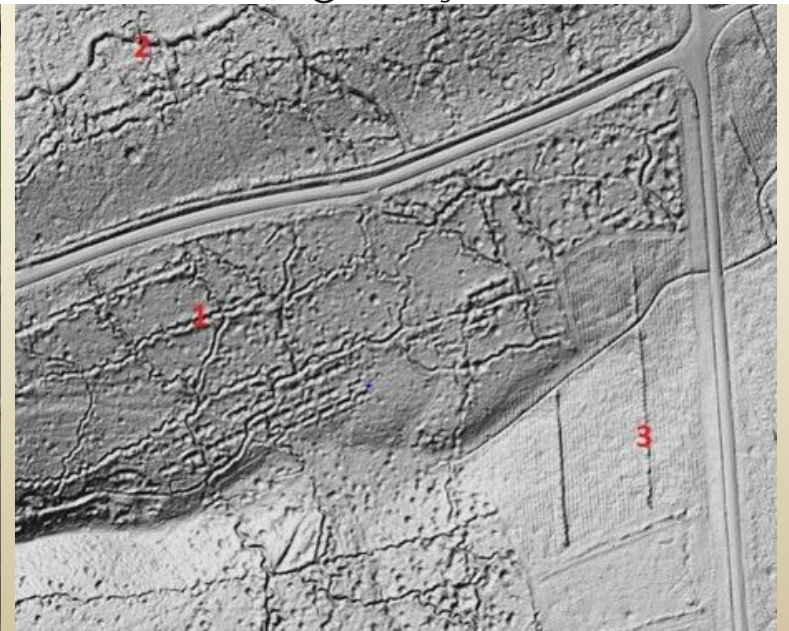


① Limons en fond de caniveau

② Coulée limoneuse post-conflit

③ Remblais hétérométrique crayeux

④ Terre végétale



Étendue des réseaux de défense en profondeur

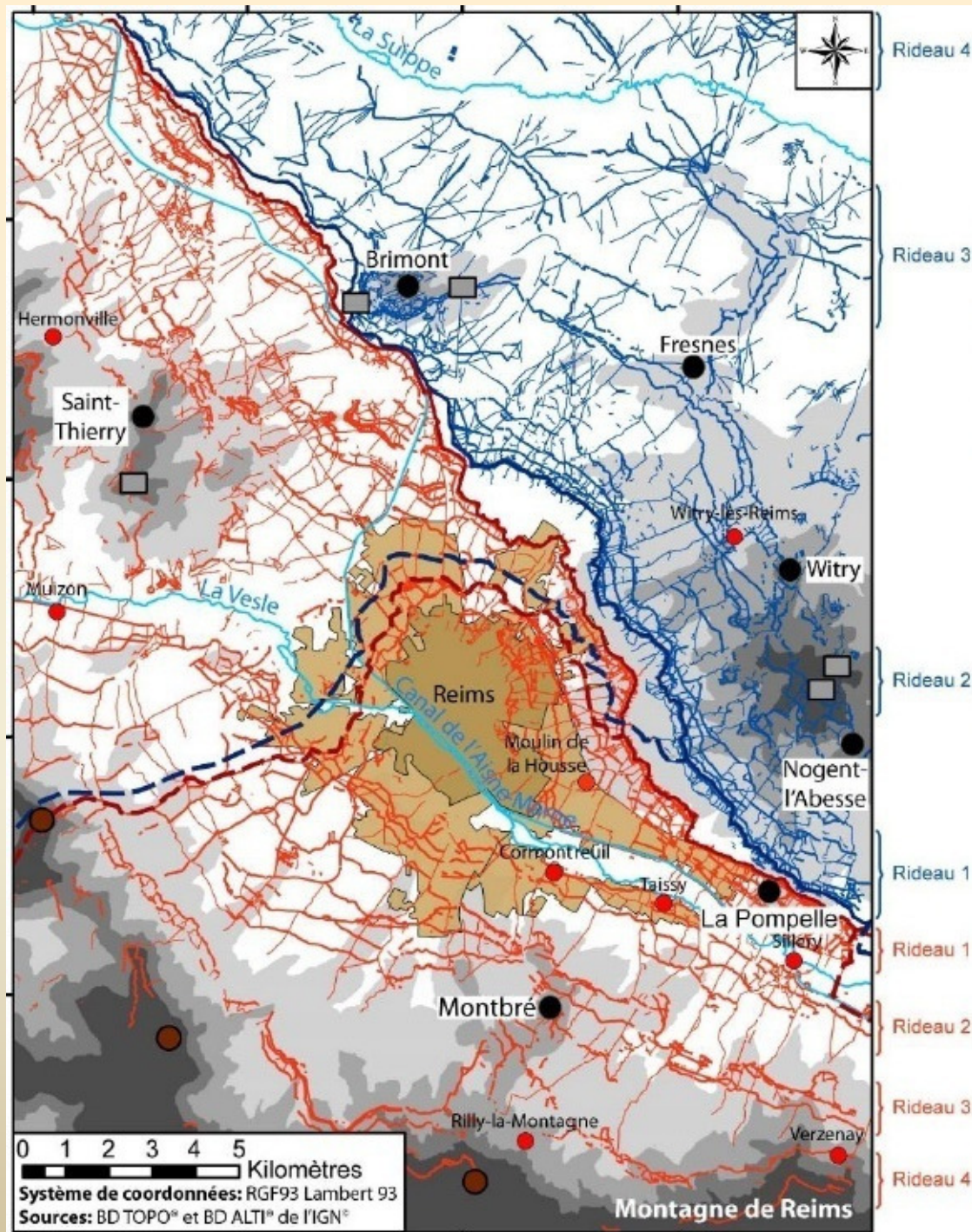
Champagne (115 km de front)

13 000 km de tranchées et de boyaux

113 km par km de front

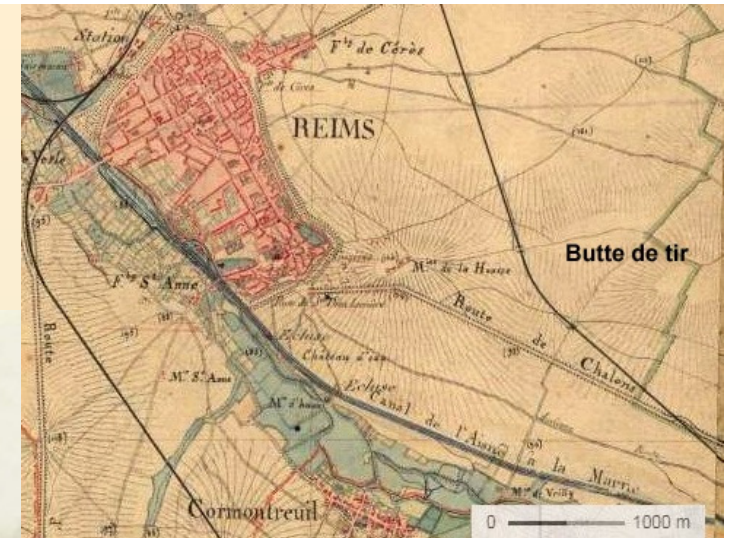


Conférence diagnostic environnemental post conflit (Alain Devos, 5 novembre 2019)



Evolution des paysages, le cas de la Champagne crayeuse

Secteur de la Butte de tir, 4 novembre 1917 (Reims est au fond à droite)



Evolution des paysages en Champagne crayeuse

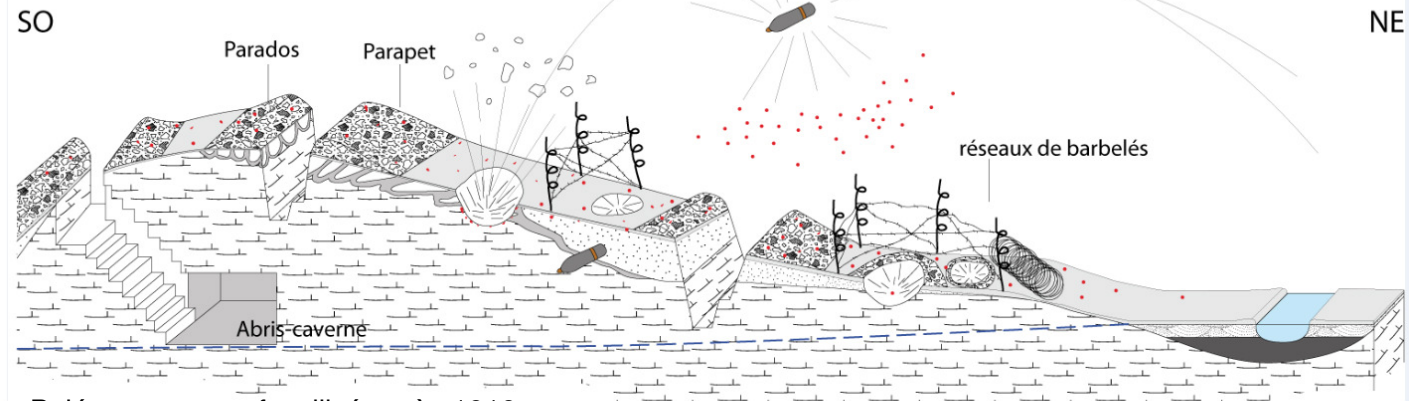
Tranchées et abris
Réseaux de défense
Entonnoirs

Désobusage, pétardage
Enlèvement des réseaux
accessoires
Comblement
Nivellement du sol

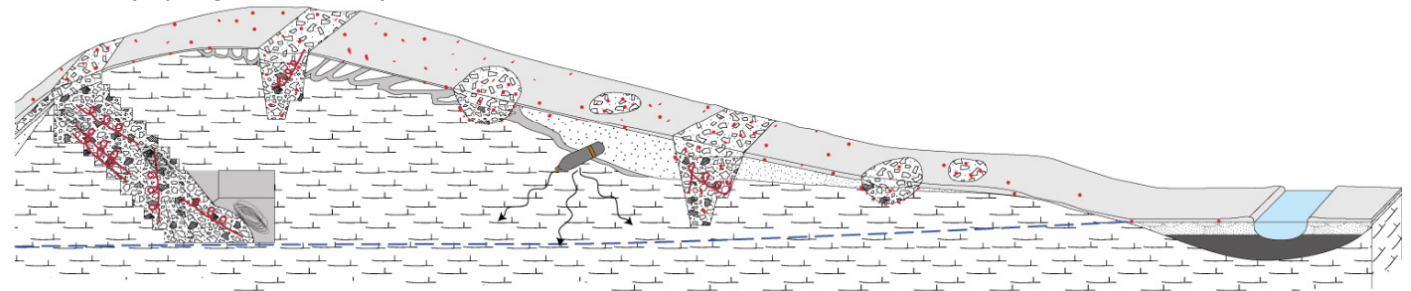
Destructuration des sols
Sols mélangés à la craie
par la bombturbation
Contaminations chimiques
4 ans sans engrais
Faibles rendements
Risque pyrotechnique
Effondrements d'abris

Apports de fumier et d'argile
grâce à la mécanisation

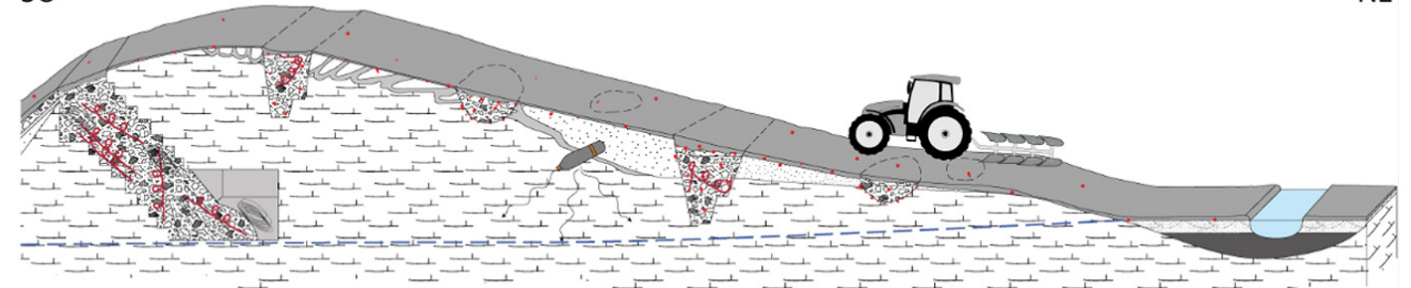
Polémo-paysage de 1914-1918



Polémo-paysage fossilisé après 1919



Paysage actuel

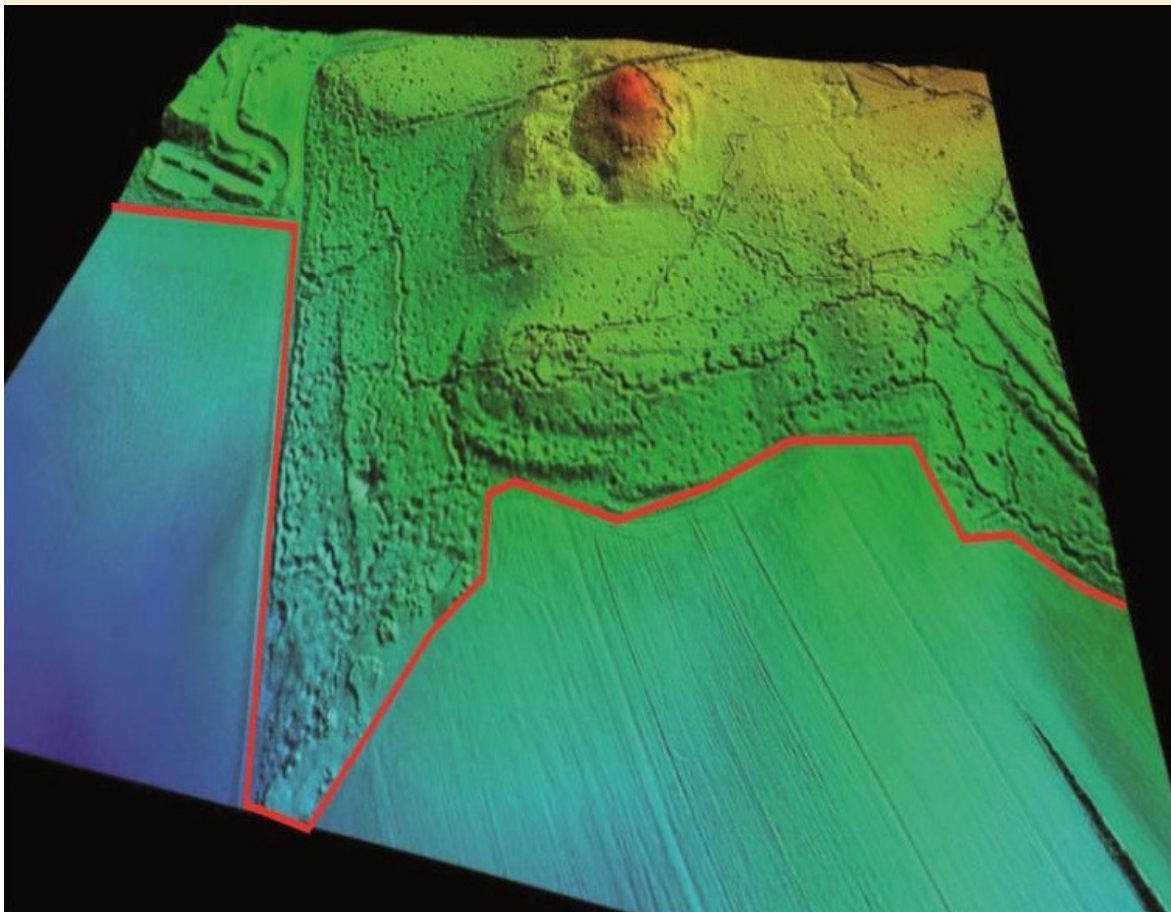


Conférence diagnostic environnemental post conflit (Alain Devos, 5 novembre 2019)

L'effacement des traces

Les réseaux de défense s'effacent sous la pression agricole et l'extension urbaine.
Forêts et camps militaires sont des conservatoires des polémo-paysages.

Secteur du Bois de la Bove à Brimont (10 km au nord de Reims): le lidar révèle tranchées et marmitage sous la forêt, mais il n'y a plus aucune trace morphologique en cultures.



Les défenses accessoires

Traces d'une tranchée à Bétheny (Marne)

Chevaux de frise, barbelés et tôle au Hartmannswillerkopf
(Haut-Rhin)



La guerre de mines



Vauquois
Les Éparges
Dolomites

La guerre de mines était autrefois limitée aux sièges des villes (Vauban, Bédior). A partir de la guerre russo-japonaise (1904-1905), elle s'étend à la rase campagne.

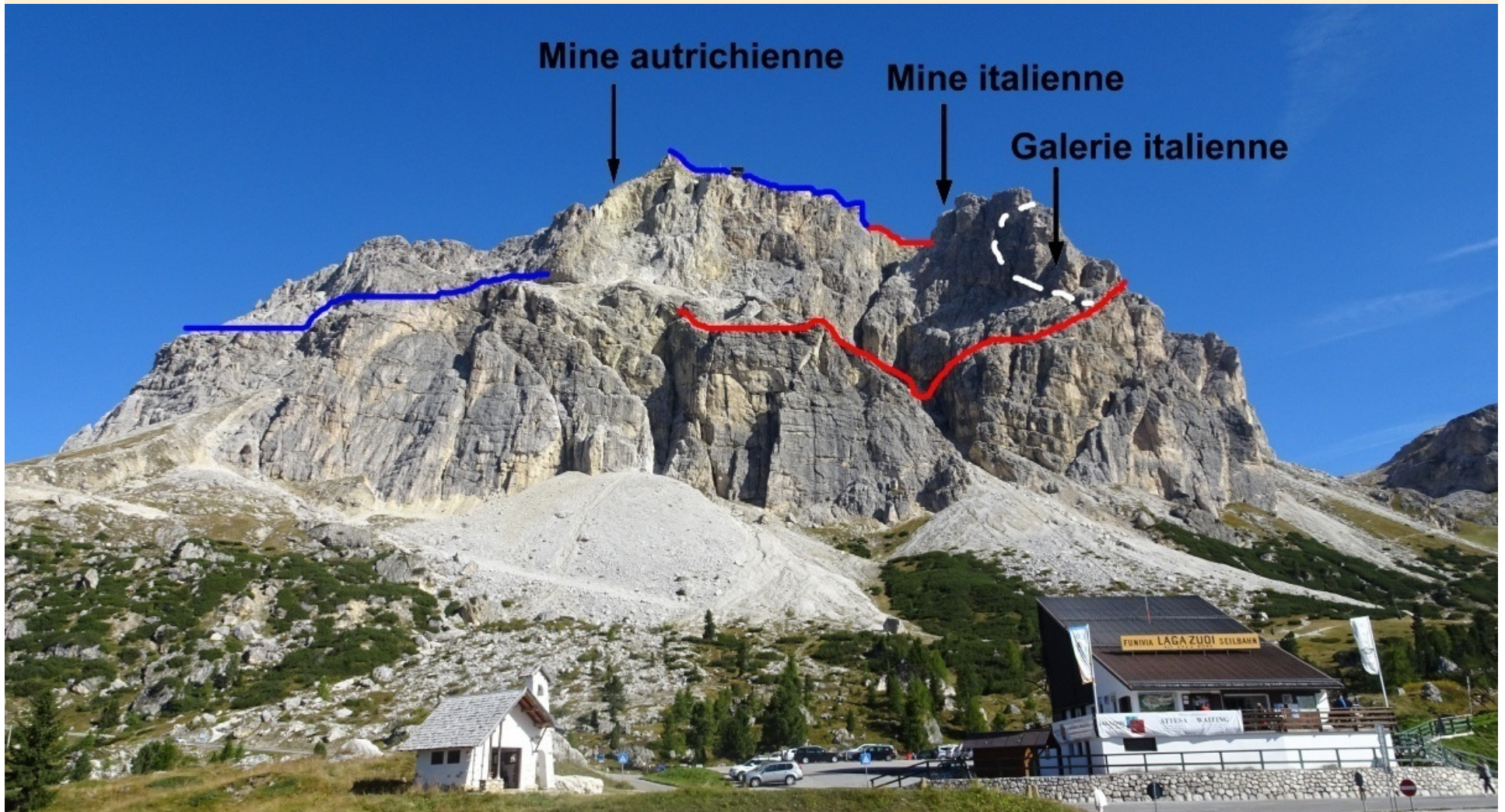


Bombturbation par les mines : la butte de Vauquois (Meuse)



Conférence diagnostic environnemental post conflit (Alain Devos, 5 novembre 2019)

Les mines du Lagazuoi (Dolomites)

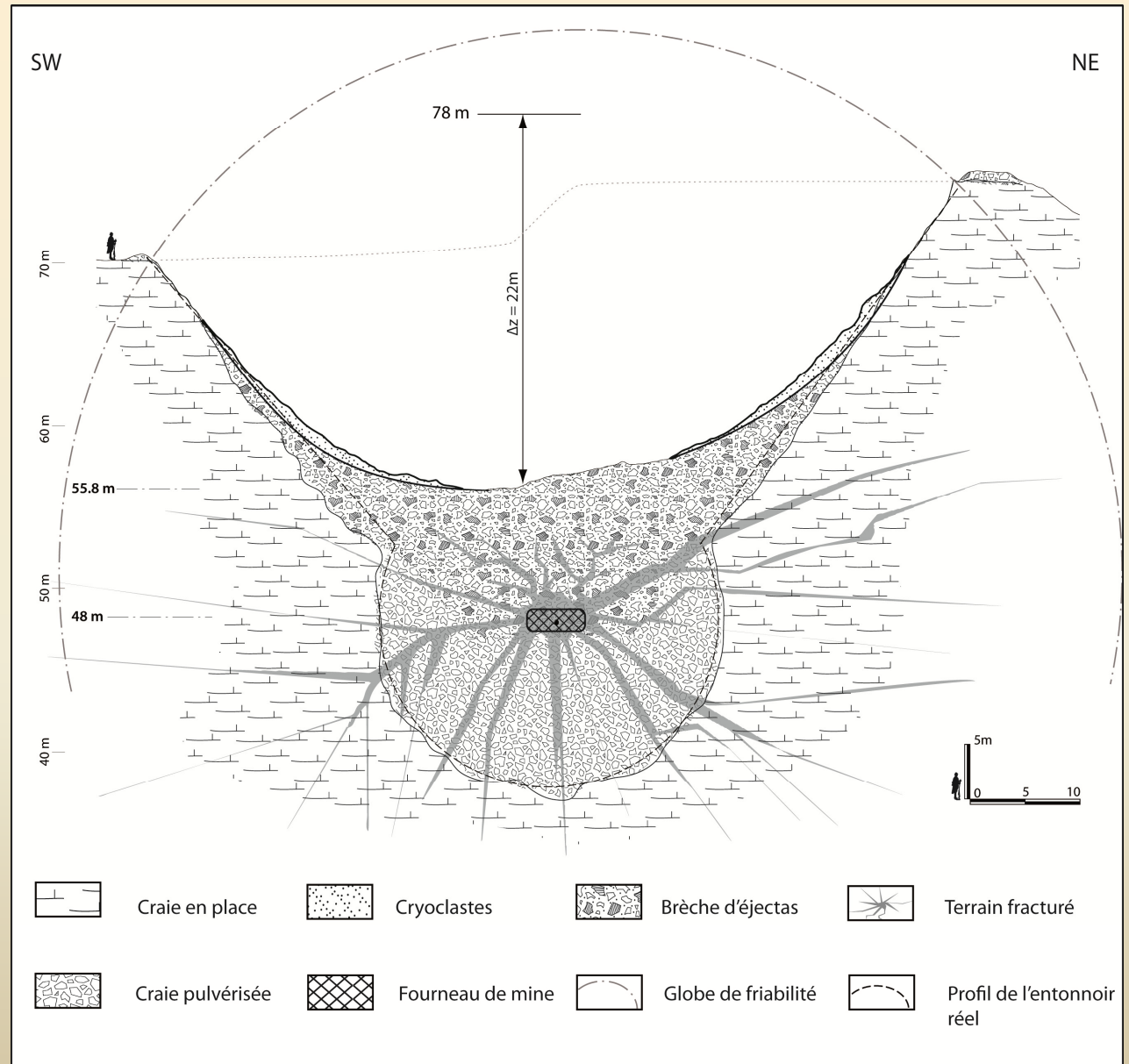


Positions autrichiennes en bleu (4 mines)

Positions italiennes en rouge (1 mine le 20 juin 1917)

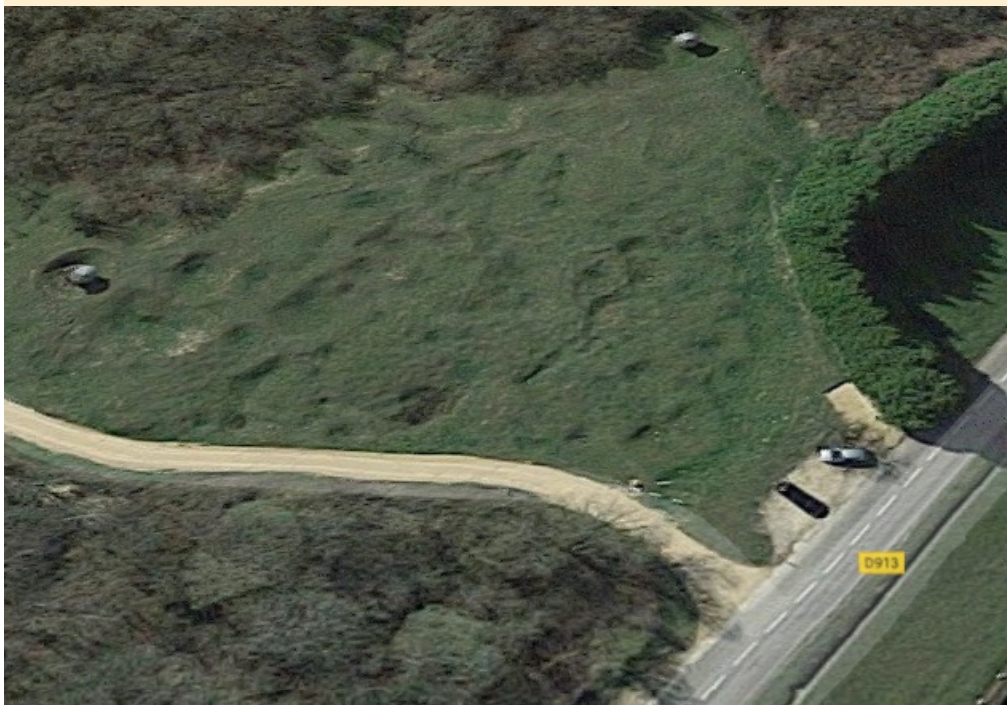
Galerie italienne : pointillés blancs à droite

Coupe d'un entonnoir de mine à la cote 108 (Berry-au-Bac, 02)



Dessin d'Alain Devos et Pierre Taborelli

Bombturbation devant l'ossuaire de Douaumont



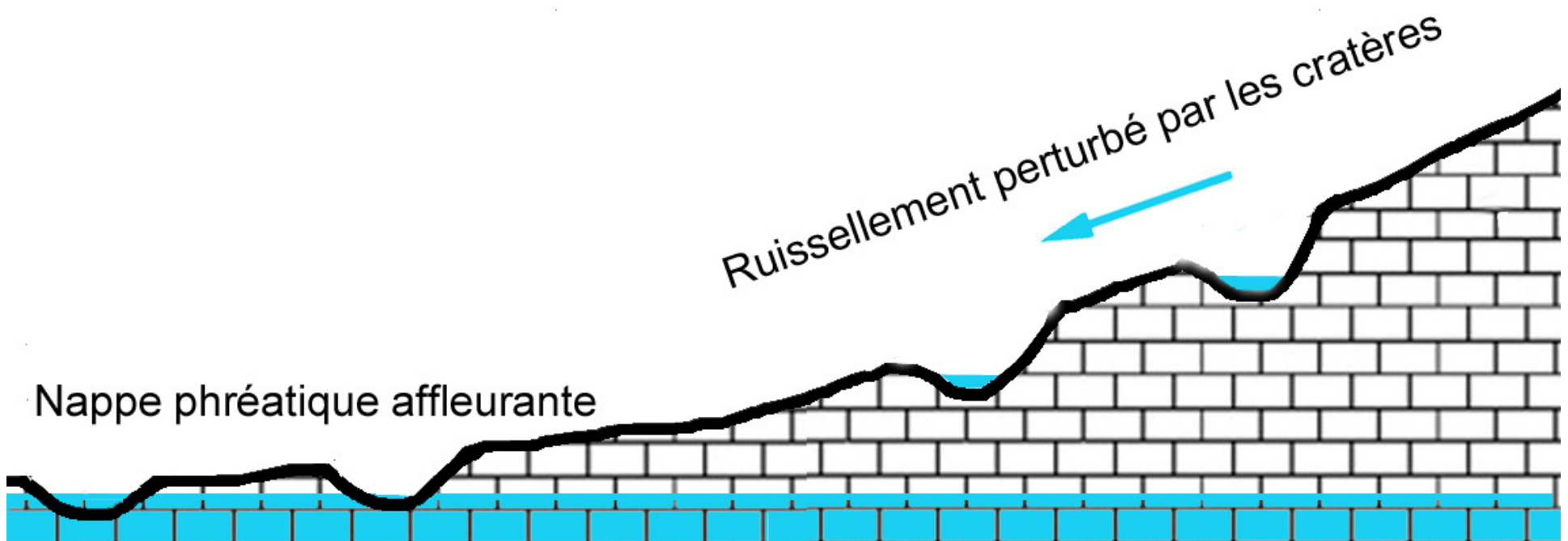
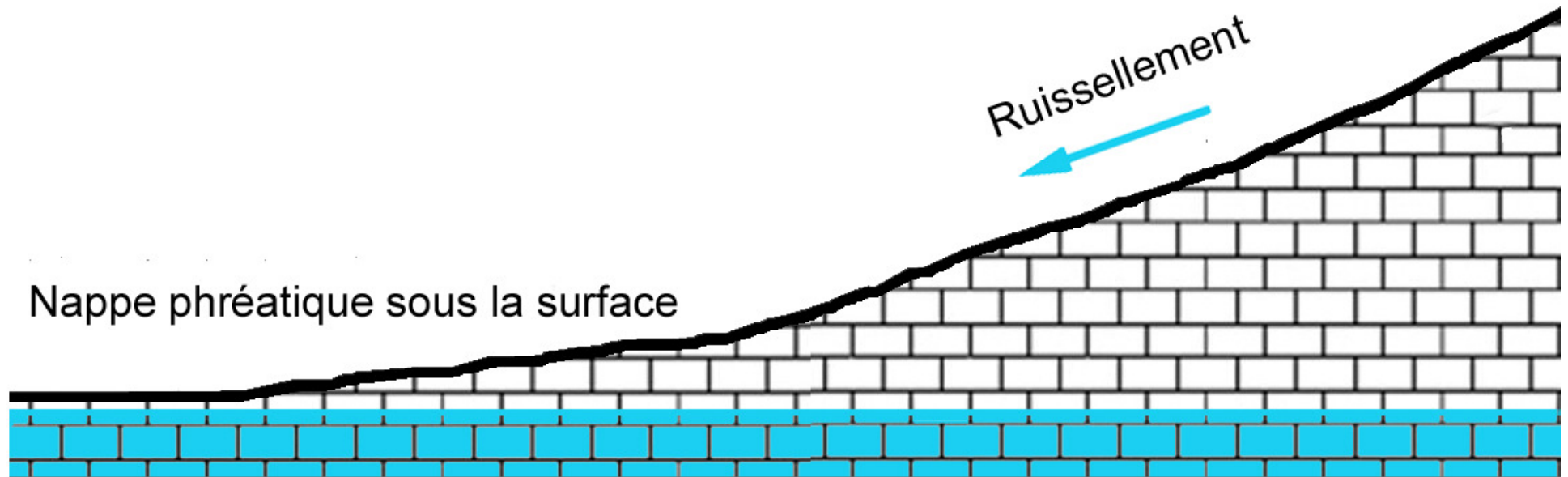
Coupe d'un entonnoir d'obus

Secteur de Bétheny (Marne)

Éclats d'obus plaqués dans les entonnoirs



Bombturbation et hydrologie



Influence de la perméabilité sur l'évolution des entonnoirs



Calcaires (Forte Pozzacchio, Trentin)



Craie (Lochnagar Crater) $D = 90$ m



Calcaires marneux (Verdun, Froideterre)



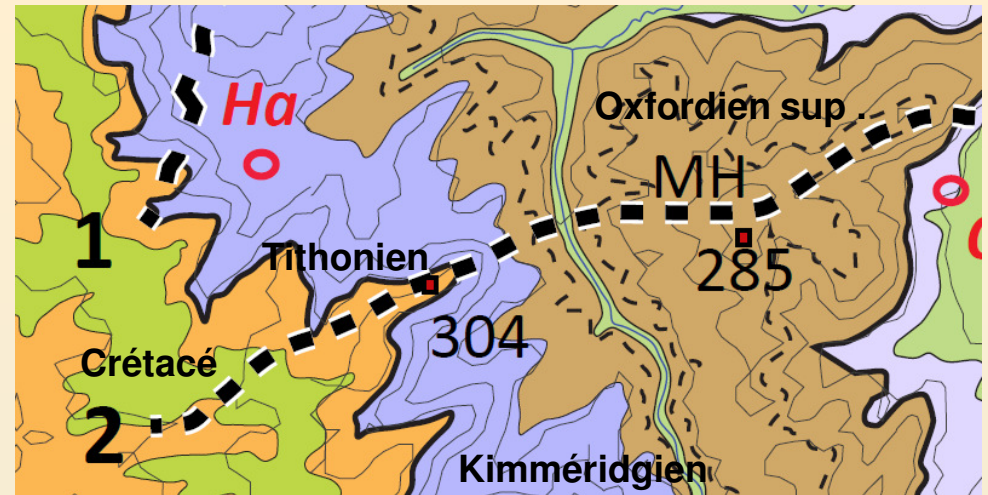
Argile (Caterpillar Crater)

La cote 304 (297 m) à Verdun

La bombturbation peut aller jusqu'à la destruction totale.

Calcaire tithonien (orange) pulvérisé en plaquettes.

Calcaire plus ancien, Kimméridgien (violet) à huîtres « *Exogyra virgula* », remonté par les explosions



Ouvrages de terrain bétonnés



Bunkers allemands de la défense de Metz



Position fixe d'un 380 allemand à Saint-Hilaire-le-Petit, Marne, contrebattu par notre ALVF en 1915. (cliché M. Godin)
Tranchée bétonnée au Linge (Vosges)

Fabrication d'éléments pour les ouvrages de terrain bétonnés



Usine allemande dans le saillant de Saint-Mihiel
Éléments préfabriqués à La Chapelotte (54)



Construction d'un abri de mitrailleuses dans le
saillant de Saint-Mihiel (Coll. G. Jacquinet)



Les blockhaus de Maisons-Laffitte construits en 1944

A partir de mars 1944, l'Organisation Todt-Einsatzgruppe West construit un réduit fortifié de 22 ha comprenant 4 blockhaus et 15 casemates armées de mitrailleuses. Impossibles à détruire, les blockhaus sont toujours là : résidence Desaix, avenue Duguesclin, avenue Manuel ...



La Première Guerre mondiale

Traces chimiques



Des traces d'hier et d'aujourd'hui...



Obus non éclaté à Verdun (1917). Dans un champ de l'Aisne, photo Jean Much, agriculteur (2019).

Chimie des obus

Amorce : fulminate de mercure

TNT (tolite)

Acide picrique (mélinite)

Perchlorates (tranchées)

Billes de plomb (shrapnel)

Nitroglycérine

Nitrocellulose

Perchlorates (tranchées)

Amorce : fulminate de mercure

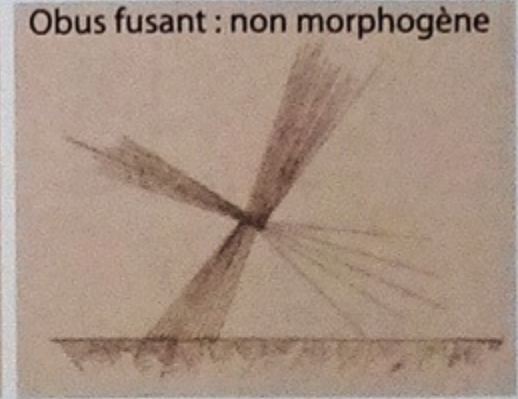
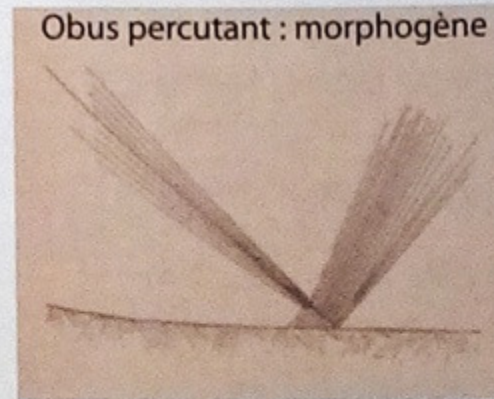
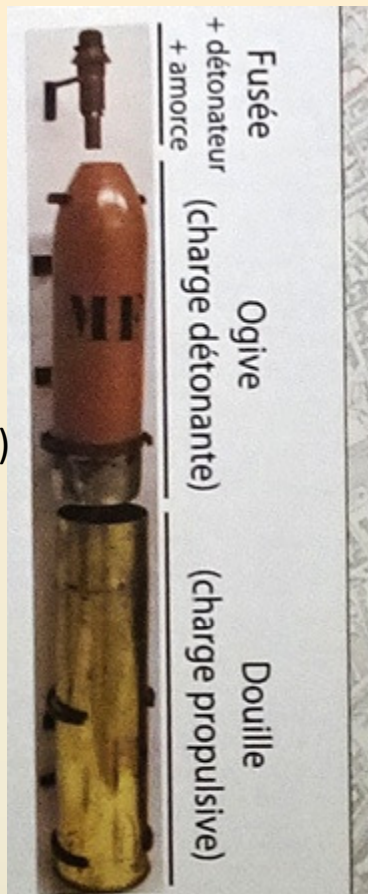
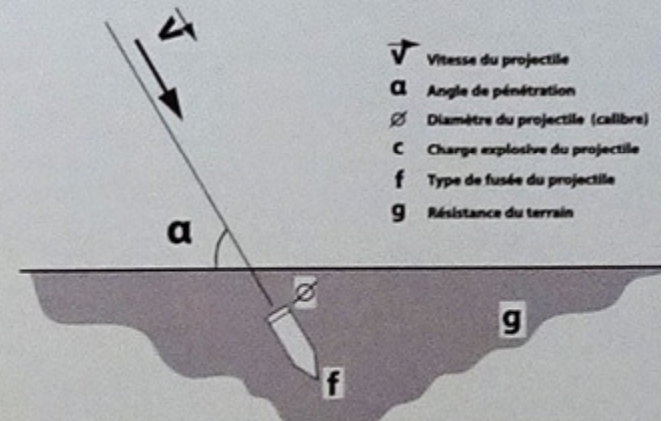


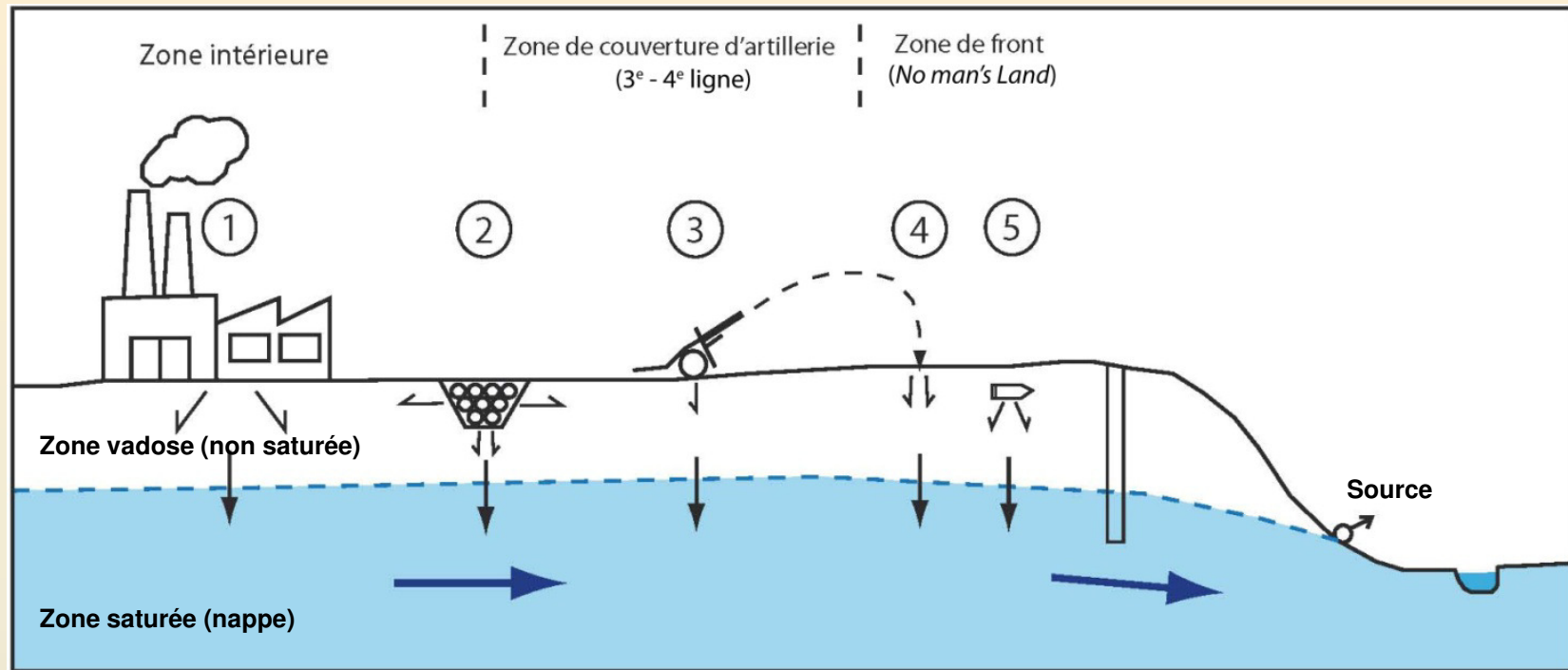
image : musée de la grande guerre de Meaux



Obus à shrapnel et billes de plomb (Champagne). Photo A. Devos

Modèle conceptuel des différents modes de contamination de l'eau souterraine par les activités militaires de la Première Guerre mondiale

Jaunat, Devos, Taborelli (2018)



- ① Usine pyrotechnique, cartoucherie, poudrerie
- ② Dépôts de munitions, fourneaux de désobusage
- ③ Batteries d'artillerie (Charge propulsive)
- ④ Zones d'impacts (charge explosive)
- ⑤ Munitions non explosées (ogive en phase d'altération)

- ⇓ Contamination du sol
- ↓ Transfert en zone vadose, non saturée
- Transfert en zone saturée (nappe)
- ⏏ Forage en nappe
- ♂ Source
- 🏞 Cours d'eau

Dégâts à la fabrication

Chedde, 16 février 1915, 7 morts

Tolbiac, 20 octobre 1915, usine de grenades Billant P1 au perchlorate, 48 morts

La Pallice, 1er mai 1916, explosion de l'usine Vandier et Despret, 177 morts et plus de 150 blessés. Fabrication d'acide picrique (mélinite = trinitrophénol).

Atelier de chargement d'Yzeure, 2 février 1918, 6000 sinistrés, 32 morts

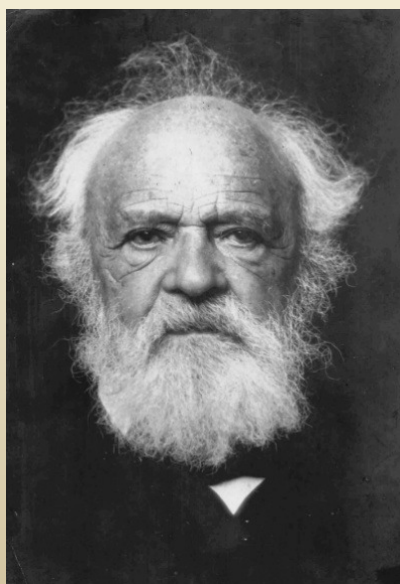


Dégâts au stockage

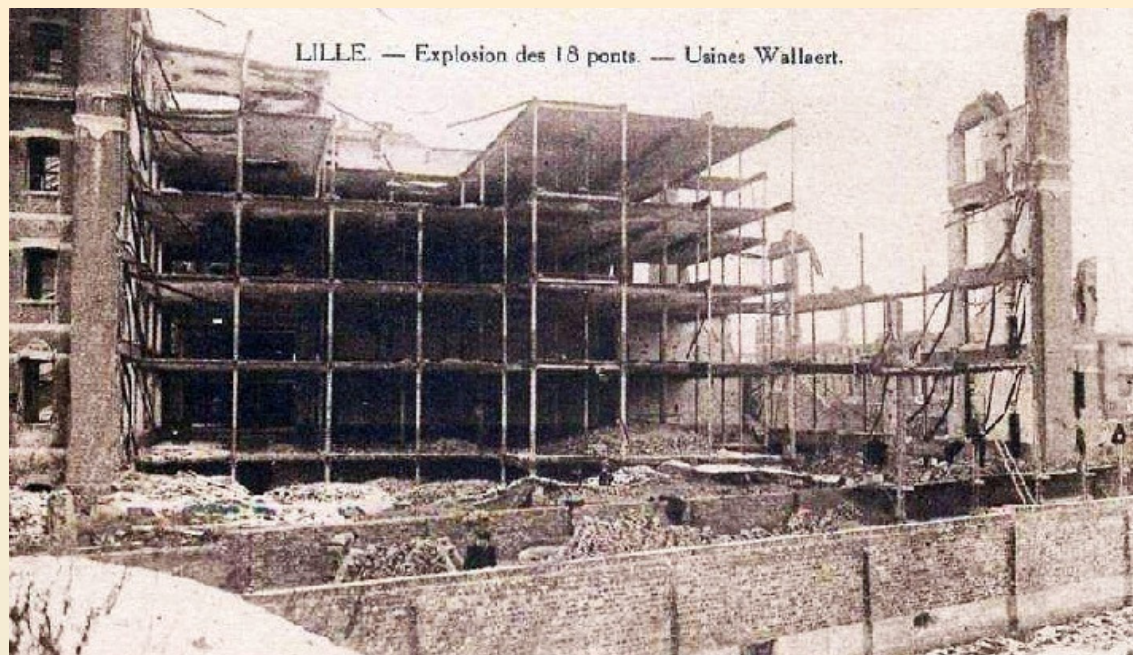
Dans la nuit du 10 au 11 janvier 1916, le dépôt des Dix-Huit Ponts explose. L'ensemble du bastion de pierre et les merlons de terre sont volatilisés. L'explosion laisse un cratère d'environ 30 m de profondeur et 150 m de diamètre.

L'usine Wallaert (filature), en béton armé, a protégé la ville du souffle. Mais on déplore 104 morts, 400 blessés, et de nombreux sans-abri, en plein hiver.

Une probable pollution par le mercure des amorces est passée inaperçue.



Le musée est touché et le professeur Gosselet, tombé malade en voulant sauver les collections de géologie, est une victime collatérale de l'explosion.



Halifax 6 décembre 1917

Le cargo français *Mont-Blanc*, transportant des munitions à destination de l'Europe entre en collision avec un navire norvégien, l'*Imo*. Le *Mont-Blanc* prend feu et explose vingt minutes plus tard, tuant 2 000 personnes et en blessant des milliers d'autres.

L'explosion accidentelle ayant fait le plus de victimes.

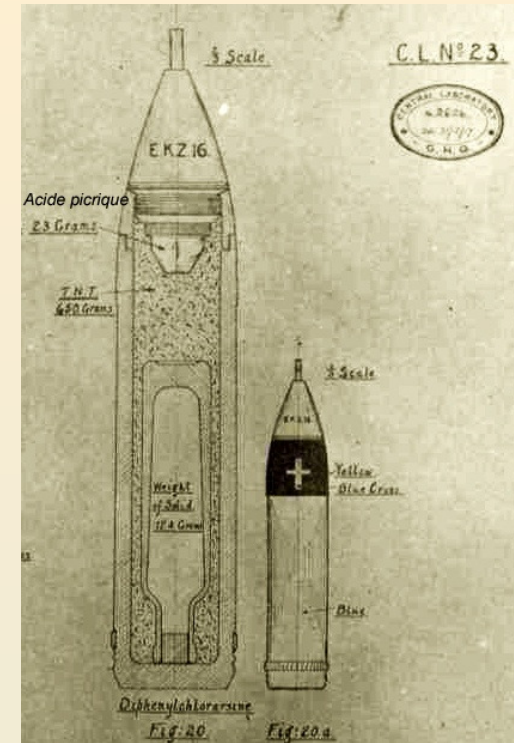
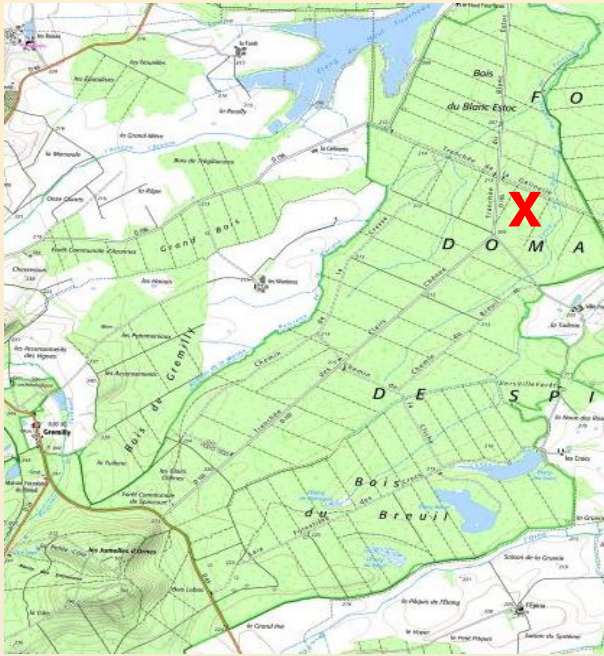


Le quartier de Richmond dévasté. Photo de William James. Domaine public.



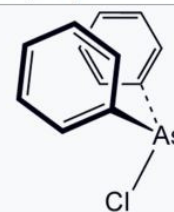
Photographie du site peu après l'explosion. Bibliothèque et Archives Canada – Domaine public

Dépôts et fourneaux de désobusage : la Place à Gaz

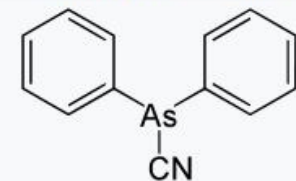


Obus allemand Croix bleue à l'arsenic
Photo : © IWM (MUN 3199)

Diphenylchlorarsine



Diphenylcyanoarsine



« Le dernier mort de 1914-1918 n'est pas encore né »

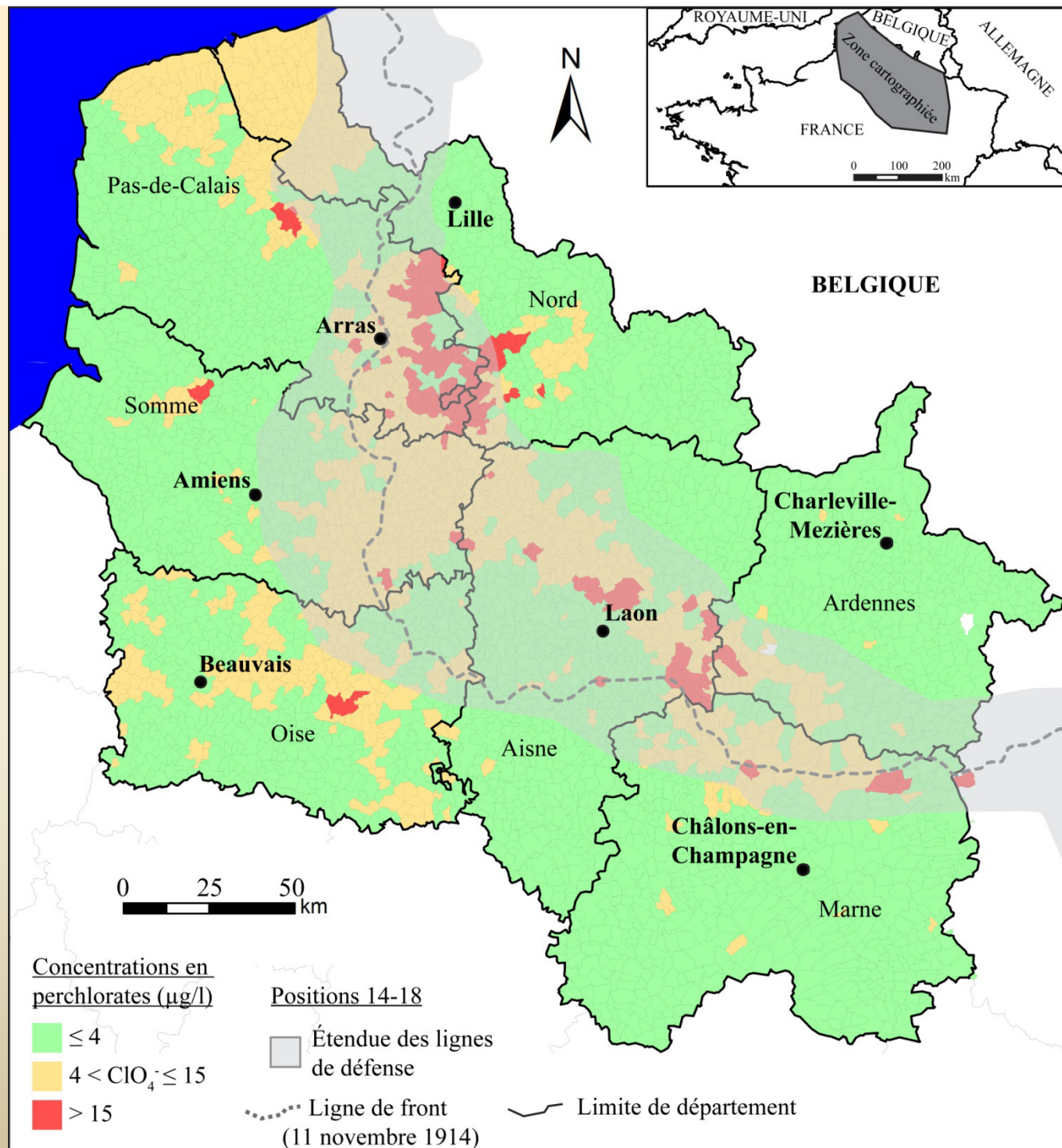
Olivier Saint-Hilaire

Mais la plupart des accidents actuels sont dus à l'imprudence



Concentrations en perchlorates des eaux dans les réseaux de distribution et étendue des lignes de défense entre 1914 et 1918.

Jaunat, Devos, Tadorelli (2018)



Munitions, engrais et biocides...



Fritz Haber (1868-1934)

Synthèse de l'ammoniac (prix Nobel 1919)

Signataire du Manifeste des 93

Pionnier des gaz de combat

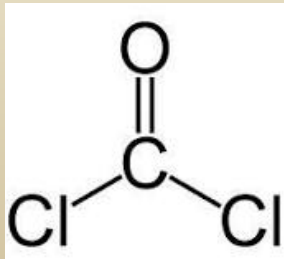
Précurseur du Zyklon B (désinfection des silos)

Victime de l'antisémitisme

Contrairement à des idées largement répandues, Fritz Haber n'a inventé

-ni l'ypérite

-ni les produits phytosanitaires.



Et les pesticides ne dérivent pas des gaz de combat de la Grande Guerre...

Malgré son nom, le phosgène (COCl_2) n'est pas un organophosphoré comme le parathion ou le sarin, le tabun ou le VX...

La Première Guerre mondiale

Dégâts forestiers



Mont Cornillet, mai 1917

Dégâts forestiers : la pression sur les ressources



Caillebotis (Somme)



Etayage d'un abri souterrain à Damloup (Meuse), janvier 1916.

Casemate pour pièce de marine (Oise)

Fascines, gabions, piquets...

La pression sur les ressources forestières

Surexploitation des forêts et déforestation inégale selon les belligérants.

Les Turcs détruisent les forêts de cèdres du Liban.

Les Britanniques abattent près de la moitié de leurs forêts productives.

Les Canadiens étendent leurs opérations de coupe dans l'Ouest, malgré les sous-marins et grâce au canal de Panama.

Les Français et les Allemands ont moins de problèmes (arrière français et zones occupées par les Allemands: Nord, Bialowieza).

Dans les 11 départements du front de l'ouest : 6500 km² touchés, 3400 km² détruits.

(Amat, 2015, Tucker *et al.* 2018)

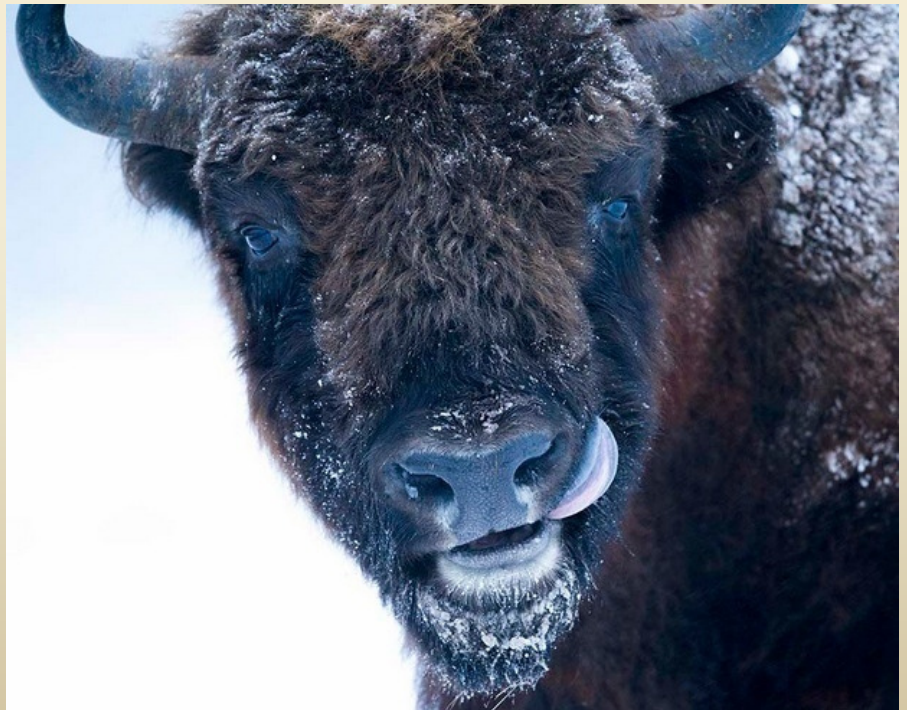


Entonnioir d'obus en forêt de Mormal
(Nord) exploitée par les Allemands
Photo Chatsam [CC-BY-SA-3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

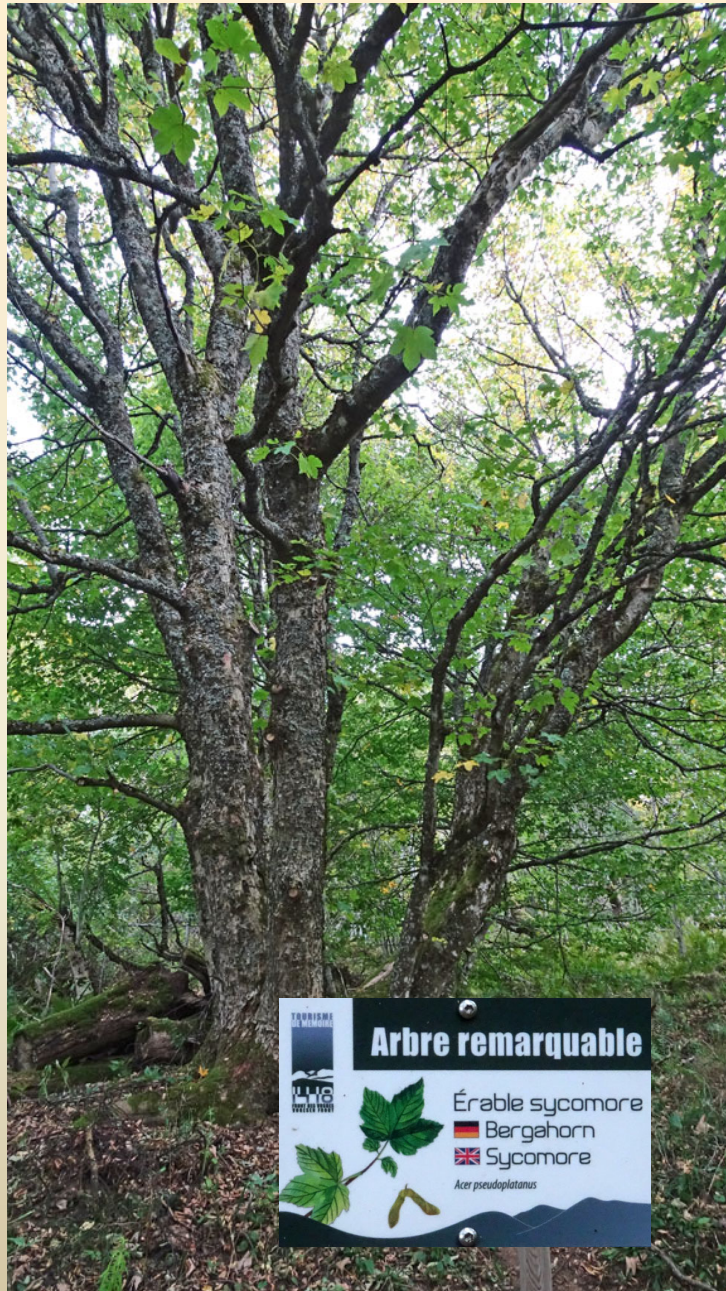
Destructions forestières en Europe

Avec l'aide de bûcherons canadiens, les Britanniques abattent près de la moitié de leurs forêts productives. (IWM Q 2354).

Les Allemands pillent les arbres anciens de la forêt de Bialowieza et liquident les derniers bisons d'Europe. La reconstitution de leur population permettra aux scientifiques allemands d'obtenir leur réintégration dans la communauté scientifique européenne.



Arbres survivants



Un érable sycomore a survécu aux combats du Hartmannswillerkopf.

The Last Tree (charme) du bois Delville (Somme)
APictche — CC BY-SA 4.0

La Première Guerre mondiale

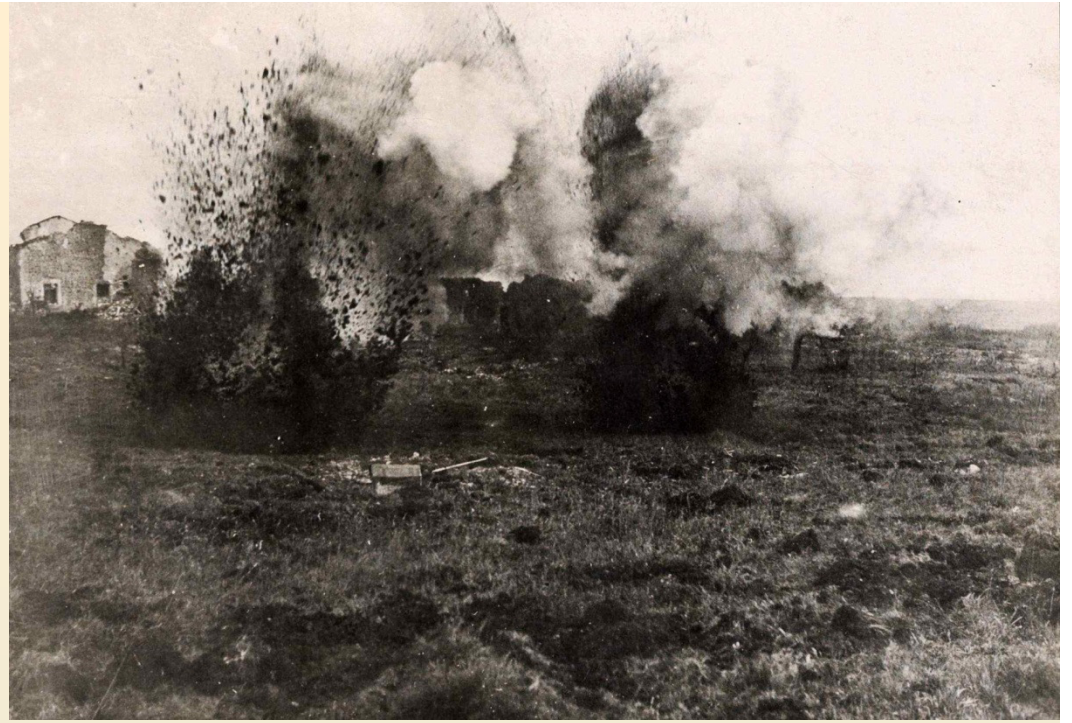
Dégâts agricoles



Dégâts agricoles



Ferme de Quennevières (Oise) en 1917



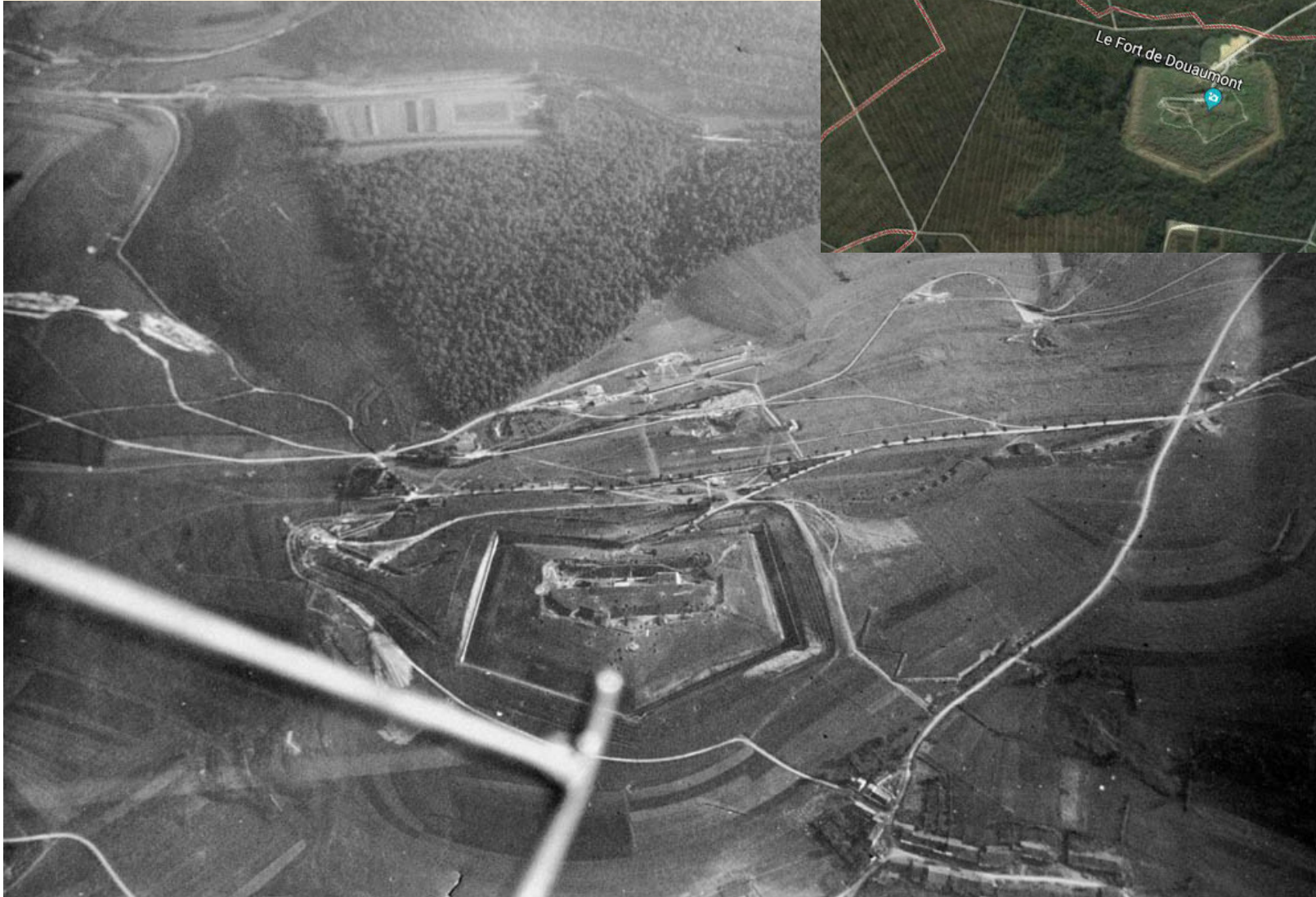
Verdun : la ferme de Méricourt sous le feu, la ferme de Thiaumont après la bataille..

Vaux-devant-Damloup

Paysage d'openfield avant la guerre



Openfield autour du fort de Douaumont

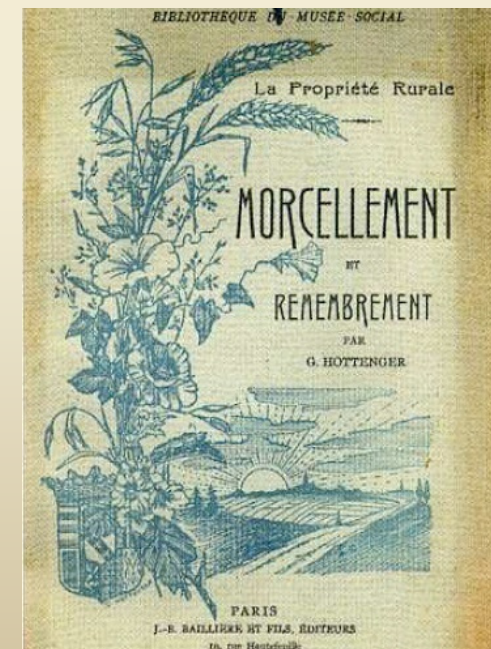


Evolution du nombre d'exploitations dans la Meuse

Taille/nombre	1882	1929
Moins de 1 ha	20 424	1 280
De 1 ha à 10 ha	26 414	1 971
De 10 à 40 ha (50 en 1929)	8 456	8 277
Au dessus de 40 ha (50 en 1929)	978	859
Au dessus de 100 ha (1929)		258
Total	56 272	12 645

Avec la disparition des plus petits exploitants, la Meuse s'est trouvée confrontée à un petit parcellaire devenu incultivable.

La Meuse fut un des premiers départements où il fut procédé à un remembrement, plus par nécessité que par la volonté de mettre en place un système de production moderne.

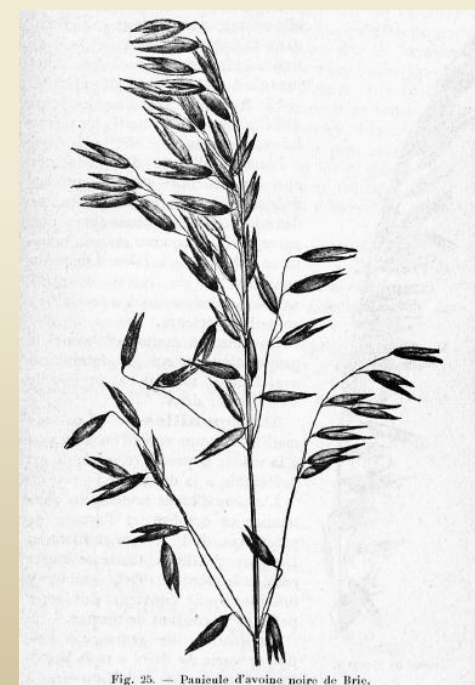


Évolution de l'occupation du sol de la Meuse

	1882	1929
Terres labourables	306 375	207 763
Vignes	10 802	272
Vergers et potagers	n.d.	4 862
Prairie	85 107	105 503
Total SAU	402 284	318 400
Friches et landes	14 786	74 396
Forêt	182 112	207 087
Autres	23 624	24 174
	622 806	624 057

L'agriculture est dominée par le blé et l'avoine.

Les vignes avaient disparu avant la guerre (Phylloxéra).



La forêt de Verdun, une mosaïque témoin de l'histoire

Les peuplements résineux et les plantations marquent les emplacements des anciens terrains agricoles, alors que les bois feuillus adultes sont encore limités à leur présence effective au début du XX^e siècle (ONF, 2005).

Pin noir d'Autriche. Les plants ont été reçus au titre des dommages de guerre.

Vue sur la Woëvre depuis Douaumont.



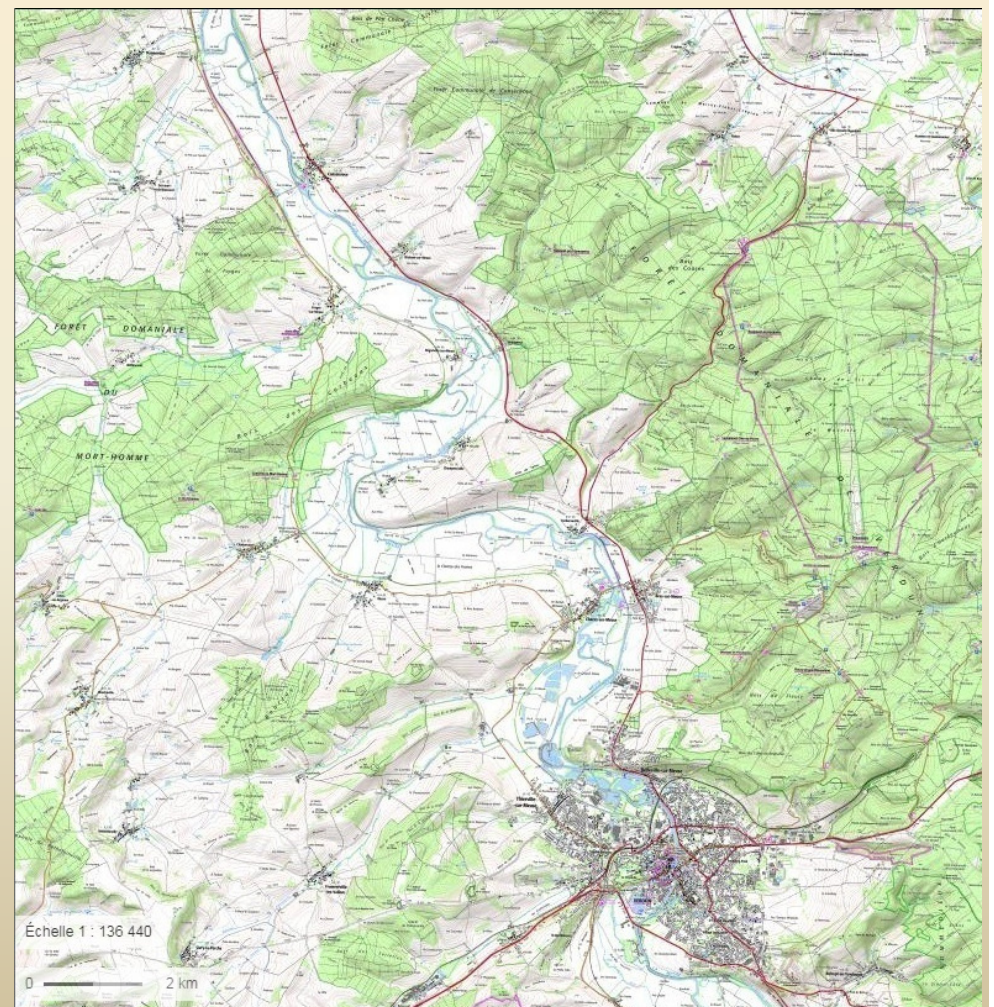
L'extension des forêts de Verdun après la guerre

100 000 hectares de terres labourables devenues incultivables sont boisées

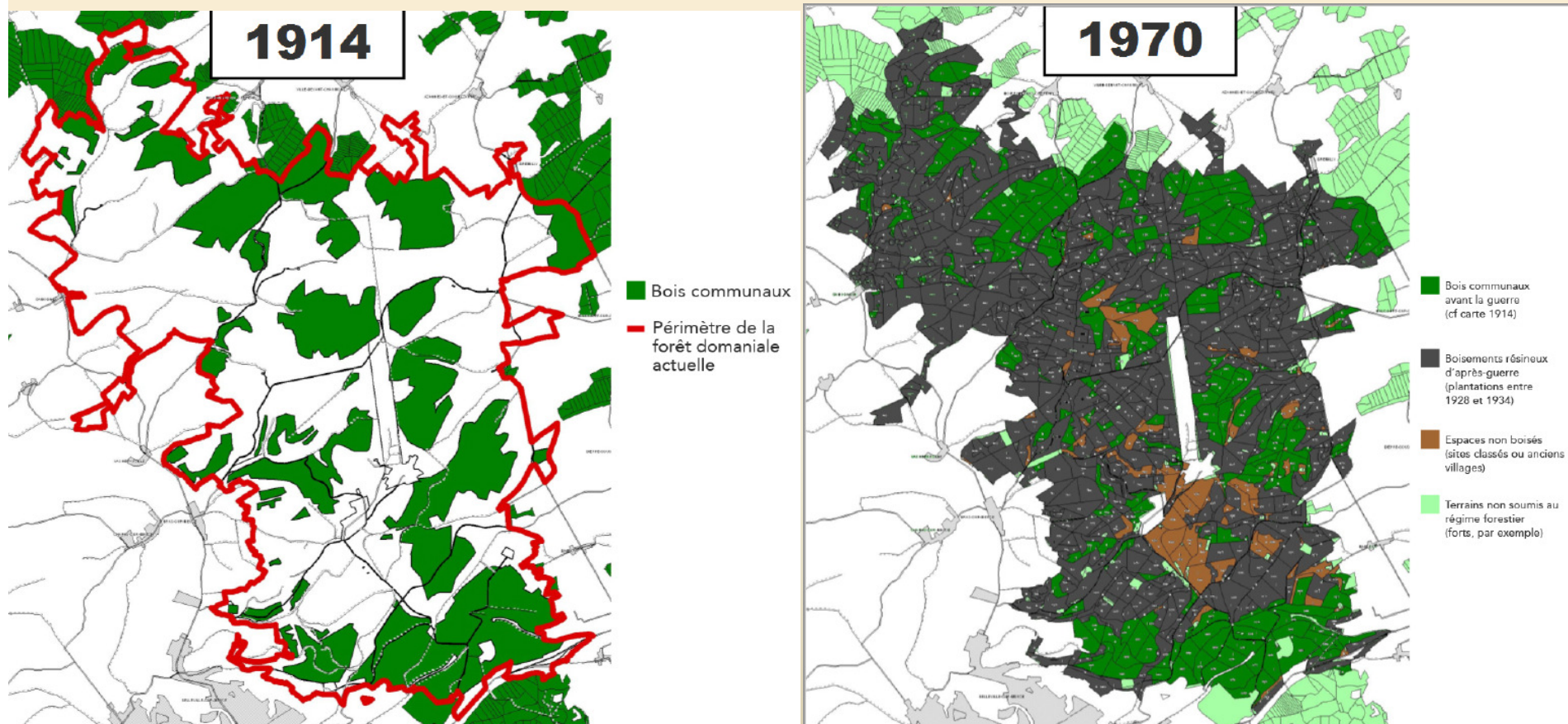
Carte d'État-major d'avant-guerre au 1: 80 000



Carte actuelle au 1: 50 000



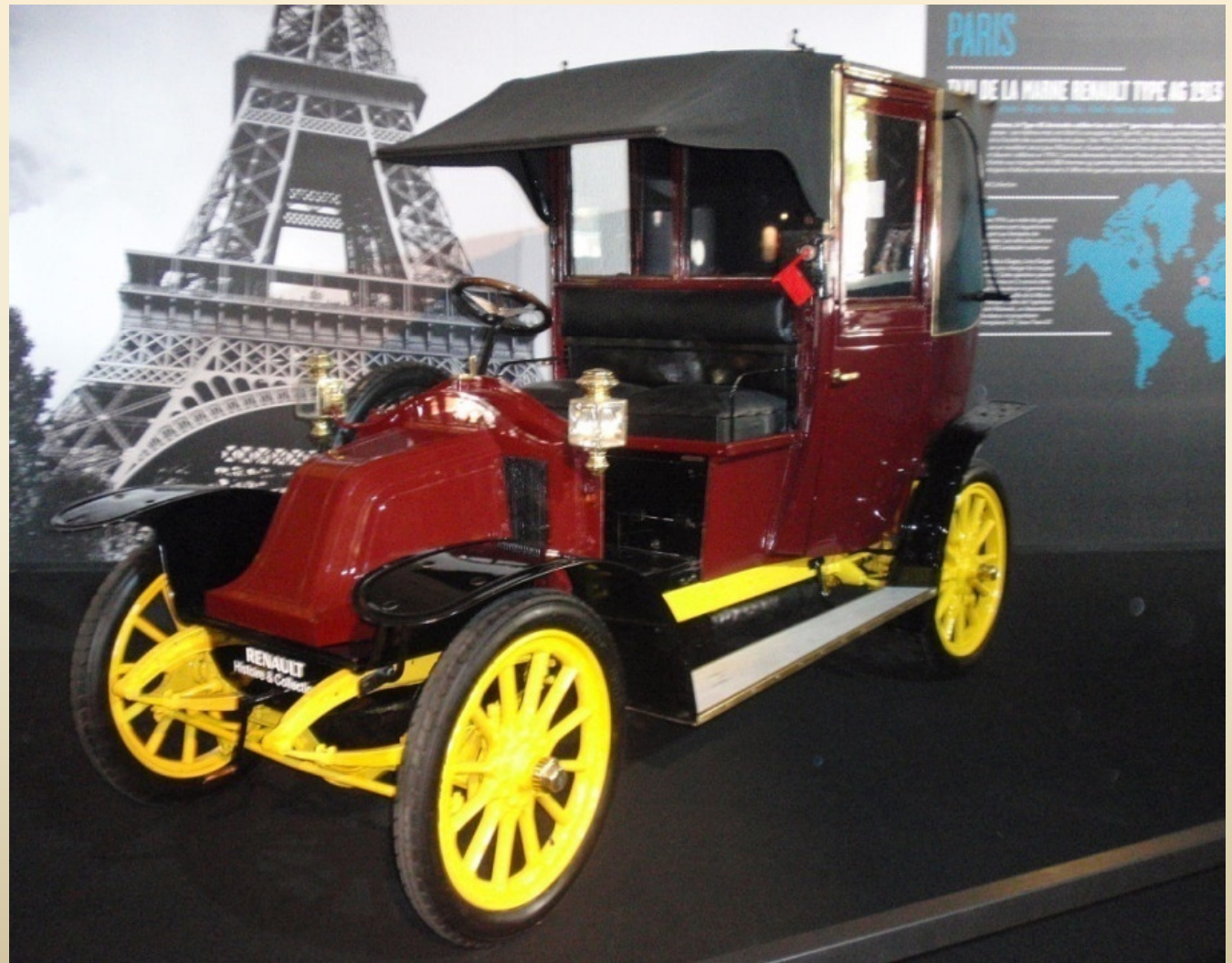
L'extension de la forêt sur les terres agricoles à Verdun (ONF)



Une transition écologique « à l'envers »

Le 7 septembre 1914,
Gallieni réquisitionne 600
taxis parisiens qui vont
transporter 5000 soldats.
C'est symbolique puisque
2 millions d'hommes sont
engagés de part et
d'autre.

Taxi de la Marne au
Mondial de l'Automobile
1998.



Une transition écologique « à l'envers »

On peut voir dans la Grande Guerre, du point de vue environnemental, le moment d'une transition écologique « à l'envers » :

- des énergies renouvelables (vent, biomasse...) aux énergies fossiles (charbon, pétrole) ;
- des ressources naturelles à la chimie.

La Grande Guerre a bénéficié de la transition énergétique vers le pétrole et l'électricité et a favorisé des innovations dont on ne connaîtrait l'épanouissement que plus tard.

Les animaux de travail

2 800 000 chevaux, 217 000 mulets, 370 000 ânes

Col du Bonhomme, mulet venant chercher la soupe à la cuisine

Cumières-le-Mort-Homme, âne de tranchée apportant le ravitaillement (26 août 1917)

Bouy (Marne) – Chevaux d'un échelon d'artillerie (10 avril 1917)



Les chiens

Maisons-Laffitte. Société nationale du chien sanitaire et de guerre (1916)

Chien sanitaire en Argonne.

Mascotte d'un char d'assaut (1917).



La cavalerie

136000 chevaux australiens ont accompagné le corps expéditionnaire australien au Proche-Orient. Au désespoir des cavaliers, ils n'ont pas été rapatriés de peur qu'ils ne rapportent des maladies.

Deux chevaux australiens (« walers ») devant la tombe de leurs cavaliers, septembre 1918. Gallipoli (Turquie)



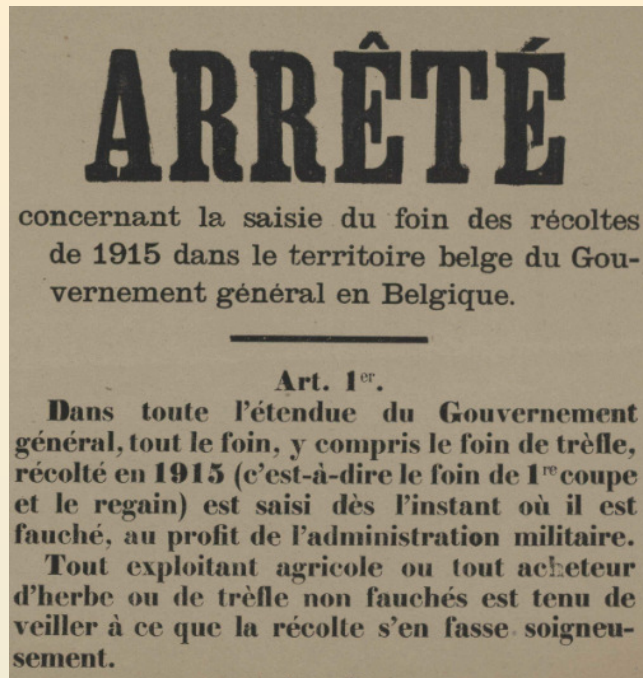
Hommage aux animaux...



Le mémorial de Pozières (Somme) est inauguré en juillet 2017 par l'association AWAMO (*Australian War Animal Memorial Organisation*).

Mais bœufs, porcs et moutons, qui ont été sacrifiés en masse pour nourrir les soldats (600 g de viande fraîche, congelée, ou en conserve par jour) n'ont droit à aucun hommage...

Les fourrages ressources stratégiques



Bruxelles, le 6 août 1915.

Der General-Gouverneur in Belgien,
Freiherr von BISSING,
Generaloberst.



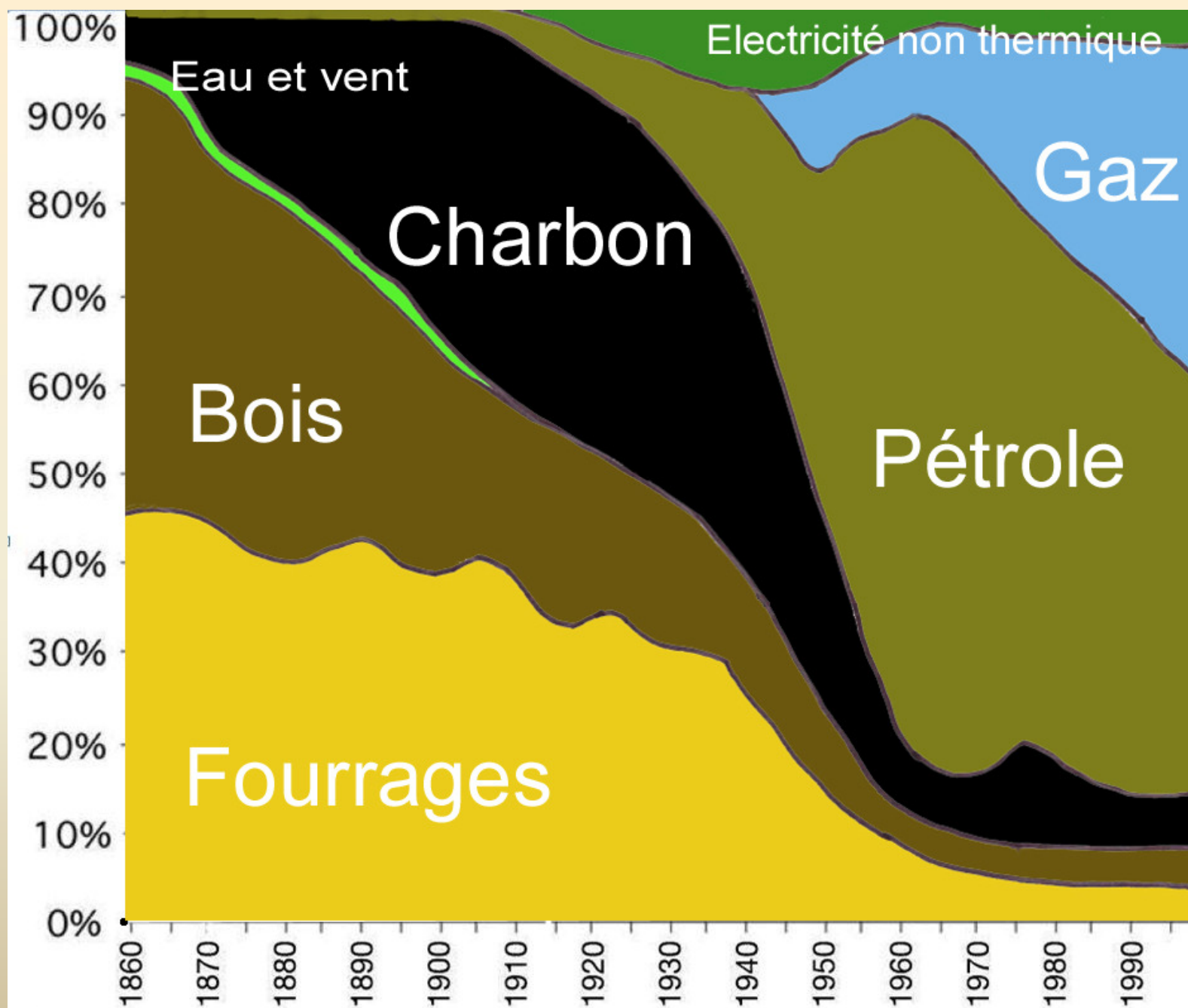
Arrêté allemand de saisie de foin en Belgique

Saisie de foin dans les Ardennes par les Allemands

Chargement d'avoine à Saint-Cyr (Seine-et-Oise)



L'évolution du mix énergétique européen de 1860 à 1990



L'émergence du pétrole

La production de pétrole est plus concentrée que la production de charbon

En 1914 la sécurité des approvisionnements devient un objectif stratégique.

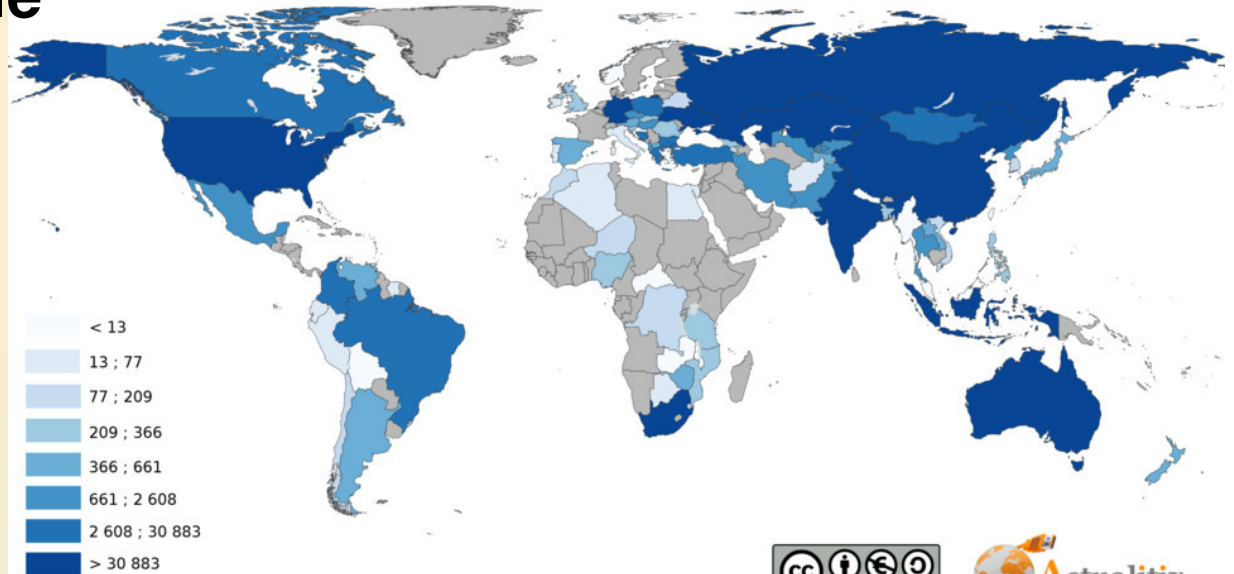
L'Europe s'approvisionne en Roumanie et en Russie (Bakou)

Le Royaume Uni a investi dans l'*Anglo-Persian Oil Company* en 1912

Les Etats-Unis sont le premier producteur mondial.

Les réserves du Moyen-Orient sont convoitées par les Britanniques et les Allemands.

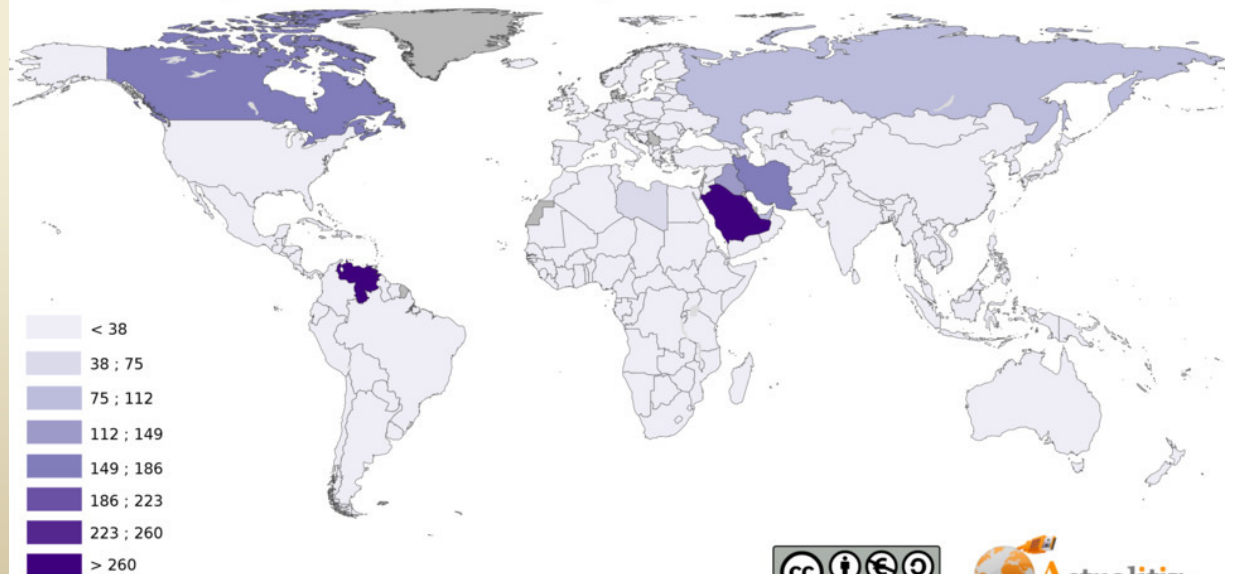
Charbon - Réserve (Million - Tonnes)



Source : EIA - 2011
Copyright © Actualitix.com All rights reserved



Réserves de pétrole brut (Milliards - Barils)



Source : EIA - 2015
Copyright © Actualitix.com All rights reserved



Le pétrole russe et roumain

Le kaiser visitant des puits en Roumanie en septembre 1917

Puits à Bakou, Le gisement de Bibi-Heybat, exploité depuis 1874



L'expédition des Dardanelles avait pour but de rétablir le transport du pétrole de Bakou, interdit par la Turquie. Naufrage du Bouvet le 18 mars 1915. Tableau de Diyarbakırlı Tahsin Bey

Du cheval au tracteur et au camion



Canon de 155 tiré par des chevaux, Somme 1916



Feuchy (62) – Tracteur à vapeur Fowler embourbé



Tracteur à chenilles Holt et canon de 6 pouces (152).
Somme (?). © IWM (Q 10420)



Canon de 155 et son tracteur, Suzanne, Somme
1916. Noter les cingolis contre la boue.

La Voie Sacrée

Camions à Bar-le-Duc

Borne

La Voie Sacrée



Premiers chars britanniques

La première photo officielle d'un tank (Mark 1) entrant en action à la bataille de Flers-Courcelette (Somme) le 15 septembre 1916. © IWM (Q 2488)



Char bloqué par un fossé à la bataille de Cambrai
© IWM (Q 6432)



Le chien mascotte servait aussi à repérer les émanations de gaz d'échappement © IWM (Q 7276)

L'Artillerie spéciale, précurseur de l'Arme blindée et cavalerie



Char Saint-Chamond (Juillet 1917)

Char Schneider (Musée des Blindés de Saumur). Engagé pour la première fois le 16 avril 1917 à Berry-au-Bac.

Chars Renault FT et soldats américains en Argonne (26 septembre 1918).

Le premier char moderne.

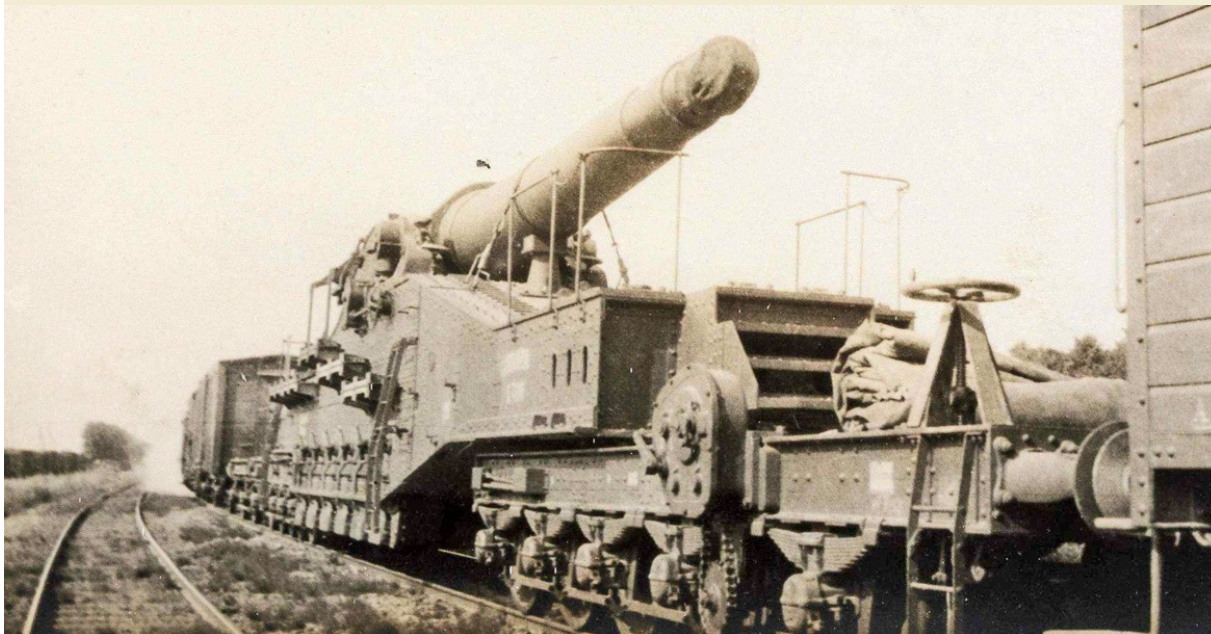


Artillerie sur voie ferrée

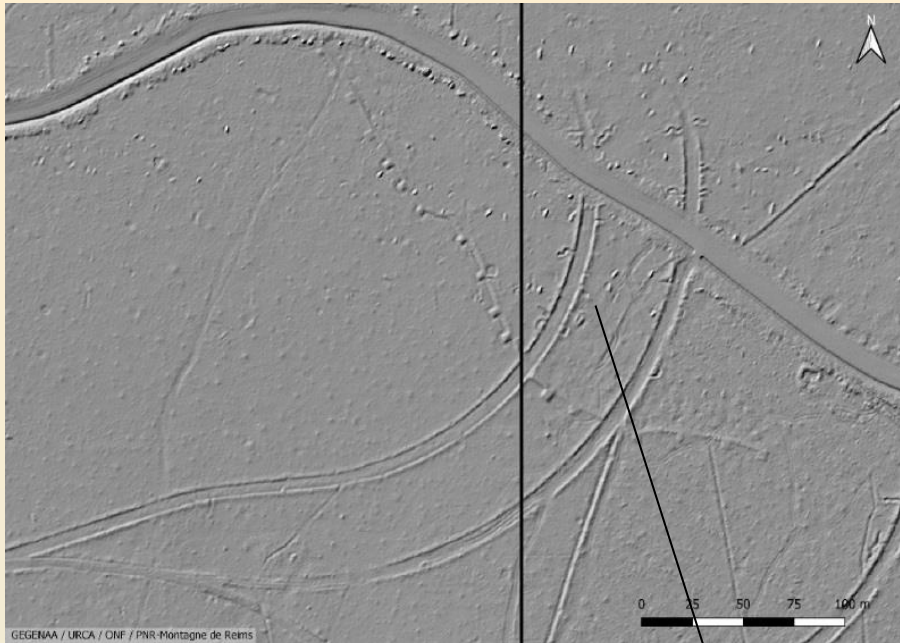
Train blindé à Saint-Pol (62), 23 mai 1915.

Peu utilisé sur le front de l'Ouest.

Artillerie Lourde à Grande Portée

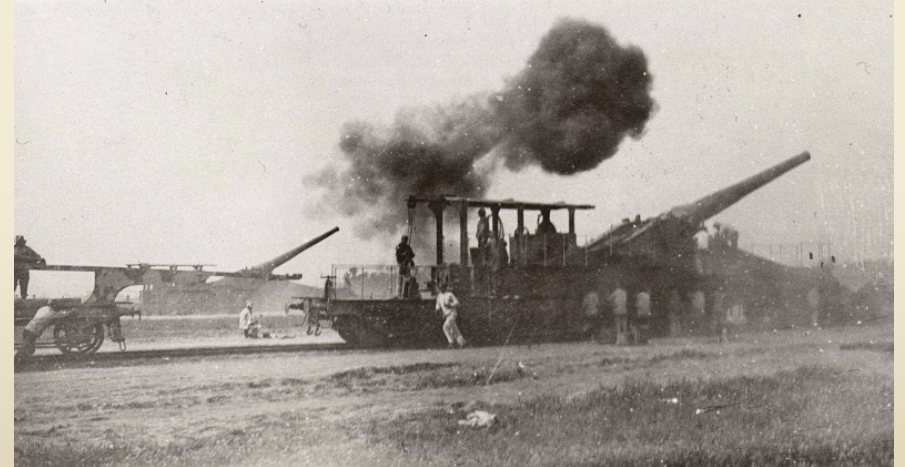


Les épis de tir de l'ALVF par lidar



Tir de nuit d'une pièce de 320. L'illustration n° 3911

Pièces de 270 à Morcourt (Somme)
9 août 1916



Epis de tir dans la montagne de Reims, détail lidar et carte IGN
R. Perarnau, GEGENAA, 2019.



Débuts de l'usage du mazout dans la marine

Un des principaux usages de la marine britannique pour le pétrole est de le pulvériser sur le charbon, en particulier sur le charbon indien abondant mais de faible qualité, afin qu'il brûle à plus haute température. Le pétrole est également comparativement plus propre, plus facile à charger dans les chaudières et la régulation du débit de carburant est beaucoup plus précise.



Le processus laborieux de ravitaillement en charbon maintient jusqu'à un quart de la flotte occupée à tout moment - tandis que le ravitaillement en liquide est naturellement plus rapide, et peut être accompli en mer

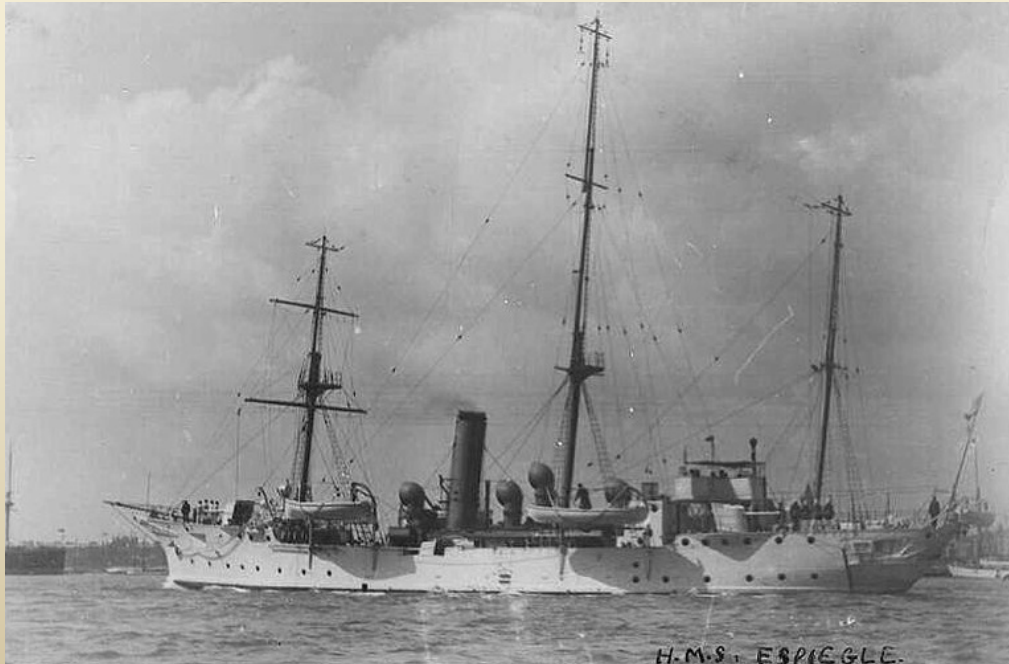
Chauffeurs sur un vapeur, vers 1910. Température de 50° à 70° C

De la voile à la vapeur



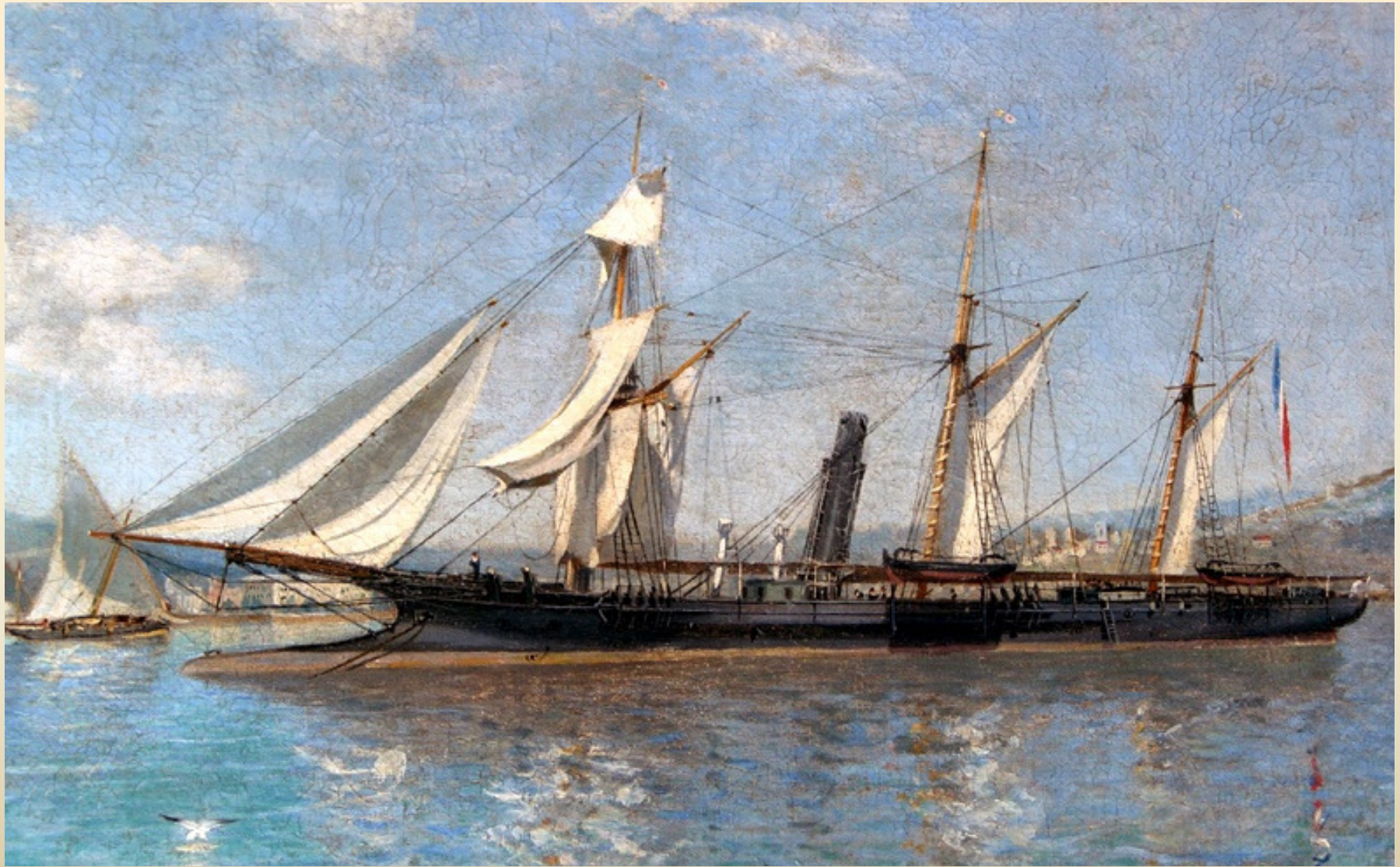
Goélette à quatre mâts gravée par un soldat américain de la *Yankee Division* dans une « creute » de l'Aisne. La multiplication des mâts (jusqu'à 7) est une tentative infructueuse de réponse à l'apparition de la vapeur.

Photo Olivier Le Tinnier – Mémoire et fortifications



Le *sloop-of-war* *HMS Espiegle* (1900-1923), gréé en barque mais qui n'a jamais eu de voiles (machines à vapeur à triple expansion).

De la voile à la vapeur



Aviso « Le Renard » (1865-1885), par Emilio Ocón y Rivas

Pêcheurs, marins, et début de la surpêche en mer du Nord

Apparition de la vapeur vers 1880

Baisse d'activité pendant la guerre,
réquisition des chalutiers, reconstitution
des stocks

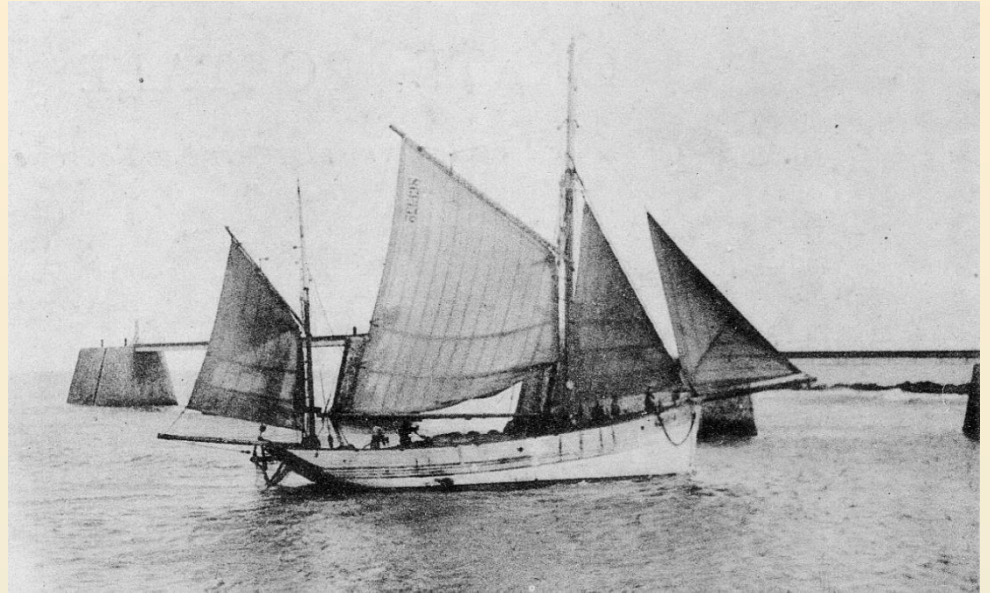
Reprise après la guerre :

- Flotte modernisée
- Navires plus grands et plus rapides
- Reconversion de petits bâtiments de guerre
- Recrutement d'anciens marins de la Navy, marins français inscrits maritimes
- Organisation des marchés

Source : Ingo Heidbrink (2018)

Dundee chalutier de l'île d'Yeu gréé en yawl.

Le TR 9, chalutier dragueur de mines à vapeur construit pour la Royal Navy en 1918 et converti en chalutier en 1926 sous le nom de Somersby.



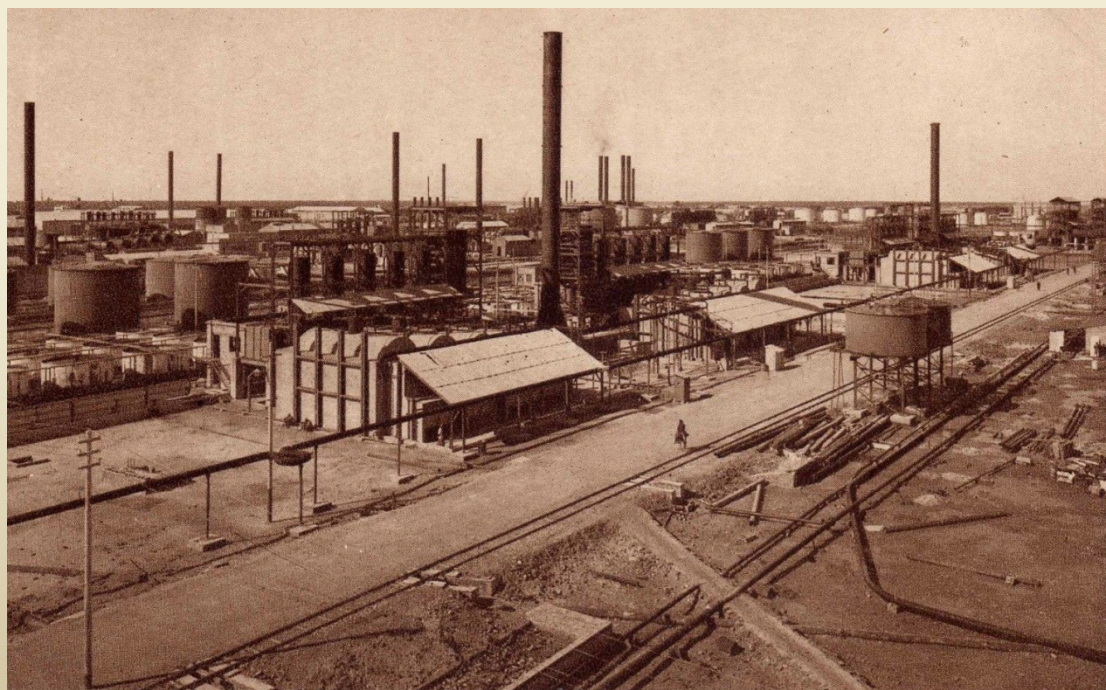
La Royal Navy passe au fioul

Le 24 octobre 1911, Churchill est nommé Premier Lord de l'Amirauté. Son conseiller l'ancien amiral Fisher, concepteur des *dreadnoughts*, le pousse à accélérer le passage de la propulsion au charbon à celle au fioul sur les bâtiments de la Royal Navy.

Pour assurer l'approvisionnement en pétrole, en 1912 le gouvernement britannique devient l'actionnaire principal de l'*Anglo-Persian Oil Company* (future BP)

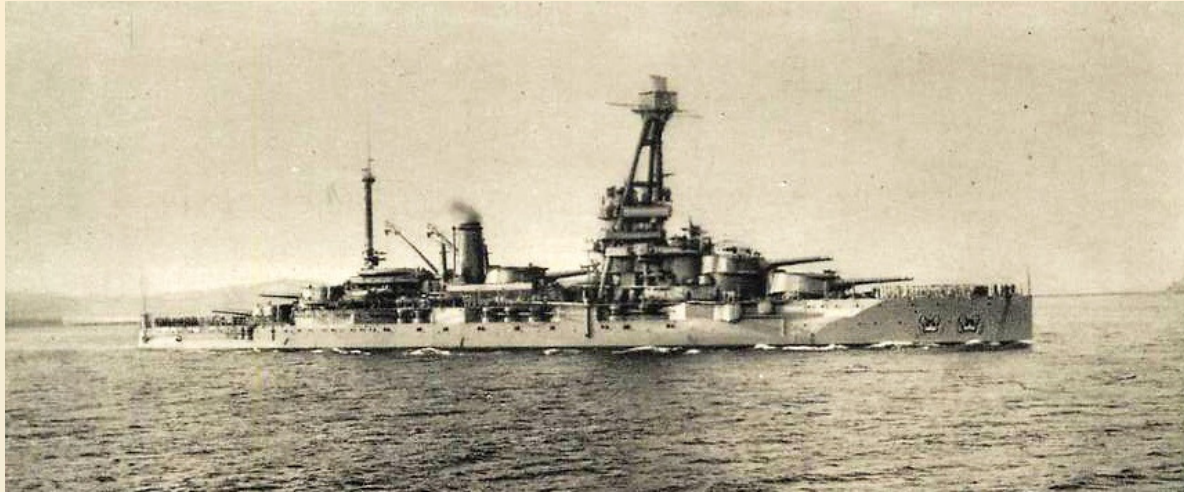
Le HMS Mars (1896-1920), machines à triple expansion, passé en partie au mazout dès 1908.

Raffinerie d'Abadan.

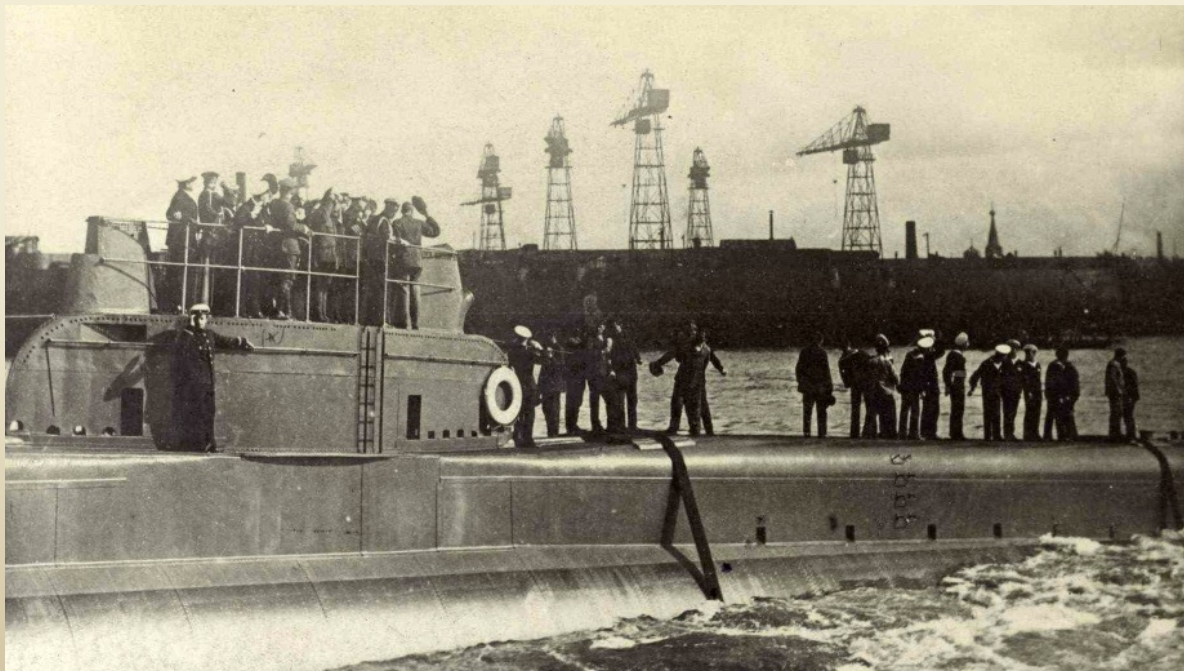


PORTION OF ABADAN REFINERY, ANGLO-PERSIAN OIL COMPANY

Hésitations françaises et sous-marins russes



Le cuirassé Provence, 1912-1942, partiellement passé au mazout en 1920. Tandis que les flottes étrangères ont entamé leur transition, la Marine nationale y rechigne, de crainte de voir le pays être tributaire de l' étranger pour le pétrole.



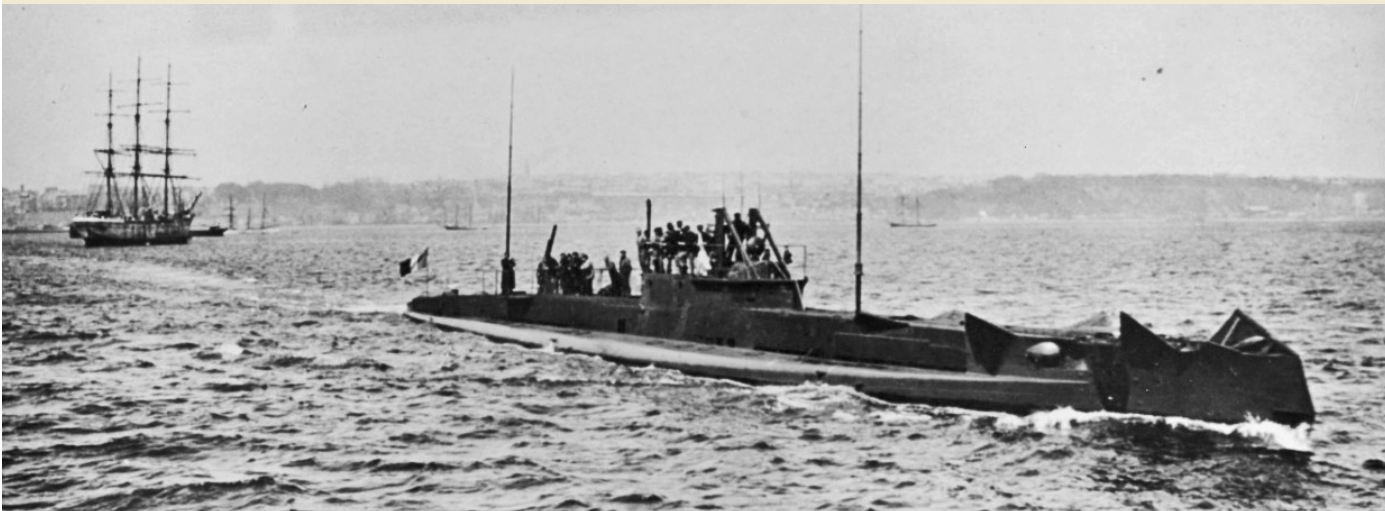
Grâce au pétrole de Bakou, la Russie peut développer les sous-marins.

Lancement du premier sous-marin construit sous le gouvernement Kerenski (sur la passerelle, x)

Utilisation du mazout sur les navires de faible tonnage



L'Algérien, torpilleur fabriqué au Japon (1917-1936). 4 chaudières à chauffe mixte.
102 t de charbon, 118 t de mazout.



Le sous-marin Daphné,
1915 – 1936
2 diesels Sulzer à 2
temps de 900 cv
2 moteurs électriques
de 700 cv

Les chevaliers du ciel

Charles Guynemer (1894-1917), septembre 1916

René Dousinelle, né à Maisons-Laffitte le 2 juin 1891

9 victoires homologuées

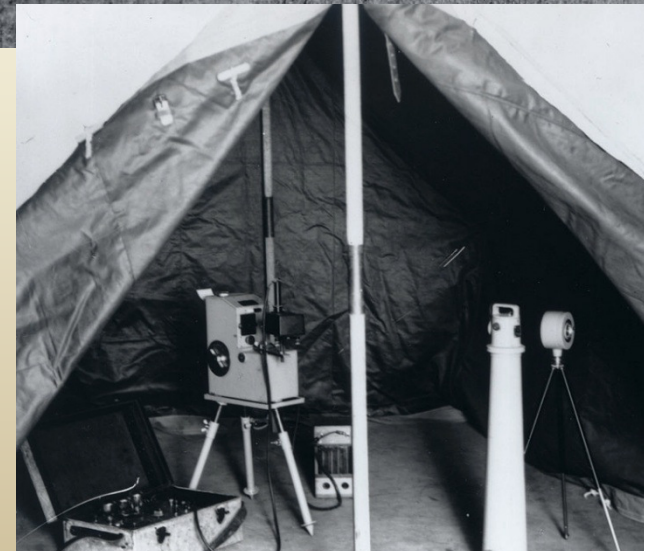
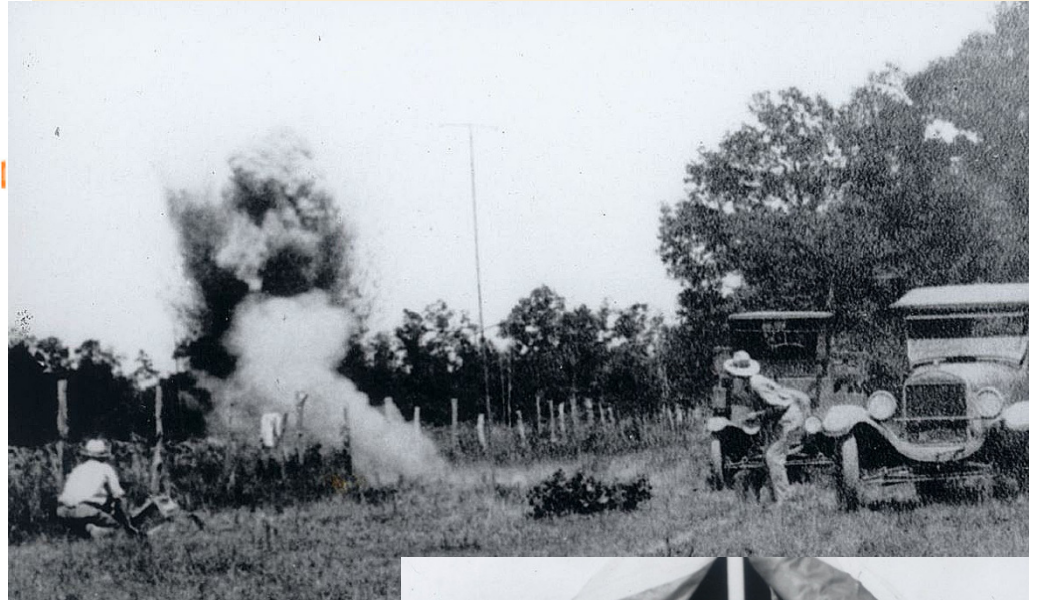
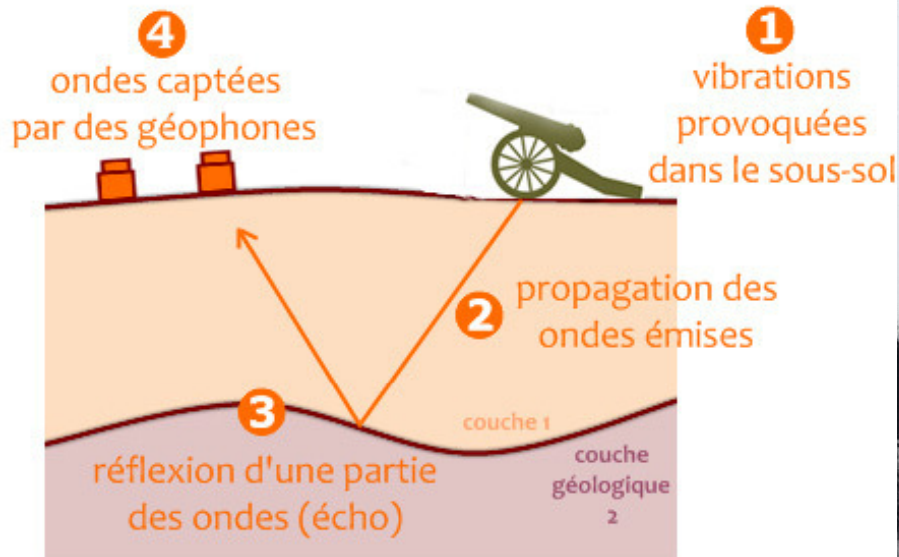
René Fonck après sa victoire du 8 mai 1918



http://albindenis.free.fr/Site_escadrille/escadrille048.htm

La sismique réflexion

Le premier usage de la sismique-réflexion fut pour la localisation des canons ennemis (John Clarence Karcher (Texas Instruments), Charles Maurain (fondateur de l'IPG), Ludger Mintrop, Georg Veith et Albin Belar). Elle devait ensuite jouer un rôle majeur dans la prospection pétrolière.

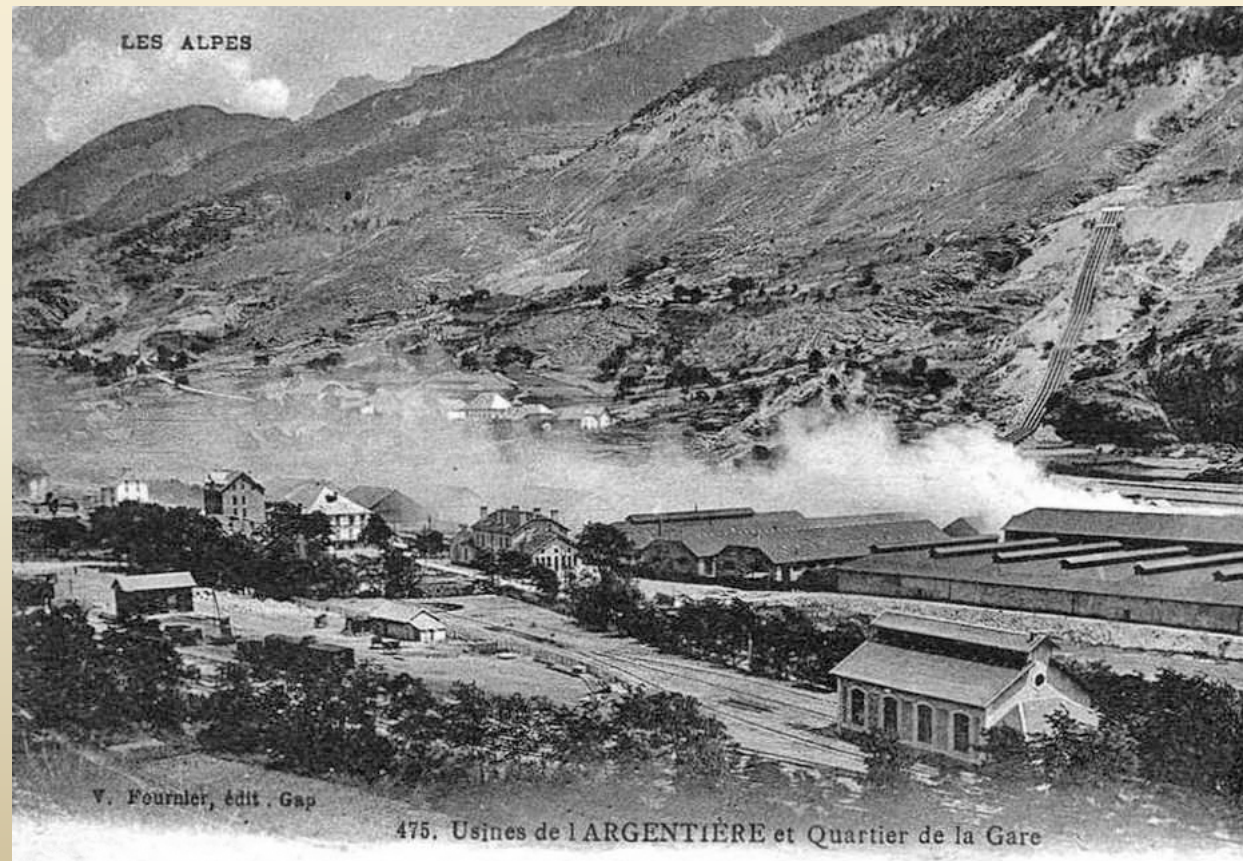


1. Principe
2. Le premier essai en Oklahoma le 24 juillet 1923
3. Le système Mintrop, sismographe et enregistrement par caméra

Développement de l'hydroélectricité

L'occupation des régions charbonnières françaises met en évidence la nécessité d'une politique d'indépendance énergétique : la puissance hydroélectrique installée progresse de 80% passant de 475 MW en 1914 à 852 MW en 1919 (25 700 en 2023)

En 1909, la centrale hydroélectrique de l'Argentière (Hautes-Alpes) est construite pour l'électrolyse de la bauxite pour produire de l'aluminium elle est à son inauguration en 1910 la plus puissante usine hydroélectrique d'Europe avec 52 MW.



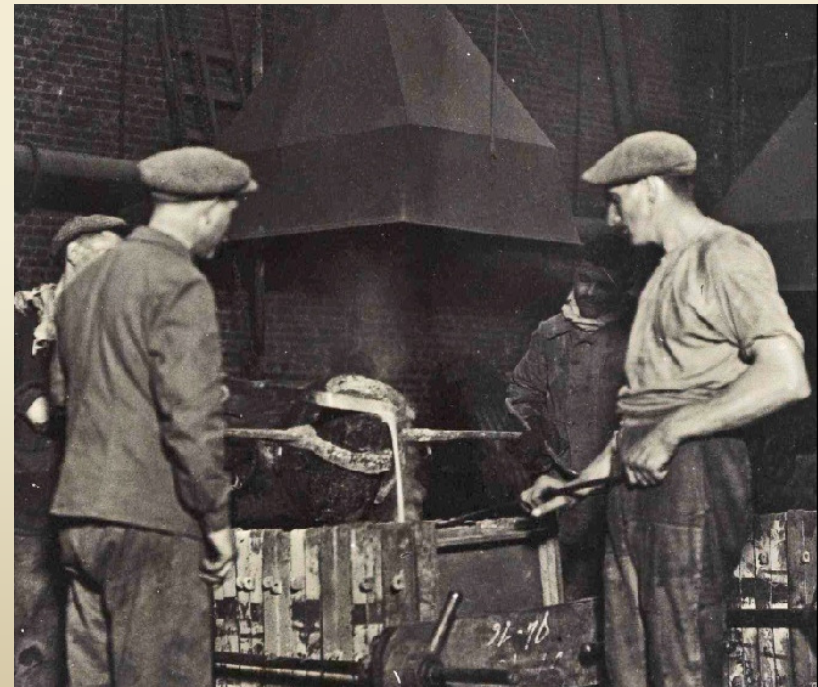
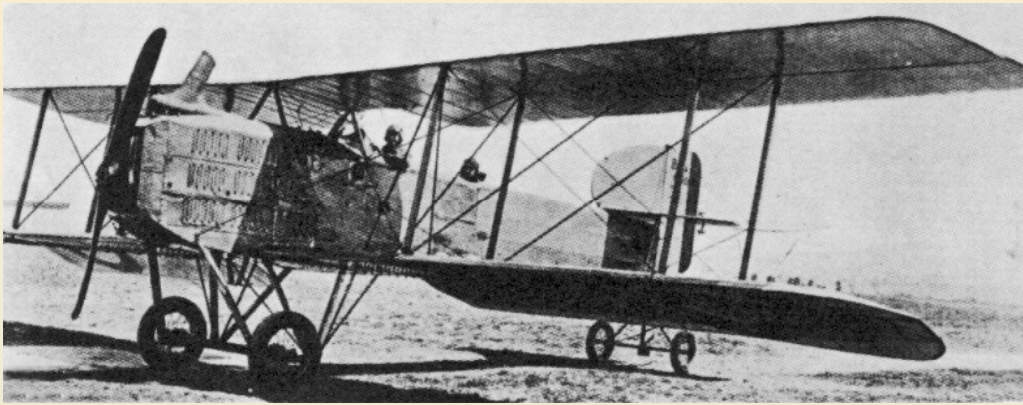
Développement de l'aluminium

Gamelle « Mess kit » gravée et couverts en aluminium Coll. National World War I Museum

Bréguet 14, structure en duralumin

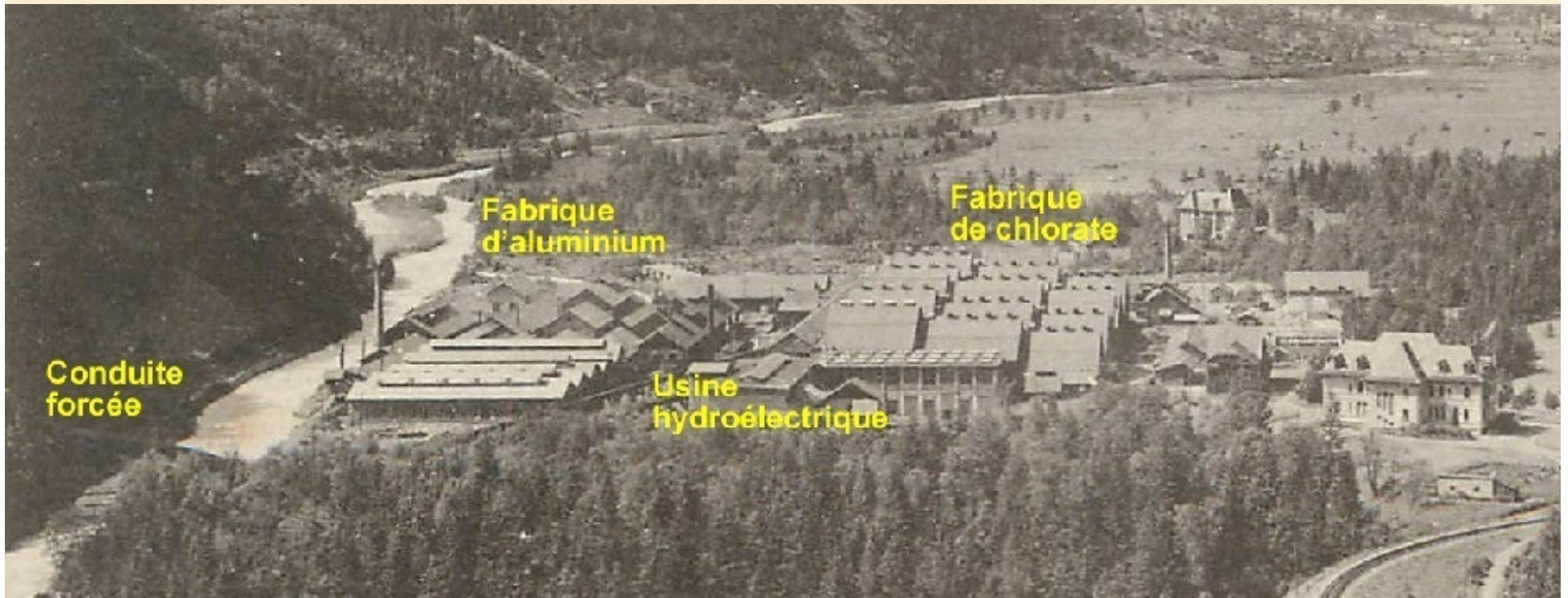
Débris du zeppelin L 44 abattu le 20 octobre 1917 à Saint-Clément (54)

Coulée d'aluminium aux usines Salmson à Billancourt



Electricité et explosifs

La Société des forces motrices de l'Arve (7 MW) a été fondée en 1895 pour fabriquer des dérivés chlorés par électrolyse. Elle s'orientera plus tard vers l'aluminium par le procédé d'électrolyse de Paul Héroult. Pendant la guerre, elle alimente l'usine de Chedde (Passy, Haute-Savoie) qui produit les cheddites (explosifs chloratés).



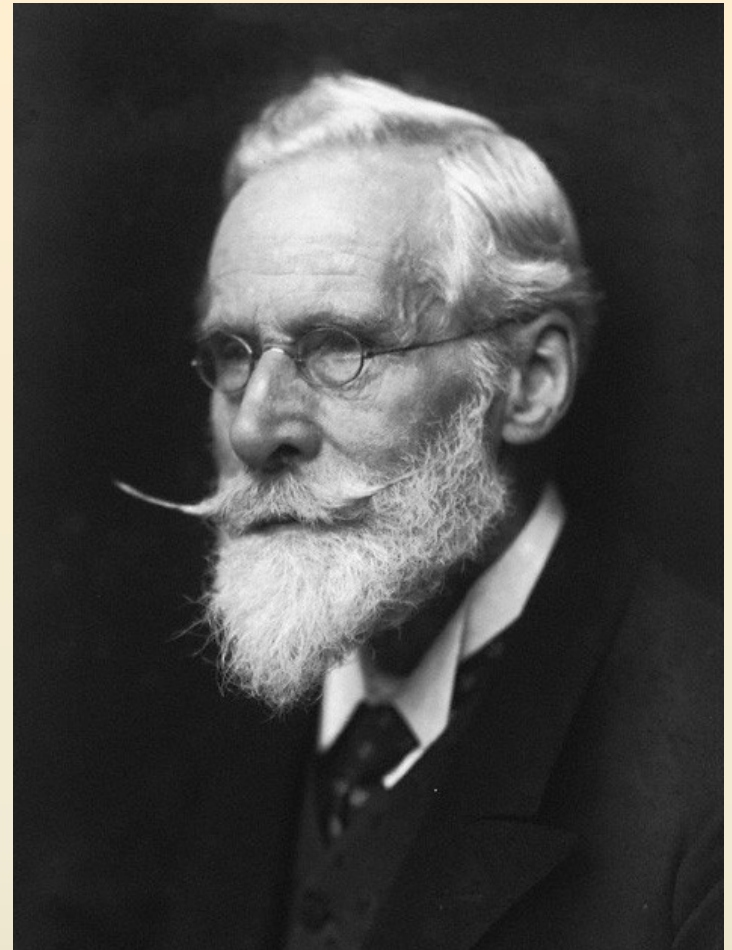
L'eau de l'Arve est captée en amont, puis dérivée via des conduites forcées vers l'usine et utilisée comme énergie mécanique ou comme énergie électrique

La synthèse de l'ammoniac

A la fin du XIX^e siècle, on s'inquiète de l'épuisement futur des nitrates du Chili.

En 1898, William Crookes, président de la *British Association for the Advancement of Science*, affirmait que la population mondiale, dépassant les capacités de production de la Terre, un cataclysme surviendrait avant 1931.

La solution fut la synthèse de l'ammoniac découverte pour laquelle Fritz Haber reçut le prix Nobel de chimie de 1919.



La synthèse de l'ammoniac permet la fabrication d'explosifs et d'engrais.

Pesticides (agricoles) et biocides (non agricoles)

Avant la Grande Guerre, on n'emploie que très peu de pesticides, et ils sont naturels :

- le soufre et le cuivre (bouillie bordelaise) comme fongicides (oïdium, mildiou);
- l'arsenic et le plomb comme insecticides.

On connaît quelques insecticides d'origine végétale

- les pyrèthrine;
- la nicotine (jus de tabac, depuis le XVI^e siècle);
- la roténone.

Ces insecticides sont peu utilisés.



Le désherbage se fait surtout à la main et la rotation des cultures favorise le contrôle des adventices. *Les sarcleuses* de Jules Breton, (1868)



Pyrèthre de Dalmatie

Le pyrèthre est utilisé dans les tranchées sous forme de beurre anti-poux et dans l'US Navy en pulvérisation contre mouches et moustiques à partir de 1917

Pesticides et biocides 39-45



Une des premières bombes insecticides utilisées par les Américains sur le front du Pacifique pour combattre le paludisme : pyrèthre, huile de sésame et fréon



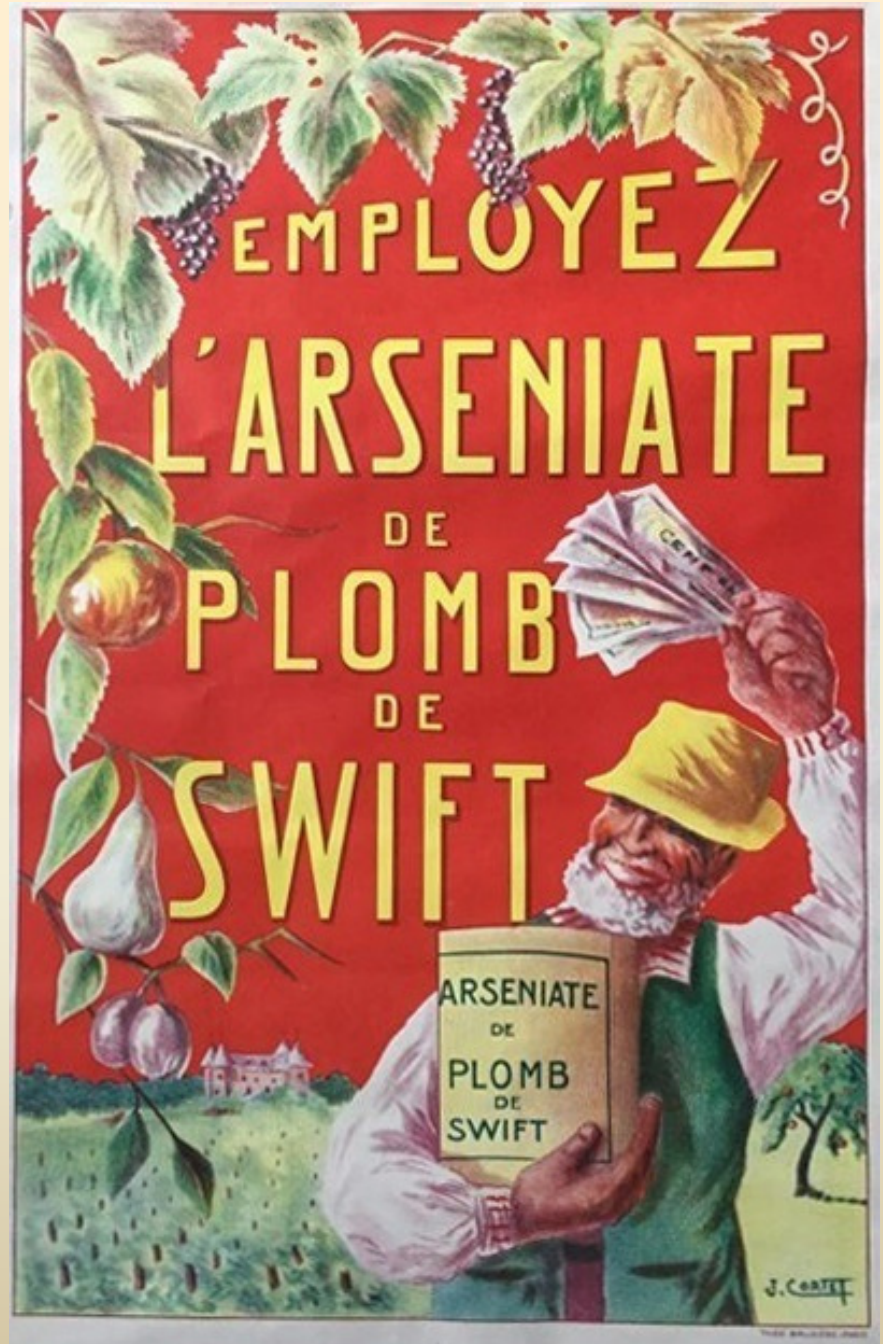
Le premier pesticide moderne, le DDT, est utilisé par les Américains en 1944 pour lutter contre la malaria des marais du sud de l'Italie, dont l'origine remonte aux ravages de la Deuxième Guerre punique (218-201 av. J.C).

Produits arséniqués

On connaît depuis 1860 un insecticide, l'acétoarsénite de cuivre, utilisé comme pigment par les peintres sous le nom de vert de Paris, également fongicide sur le mildiou de la pomme de terre.

Le doryphore apparaît en France en 1917, et la lutte entre les deux guerres fait appel aux pesticides arsenicaux (sels de cuivre et plomb).

L'industrie ayant massivement développé la production d'arsenic pour les armes chimiques lors de la Première Guerre mondiale, ces pesticides étaient relativement peu coûteux. Ils étaient également utilisés pour la vigne.



Un certain goût pour la viande



*Transport à dos
d'homme de quartiers
de bœuf*



En 1914, la ration journalière du soldat est composée de 700 g de pain ou 700 g de biscuit, 600 g de viande fraîche, congelée, ou en conserve, 100 g de légumes secs ou de riz, du sel, du poivre et du sucre, et 24 à 36 g de café torréfié... En France, « *c'est paradoxalement chez les combattants que la consommation de viande augmente le plus* » (Emmanuelle Cronier). Des paysans qui consommaient local et étaient végétariens sauf dimanches et fêtes prennent goût à la viande. Mais il ne faut pas surestimer ce fait : c'est après 1950 que la viande prendra définitivement son essor.

Progrès médicaux (pour mémoire)

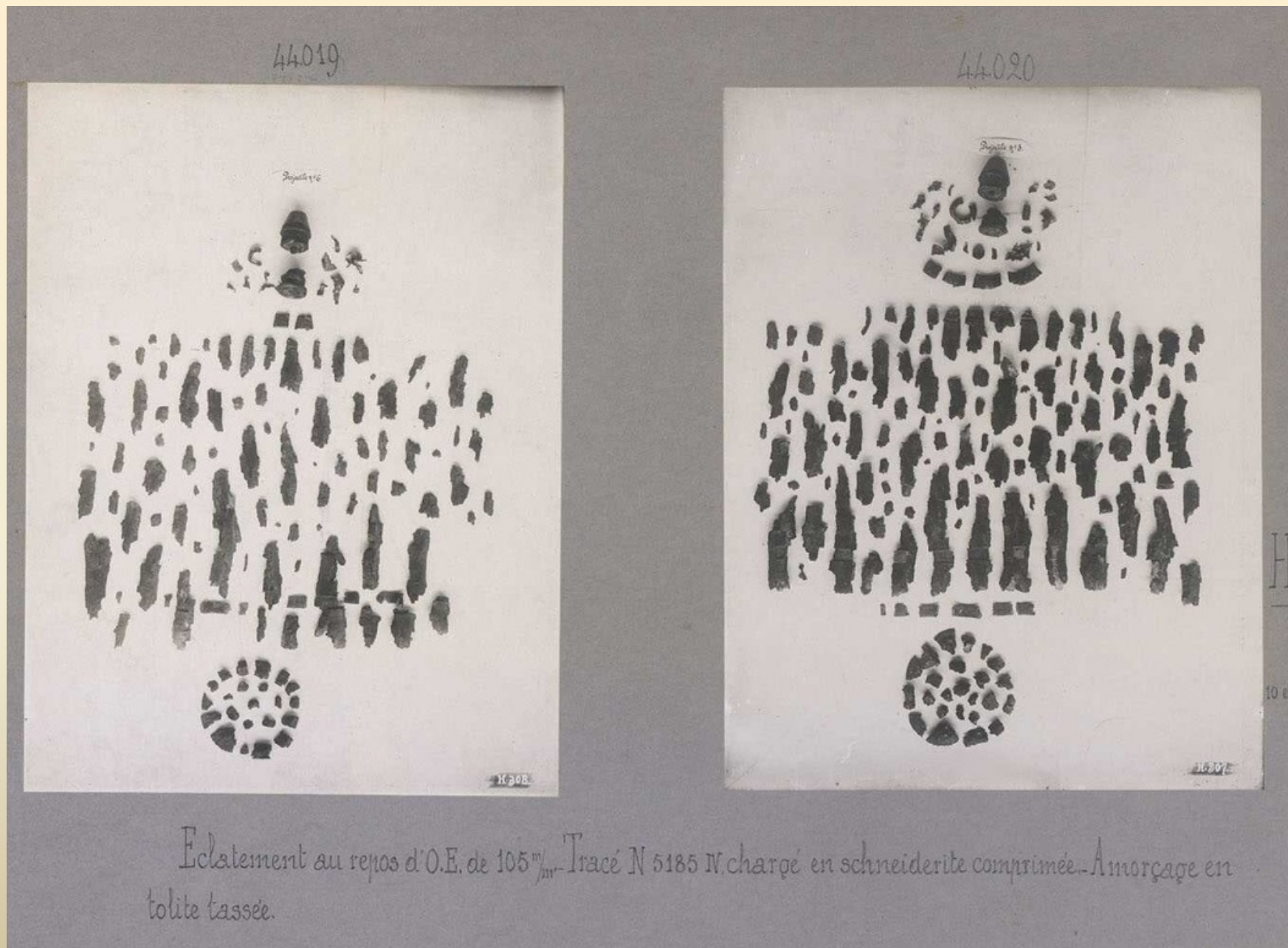
1. Un nouvel antiseptique : l'eau de Dakin (javel et permanganate)
2. La vaccination contre la typhoïde
3. La transfusion sanguine
4. La radiologie et "les petites Curie"
5. La médecine de reconstruction ou réparatrice
6. La médecine d'urgence (médecine de catastrophe)
7. Les thérapies psychiatriques (obusite, *shell shock* = *PTSD*, stress post-traumatique)
8. Verdunisation (chloration) de l'eau



Développement de la radiographie

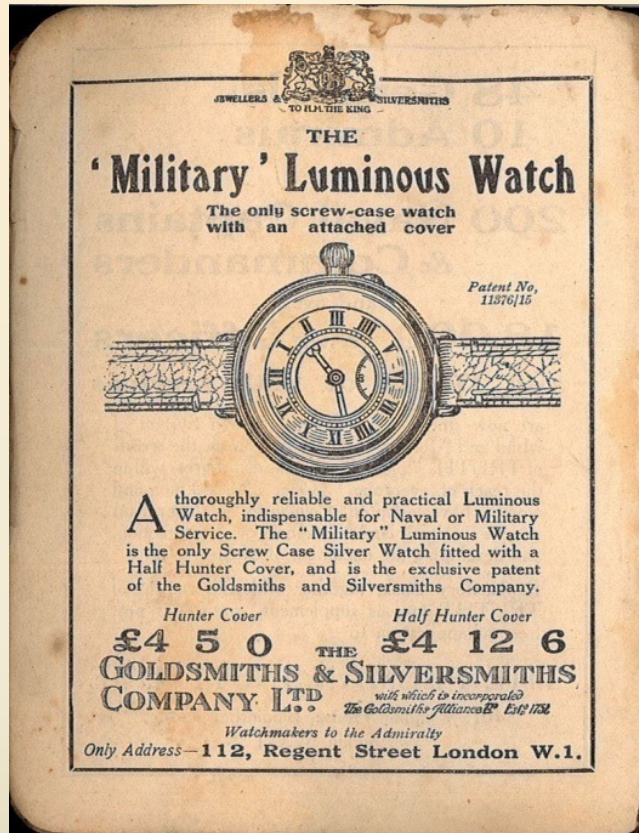


Eclats d'obus



Les errements du radium

William J. Hammer (assistant d'Edison) avait obtenu des sels de radium (découvert en 1898) des Curie. Il croyait à leurs pouvoirs de guérison notamment du cancer (1903). En 1914, "radioactif" était synonyme de vivifiant, sain et bénéfique : on mettait du radium partout.



Radium Girls dans une usine de cadrans lumineux au radium.

L'entrée en guerre des États-Unis, en 1917, a rendu très populaires les montres de tranchée à cadran lumineux. L'application de la peinture sur les aiguilles nécessitait de petites mains précises. 70 jeunes filles enthousiastes et patriotes ont été embauchées, pour un salaire élevé. Elles ont ingéré de petites quantités de peinture radioactive qui ont provoqué cancers des os et maladies du sang (procès des *Radium Girls* à partir de 1927, premier du genre).

La Première Guerre mondiale

Conséquences sur la faune et la flore



Sisyrinchium montanum, la Bermudienne des montagnes, apportée par les Américains en 1917

La recolonisation après les destructions sur la cote 108

Inertie dans la recolonisation, spontanée ou plantée due à

- l'absence de graines de plantes sauvages dans d'anciens sols agricoles;
- un sol crayeux fracturé drainant et peu fertile.



Sol nu favorisant le ruissellement et l'érosion, retardant la pédogenèse

Absence d'humus dans le sol

Horizons mélangés

30 t de métal à l'ha dans les 50 premiers cm. Arsenic et métaux lourds ont un impact sur la végétation.

Différence avec le Mort-Homme, où la forêt a été plantée sur d'anciennes terres agricoles plus riches et a prospéré.

Source : Gallet-Moron, Buridant, Chalumeau, 2019

La forêt du Hartmannswillerkopf, une recolonisation naturelle



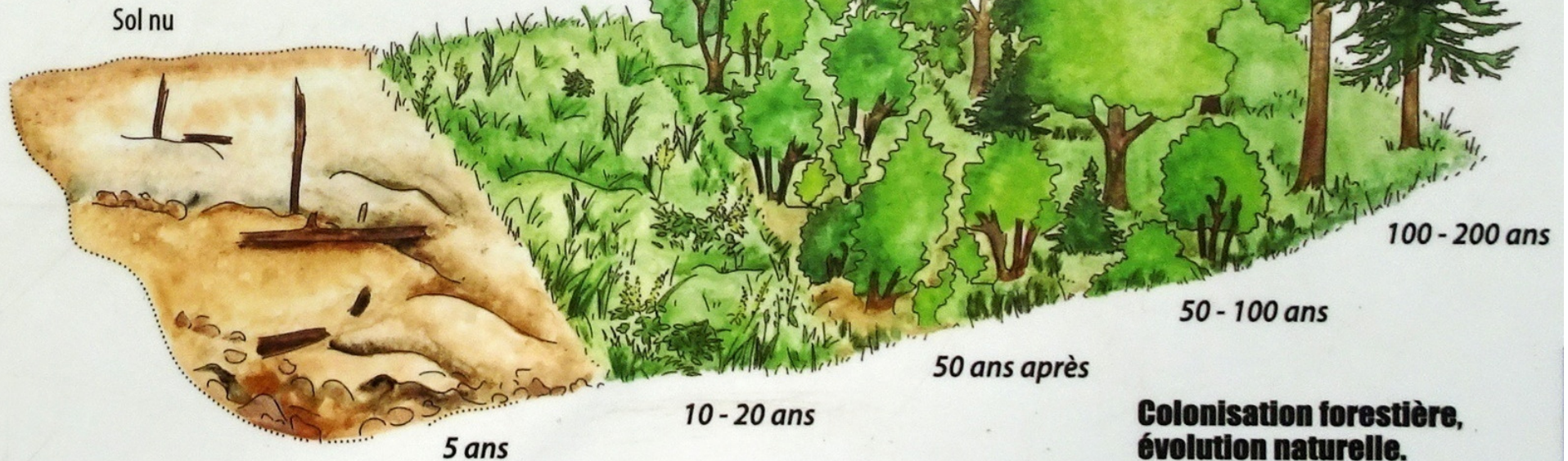
Forêt climacique
(hêtraie - sapinière)

Stade intermédiaire
à chênes, érables
et apparition de hêtres
et sapins

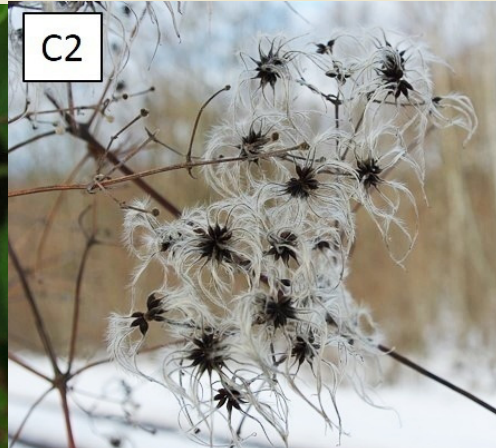
Fourrés de saules
et trembles

Pelouse à graminées
(plantes pionnières :
épilobes et graminées)

Sol nu



Botanique des tranchées de Seicheprey (54)



Les marnes et argiles ont été remontées pour former les parapets et parados et remplir les sacs à terre.

Cette pédoturbation localisée a favorisé des espèces particulières : l'érable champêtre (A), le troëne (B1 et B2) et la clématite (C1 et C2), quasi absents dans le reste de la forêt.

Écologie des entonnoirs

Le sol a été recolonisé par une flore spécifique des milieux humides et une faune liée à ces milieux : Anax empereur, Triton alpestre...

Ouvrage de Froideterre (Verdun)



Plantes obsidionales : les châtaigniers de La Chapelotte



Photo François Vernier

Le châtaignier a été apporté sur le versant alsacien des Vosges par les Romains. Sur le versant lorrain il a été apporté par les militaires corses du 373^e Régiment d'Infanterie qui ont combattu au col de La Chapelotte.



L'Ambrosie a été introduite plusieurs fois à partir de 1863 (Fumanal, 2006), et pendant la Grande Guerre avec des chevaux et du fourrage apportés par les Américains en 1917. Elle a été observée dans de nombreux ports de la côte Atlantique ainsi que dans les nombreux camps américains à l'intérieur des terres comme Is-sur-Tille en Bourgogne (Chauvel *et al.*, 2006).

L'Ambrosie à feuilles d'armoïse



Arrivée d'une division américaine à Méry (Oise) 8 avril 1918



Le mémorial et la cheminée d'Is-sur-Tille.
Source : <https://www.bourgogne-tourisme.com/>

Plantes obsidionales visibles à Maisons-Laffitte

Le Séneçon du Cap (*Senecio inaequidens*) a été introduit par les troupes sud-africaines dans le Pas-de-Calais, et l'Anthurus d'Archer (*Clathrus archeri*) a été introduit dans les Vosges par les troupes de l'ANZAC.

D'autres introductions ont suivi, avec des peaux de mouton d'Afrique du Sud et de Nouvelle-Zélande.



Les débuts de la protection de la faune

Avant la Grande Guerre, la principale préoccupation des protecteurs des oiseaux est la plumasserie. Pendant la guerre, les oiseaux souffrent du mazout et de la collecte des œufs devenus une importante source de protéines

En 1922 est fondé l' *International Committee for Bird Preservation (ICBP)* première véritable organisation internationale de protection.



Johann Hamza, *Les plumassières*, 1902.

Ramasseurs d'œufs à Bempton Cliffs (Yorkshire)



Conclusion : les guerres, la société et l'environnement

Pendant des siècles, les guerres n'ont fait que mobiliser les ressources humaines et animales, et les destructions ont surtout concerné les villes.

La Grande Guerre a été la première guerre « moderne », au sens où elle a été industrielle, ce qui s'est traduit par la mobilisation des ressources énergétiques en plus des ressources humaines, et la dégradation des paysages du champ de bataille sur des dizaines de milliers de km².

On peut y voir, du point de vue environnemental, le moment d'une transition écologique « à l'envers », des énergies renouvelables aux énergies fossiles (charbon, pétrole) et des ressources naturelles à la chimie (nitrates), et l'apparition de nouvelles sources de pollution. On lui doit toutefois le début de l'hydroélectricité.

Elle a relativement peu consommé de combustibles fossiles mais elle a dissipé une énergie extrême : plus de 150 millions de m³ de sol ont été remués pour faire des tranchées et des abris, et 1 milliard d'obus (environ une mégatonne de TNT) ont été tirés, ce qui explique que les dégâts soient encore visibles aujourd'hui.

Hommage aux combattants...



Cérémonie du 11 novembre 2018 au cimetière de Maisons-Laffitte

Projection du film

Conséquences écologiques des conflits

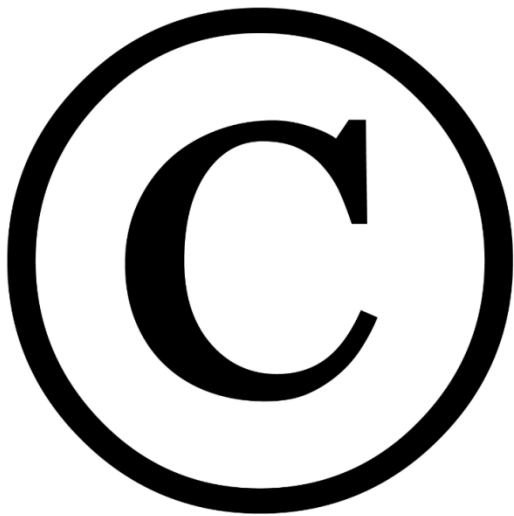
Le cas de la Grande Guerre

**CONSÉQUENCES
ÉCOLOGIQUES
DES CONFLITS**

LE CAS DE LA GRANDE GUERRE

Les guerres récentes ou en cours et la préparation des prochaines

Compte tenu des droits réservés sur les photos des conflits récents, notamment celles des agences de presse, cette partie ne donnera pas lieu à publication et diffusion.



Rappel

Le droit français ne reconnaît pas le *copyright* des Anglo-Saxons mais (sauf exceptions)

- le droit à l'image des personnes représentées;
- le droit d'auteur du photographe.

Annexe : Commission du droit international (ONU)

Proposition de principes de protection de l'environnement dans le cadre des conflits armés (2019)

Protéger l'environnement dans le cadre des conflits.

Délimiter et respecter des zones protégées.

Protéger l'environnement des populations indigènes.

Inclure l'environnement dans les accords sur la présence des armées sur un territoire (mesures préventives, évaluation d'impact, restauration et nettoyage).

Atténuer la dégradation dans les zones où se trouvent des personnes déplacées.

Responsabilité des Etats.

Responsabilité des entreprises.

Clause de Martens pour les cas non prévus (les populations et les belligérants restent sous la sauvegarde et sous l'empire des principes du droit des gens, tels qu'ils résultent des usages établis entre nations civilisées, des lois de l'humanité et des exigences de la conscience publique)

Prohibition du pillage des ressources naturelles.

Pas de techniques de modification environnementale dévastatrices ou irréversibles.

Un Etat occupant doit respecter l'environnement du pays occupé et sa législation

Un Etat occupant doit faire un usage durable des ressources locales.

Les accords de paix doivent prévoir la restauration de l'environnement dévasté.

Les dommages doivent être compensés.

Les restes de munitions toxiques ou dangereuses doivent être enlevés.

Convention ENMOD (1977) interdit l'utilisation de l'environnement à titre de moyen de combat. Non signée par le France

Crédits non cités dans le texte

Les images sont principalement de l'auteur ou issues de banques de données en autorisant l'utilisation non commerciale : La Contemporaine (ex. BDIC), *Google Maps*, *Imperial War Museum*, *Library of Congress* (domaine public), *Wikimedia Commons*.

Proportions du mix énergétique d'après Males *et al.*, 2007 (simplifié)

Sont particulièrement remerciés :

- Les auteurs du livre *14-18 – La Terre et le Feu – Géologie et géologues sur le front occidental* (F. Bergerat dir., 2018)
 - Edouard Heisch
 - Jean-Paul Deroin
 - Olivier Le Tinnier www.memoire-et-fortifications.fr
 - Annibale Mottane e Pietro Nastasi (Colloque *In guerra con le aquile*, Trente, 17-20 septembre 2015)
 - Les participants au programme Impact 14-18 et tout particulièrement Alain Devos et Pierre Taborrelli
-
- Tony Pollard (2021) *These spots of excavation tell: using early visitor accounts to map the missing graves of Waterloo*, *Journal of Conflict Archaeology*, 16:2, 75-113, DOI: [10.1080/15740773.2021.2051895](https://doi.org/10.1080/15740773.2021.2051895)