



*Guide pédagogique
Musée des mines de fer de NEUFCHEF
à destination des enseignants de
Sciences de la Vie et de la Terre
Physique-Chimie
Histoire-Géographie*

Introduction

Venir avec une classe au musée des mines de fer doit être considéré comme une sortie sur le terrain. Il s'agit de montrer la réalité d'une roche sédimentaire, qui a été exploitée, dans son contexte géologique actuel. C'est aussi l'occasion de rechercher, à différentes échelles de temps, des explications sur l'origine de cette roche, comme sur le paysage d'aujourd'hui.

Les deux siècles d'exploitation, qui seront parfaitement illustrés lors de la visite, sont l'opportunité de toucher aux enjeux contemporains de la planète que ce soit pour la gestion d'une ressource (le fer), les conséquences de l'exploitation et donc l'environnement et le développement durable. La « minette » de Lorraine, petit nom, évocation de sa faible teneur en fer, n'est plus aujourd'hui un minerai exploitable. Ce sera aussi une occasion de revenir sur une période de l'histoire de France qui a marqué la Lorraine.

Suffisamment préparée et exploitée, cette visite sera un moyen pertinent de faire les liens entre réel et virtuel, comme entre aujourd'hui et hier. Il faudra régulièrement poser la question de ce qui est concret et ce qui résulte d'une construction technique ou intellectuelle humaine. La visite de vraies galeries de mine permet de comprendre au-delà d'une visite 3D quelles étaient les conditions d'exploitation de cette ressource.

Parmi les questionnements possibles, il est intéressant d'aborder les conditions de vie de la population ouvrière dans une période difficile ayant connu trois guerres importantes.

Ce guide va aborder toutes les notions accessibles lors d'une visite, avec les éléments qui permettront à l'enseignant de répondre aux objectifs choisis et ainsi de préparer sa visite, puis de mieux l'exploiter dans sa progression pédagogique.

Le musée des mines de fer de Neufchef

Le musée des mines de fer de Neufchef se situe en Moselle, à la sortie de la ville d'Hayange (57700). Il a ouvert ses portes en 1991, suite à la volonté d'anciens mineurs de fer de ne pas voir disparaître un métier et un patrimoine vieux de 120 ans dans la Lorraine industrielle.

Pour préserver ce patrimoine une association (AMOMFERLOR) de bénévoles s'est créée. Avec le soutien de l'Europe, l'état, la Région Lorraine et 103 communes de Lorraine, la restauration d'anciennes galeries de mines de fer et la création d'un musée ont été entrepris.

Aujourd'hui, il existe un parcours de 700 mètres de galeries sécurisées ouvertes au public 300 jours par an et un musée qui possède le label Musée de France, faisant de lui, un musée reconnu par l'Etat Français avec des collections uniques en France protégées et inaliénables.

600 000 visiteurs ont déjà eu la chance et l'opportunité d'entrer dans une galerie de mine à flanc de coteau et de bénéficier d'une visite guidée. Ils ont pu découvrir 3 salles d'exposition, portant sur la genèse du minerai de fer, sa transformation dans la sidérurgie, les différents métiers du mineur et la vie sociale et familiale des mineurs de fer.

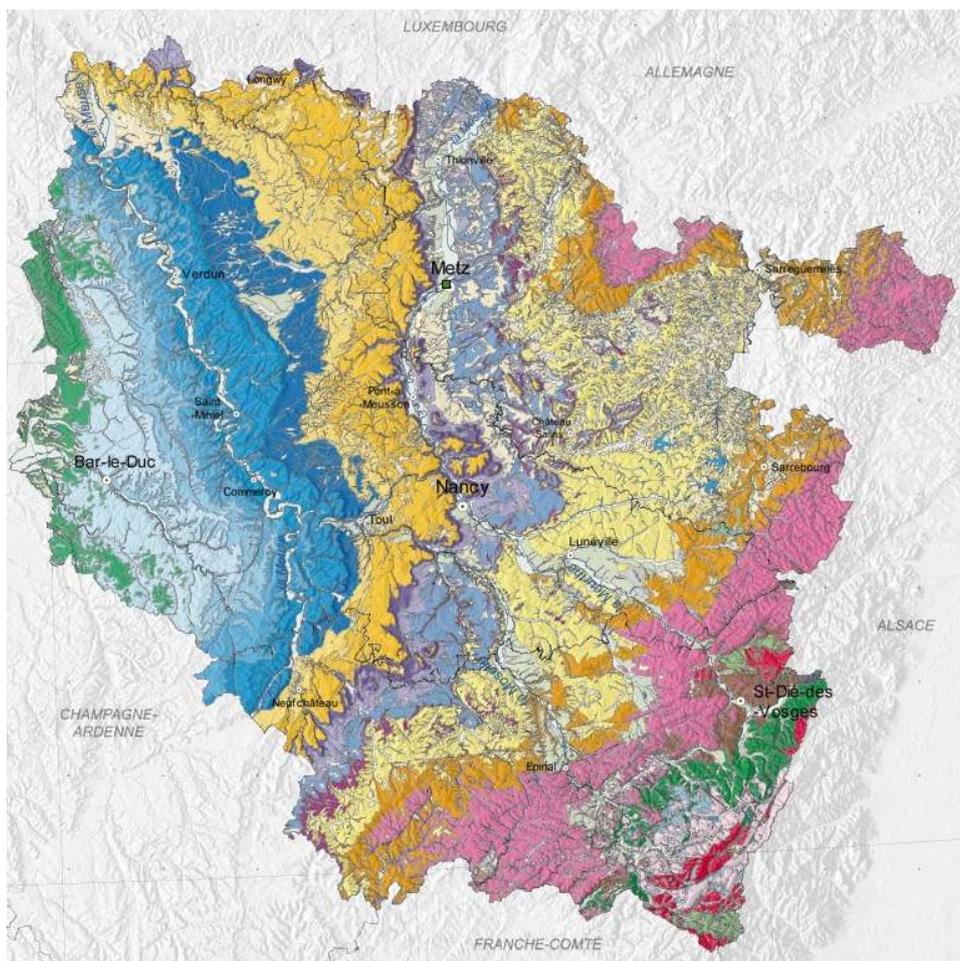


Figure 1 - Carte géologique de la Lorraine

<https://www4.ac-nancy-metz.fr/base-geol/>

Table des matières

Introduction.....	1
Le musée des mines de fer de Neufchef	2
Partie 1 : Un paysage sédimentaire.....	4
Approche géographique.....	5
Analyse du paysage	6
Propriétés des roches et paysage.....	7
Erosion, transport et sédimentation dans une rivière	8
Partie 2 : La géologie d'une roche sédimentaire.....	9
Lecture de la carte géologique	9
Observation d'un affleurement.....	10
Observation de la roche à différentes échelles.....	11
Datation des couches (stratigraphie)	12
Conditions de formation de la roche (faciès)	14
Partie 3 : L'exploitation du minerai de fer en Lorraine des origines à nos jours	17
Des origines à 1870	17
1870-1914 : L'expansion	18
1914-1945 : D'une Guerre à l'autre	20
1945-1963 : Mécanisation et expansion	21
1963-1997 : Crise et déclin.....	22
Partie 4 : Les étapes de la production de l'acier	25
Quelques définitions des produits fabriqués en fonction de la teneur du fer en carbone.....	25
Des matières premières à l'acier liquide : deux filières	25
De l'acier liquide aux demi-produits	26
Des demi-produits aux produits finis	26
Partie 5 : L'histoire humaine du bassin ferrifère.....	28
L'accueil de la main d'œuvre.....	28
Le développement des cités minières.....	28
Les conflits sociaux	29
Partie 6 : Et après l'exploitation ?	31
Les eaux d'exhaure.....	31
Les affaissements miniers	33
Partie 7 : Le cycle du fer	37
CONCLUSION	37
Annexe 1 : l'évolution des technologies et des méthodes de travail dans les mines Lorraine.....	38
Annexe 2 : petit rappel d'histoire.....	39

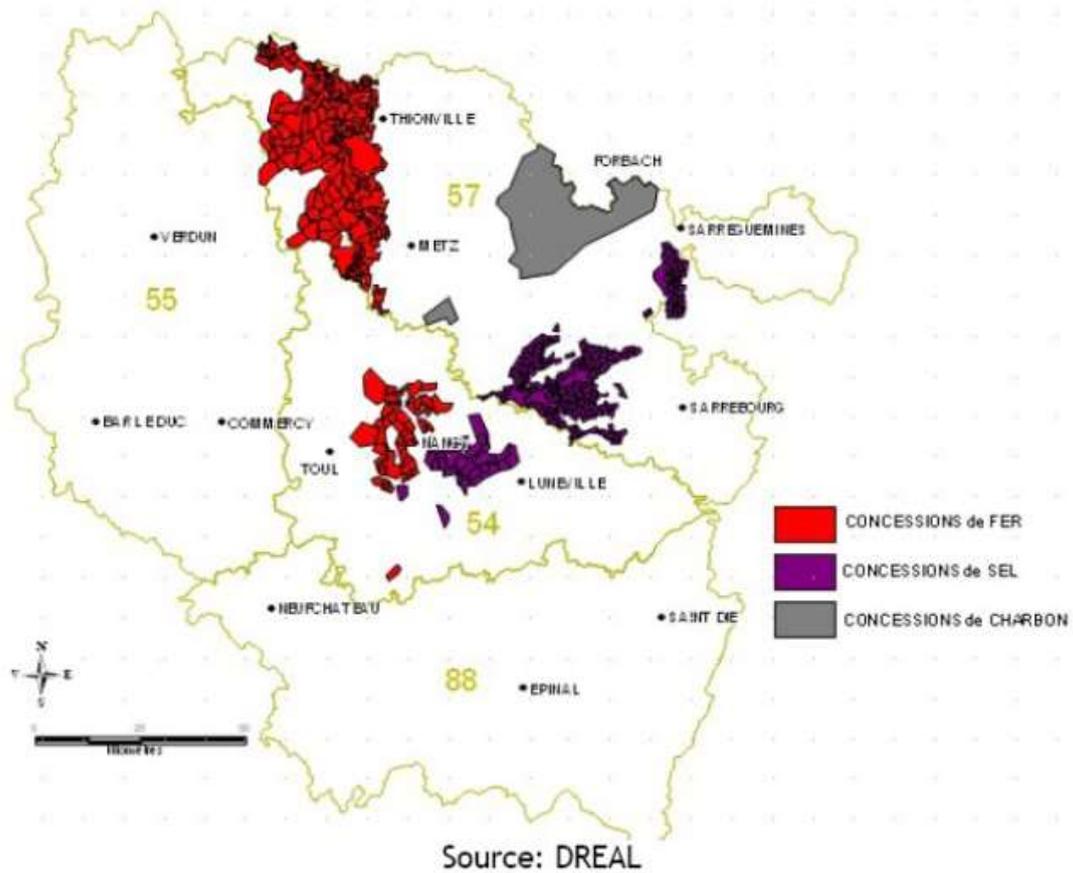


Figure 3 - Les principaux bassins d'exploitation minière en Lorraine

<http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/les-ressources-carrieres-et-mines-a12468.html>

Approche géographique

Le premier réflexe avant de venir au musée c'est de regarder les images satellites.

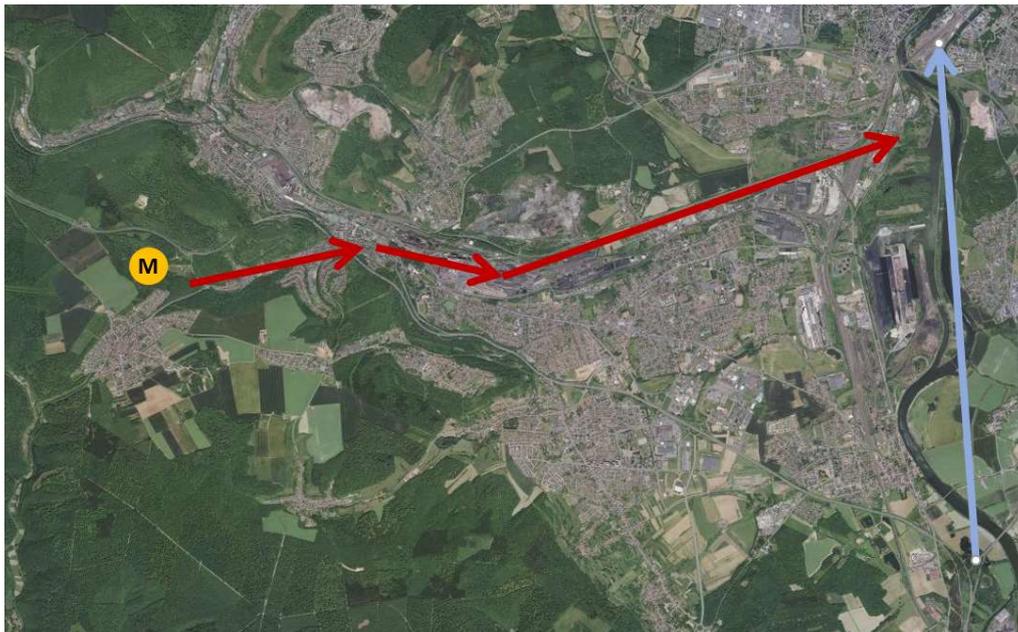


Figure 4 - Vue satellitale de Neufchef

Entre le musée (point jaune) et la Moselle (flèche bleue) nous avons la vallée sidérurgique de la Fensch. Elle commence au bas de la côte de Moselle par la mine, puis se succédaient les hauts-fourneaux, les aciéries, les laminoirs et autres usines de production d'aciers spéciaux. Le port de Thionville-Illange sur la Moselle qui contribue aux transports en est un élément essentiel car en lien direct avec les ports d'Anvers et de Rotterdam. Aujourd'hui, il n'y a plus de hauts fourneaux ni d'aciéries.

Cette succession « industrielle » est une sorte de fil rouge qui justifie l'exploitation du minerai de fer dans cette vallée de la Fensch, comme dans la vallée voisine de l'Orne. Sa matérialisation par d'importants tuyaux de récupération des gaz de hauts-fourneaux, pour alimenter la centrale thermique de Richemont en bordure de la Moselle, a disparu avec l'exploitation des hauts fourneaux.

Analyse du paysage



Figure 5 - Côte de Moselle

Lorsque l'on s'approche du musée en suivant la vallée de la Moselle, on distingue facilement le relief de côte. Des roches plus dures (calcaires) ont été mises en relief par l'érosion et des roches plus tendres (marnes) forment le bas des talus.

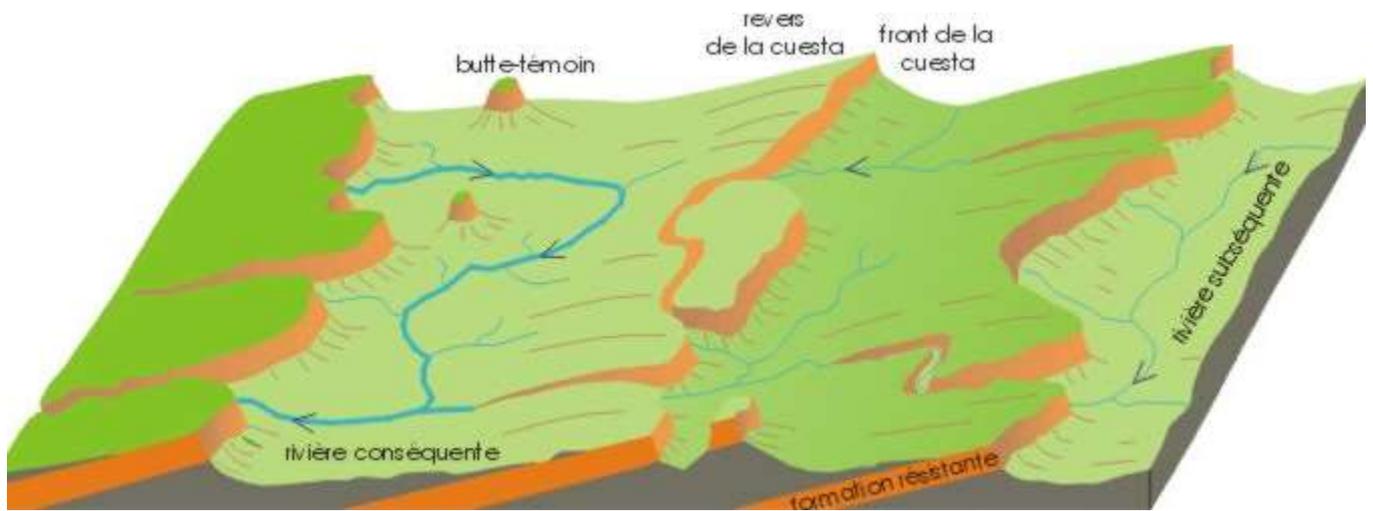


Figure 6 - Schéma d'un relief de côte

<http://www.vinsvignesvignerons.com/Geologie/Geologie-de-la-France/Histoire-geologique-du-Bassin-parisien>

La Moselle, rivière subséquente et la Fensch, rivière conséquente expliquent la forme du relief.

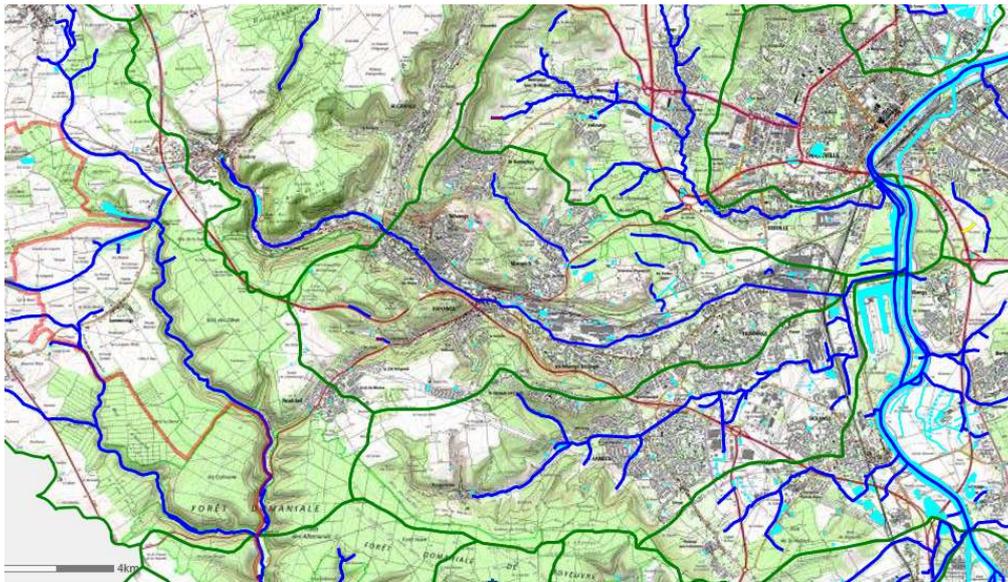


Figure 7 - Réseau hydrographique de la Fensch

http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=Scan25_eau&service=DDT_57

Le réseau hydrographique de la vallée de la Fensch montre comment le paysage évolue par une érosion progressive de la côte et le creusement de vallées qui se rejoignent. Les sédiments érodés sont ensuite transportés vers la Moselle, puis vers la mer du Nord.

Propriétés des roches et paysage

La succession des roches qui se sont déposées pour former le bassin de Paris est une alternance de calcaires et de marnes. Les calcaires sont des roches dures et perméables qui sont ainsi mises en relief par l'érosion : ils forment les sommets des côtes successives. Les marnes sont des mélanges de calcaires et d'argiles qui les rend tendres et facilement érodables par l'eau : elles forment le bas des côtes.

L'érosion a pu agir de façon importante suite à l'existence d'un pendage faible apparu lors de l'orogénèse Alpine, mais aussi grâce à la rotondité de la Terre.

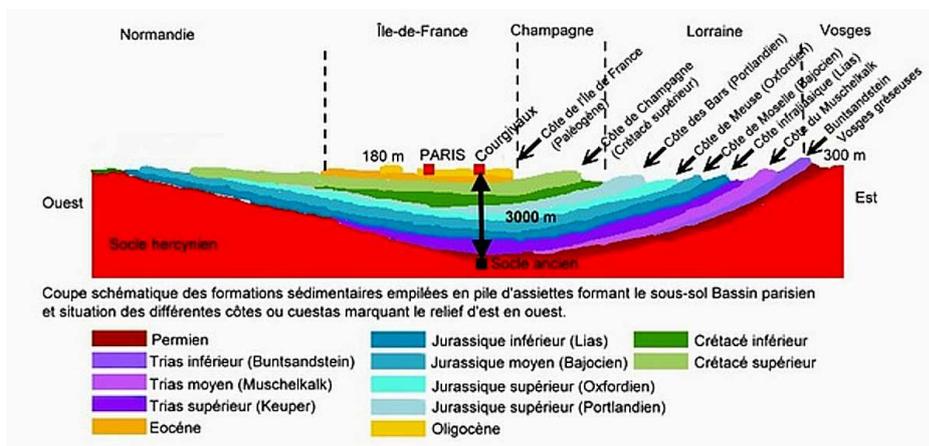


Figure 8 - Coupe géologique du Bassin de Paris

<http://www.vinsvignesvignerons.com/Geologie/Geologie-de-la-France/Histoire-geologique-du-Bassin-parisien>

Une coupe est-ouest du bassin de Paris illustre parfaitement cette structure en pile d'assiettes. Attention, nous sommes sur un schéma d'interprétation de la géologie avec une exagération des hauteurs, d'autant que la rotondité de la surface de la Terre aplatit l'ensemble.

Les plateaux des côtes sont souvent recouverts de forêts et les talus et bas de côtes sont souvent cultivés. Il faut bien voir que le plateau calcaire étant perméable, l'eau s'y infiltre et ressort au niveau des couches marneuses, offrant ainsi des zones facilement habitables par l'Homme. Les villes se sont développées dans les vallées.

Erosion, transport et sédimentation dans une rivière

Il est possible de mettre en œuvre un modèle de rivière en classe.



Figure 9 - Modèle de rivière pour activité pratique en classe

On dépose au sommet du dispositif un mélange de sables et de graviers de tailles différentes. On fait couler de l'eau pour simuler l'action des précipitations. On constate alors facilement un transport des sédiments, d'autant plus loin qu'ils sont plus petits et légers. On visualise aussi les zones de dépôts.

On comprend ainsi le rôle de l'eau comme agent d'érosion. Les périodes de fortes précipitations vont donner de la puissance aux rivières et donc remettre en mouvement certains sédiments puis les déposer plus loin.

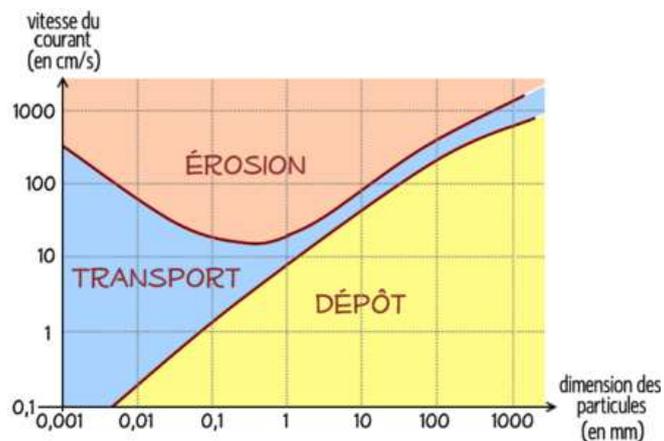


Figure 10 - Diagramme de Hjulstrom

Partie 2 : La géologie d'une roche sédimentaire

Lecture de la carte géologique

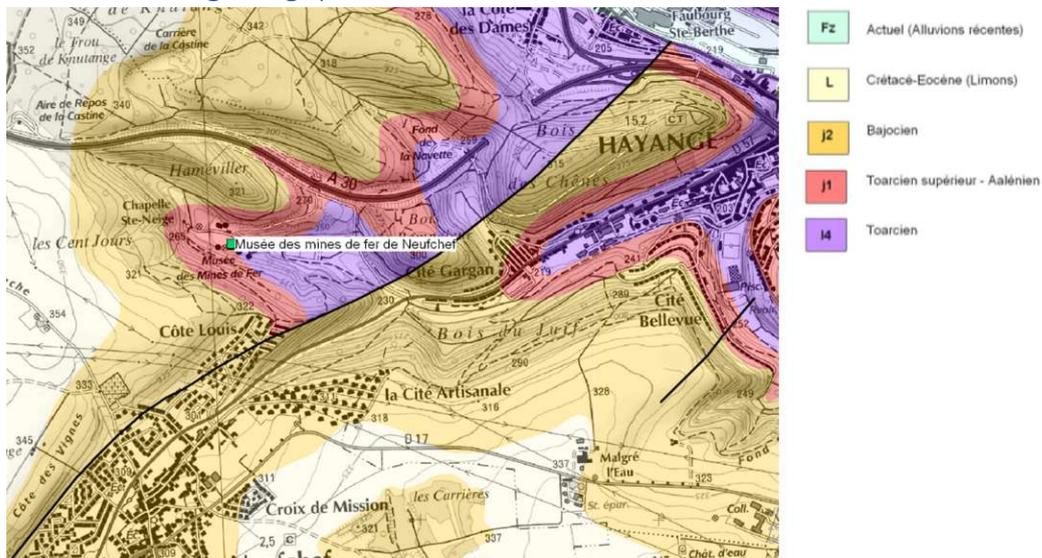


Figure 11 - Carte géologique de la zone du musée

<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/cartes-geologiques>

L'affleurement de la couche de minette en rouge (J1) reprend la forme des vallées montrant son faible pendage et la zone dans laquelle les mines à flanc de coteaux avaient leurs entrées. Le parallélisme entre les courbes de niveaux et les limites des couches sédimentaires attestent de leur horizontalité.

Ont été exploitées 28 mines à flanc de coteaux et 33 mines à puits.

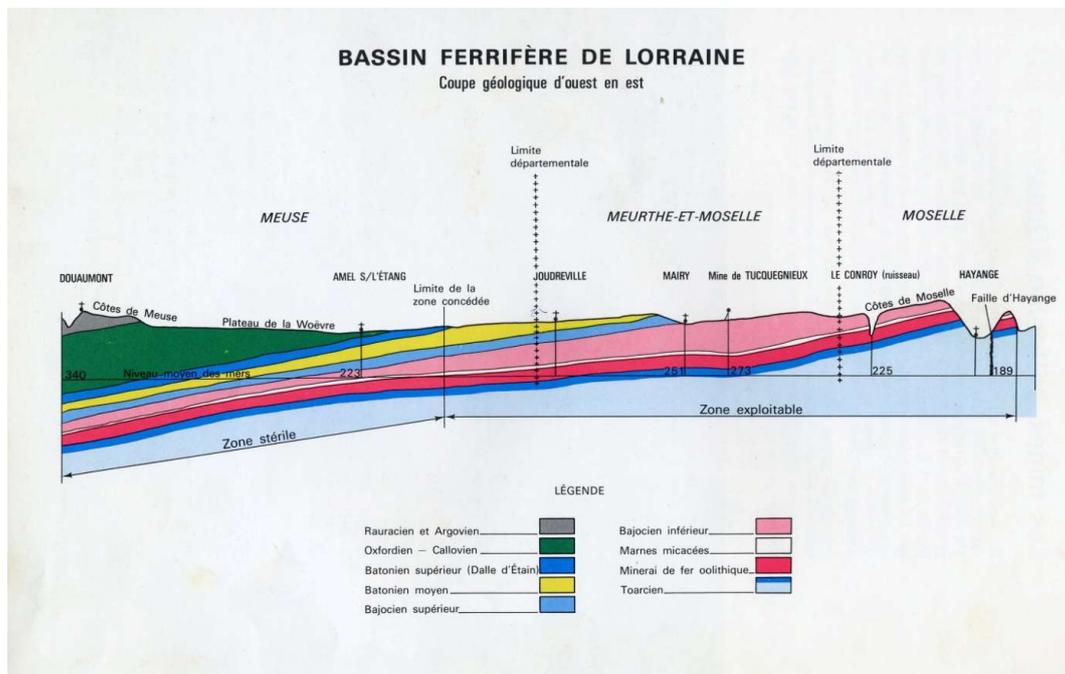


Figure 12 - Coupe géologique de la mine de Neufchef

<https://www.bibert.fr/Mines%20de%20Fer/Mines%20de%20Fer.htm>

Les déformations du bassin de Paris ont été une conséquence de l'orogénèse Alpine. C'est l'origine du relief de côtes faisant ressortir les couches de roches dures calcaires et creusant les couches de roches tendres marneuses. C'est aussi l'origine des failles qui décalent régulièrement les couches de minerai.

Observation d'un affleurement



Figure 13 - Affleurement montrant la couche grise au niveau d'une ancienne entrée de mine

Nous pouvons observer :

- Un ensemble de couches sédimentaires horizontales (très faible pendage vers l'ouest) et superposées, une couche étant plus récente que celle qu'elle recouvre,
- Des entrées de galeries visibles à différents niveaux : il y avait plusieurs couches exploitées : la brune, la grise et la rouge
- La hauteur des couches exploitées est de 2,5 m à 9 m
- Entre les couches de minerais on trouve des couches de marnes

La coupe verticale du gisement permet de mieux comprendre la situation.

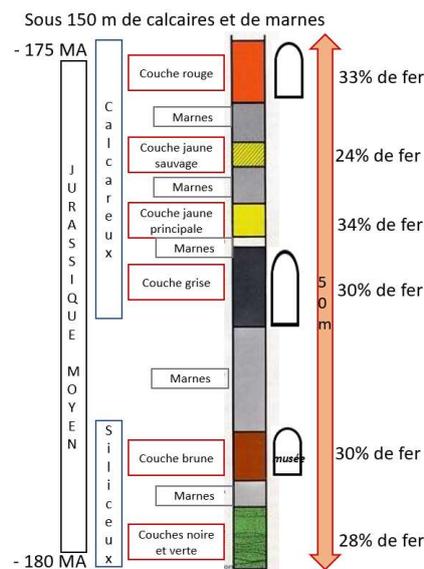


Figure 14 - Log du gisement de minette sur Neufchef

Observation de la roche à différentes échelles

- **A l'œil**
 - Aspect : globalement homogène
 - Couleur : différentes teintes de rouge brun seulement distinguables par l'analyse chimique
 - Test à l'acide : effervescence attestant d'une présence de calcaire
 - Dureté : ne raye pas le verre et est rayé par le métal
- **Au microscope**

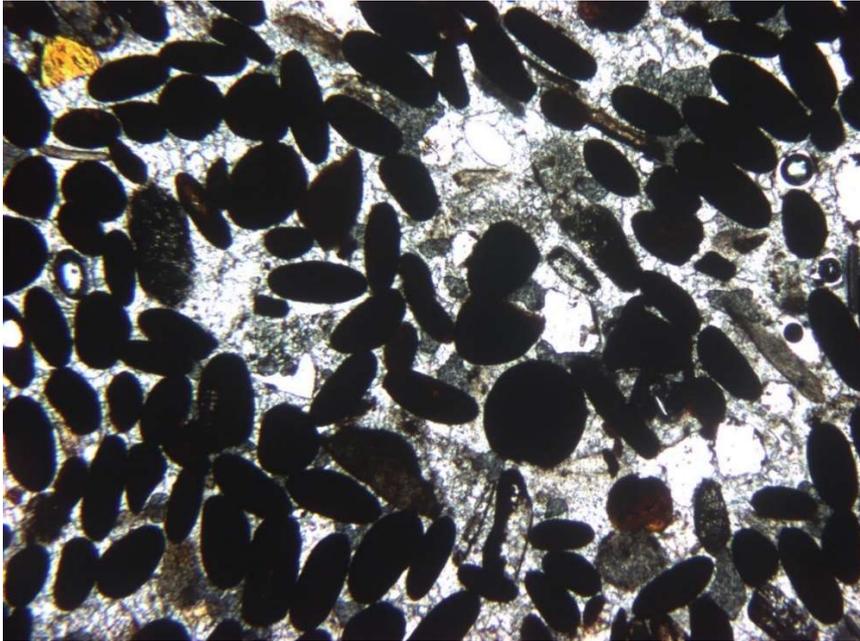


Figure 15 - Lame mince en lumière polarisée non analysée de la couche rouge (champ de 2.55 x 1.90 mm)

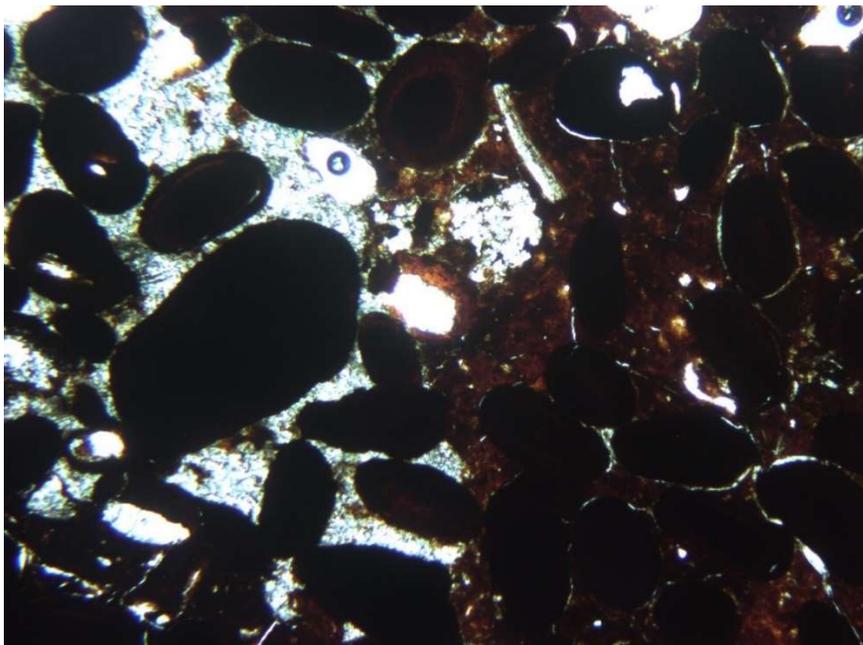


Figure 16 - Lame mince en lumière polarisée non analysée de la couche brune (champ de 2.55 x 1.90 mm)

Nous pouvons observer :

- Des oolithes de formes ovoïdes et nombreuses, très sombres car contenant principalement les oxydes de fer.
- Un ciment qui solidifie l'ensemble, constitué par une cristallisation carbonatée ou silicatée ; il est davantage carbonaté dans les couches grises, jaunes, rouges et davantage silicaté dans les couches vertes noires et brunes. Les éléments constitutifs du ciment proviennent des matériaux détritiques continentaux (silice) et marins (fragments de coquilles).

Le fer provient de l'altération des minéraux ferromagnésiens des roches magmatiques, métamorphiques, voire sédimentaires du relief voisin (Massif Varisque Londres/Brabant/Ardennes). Un climat chaud et humide avec une végétation dense favorise sa libération et son transport, puis sa concentration. Les oolithes se forment par des dépôts successifs de limonite (hydroxyde de fer) autour d'un noyau minéral de très petite taille. Plus le milieu est agité, plus les oolithes pourront grossir avant de sédimenter. On constate donc des conditions plus agitées pour la couche brune par rapport à la couche rouge.

Datation des couches (stratigraphie)

Il existe des principes de stratigraphie permettant d'aborder la datation d'une couche :

- **Le principe de continuité** : une même couche est de même âge sur toute son étendue ;
- **Le principe d'identité paléontologique** : deux couches contenant les mêmes fossiles sont considérées comme étant de même âge ;
- **Le principe de superposition** : en l'absence de bouleversements structuraux, une couche est plus récente que celle qu'elle recouvre et plus ancienne que celle qui la recouvre ;
- **Le principe d'horizontalité** : les couches sédimentaires se déposent horizontalement ; une séquence sédimentaire qui n'est pas en position horizontale a subi des déformations postérieures à son dépôt.

Ainsi on peut dater une couche de deux façons :

- Une datation relative qui permet de la dater par rapport aux couches voisines ;
- Une datation absolue qui permet de lui donner un âge.

En ce qui concerne notre gisement ferrifère, il comporte une richesse en ammonites qui vont permettre de dater chaque couche pour les raisons suivantes :

- Les fossiles d'ammonites sont présents en grand nombre sur des zones géographiques étendues ;
- Les genres et espèces d'ammonites ont été nombreuses et ont évolué rapidement pendant la période de dépôt, ce qui permet de trouver de véritables marqueurs de temps.

On notera que les fossiles présents dans notre gisement sont des moules internes des coquilles suite à leur remplissage par des sédiments. On peut ainsi en observer les sutures, éléments importants de détermination. Cette dernière n'est réalisable que par des spécialistes expérimentés.

De nombreux forages effectués avant et pendant l'exploitation ont permis d'en définir l'étendue et la richesse. C'est un travail géologique indispensable à la connaissance de la ressource.

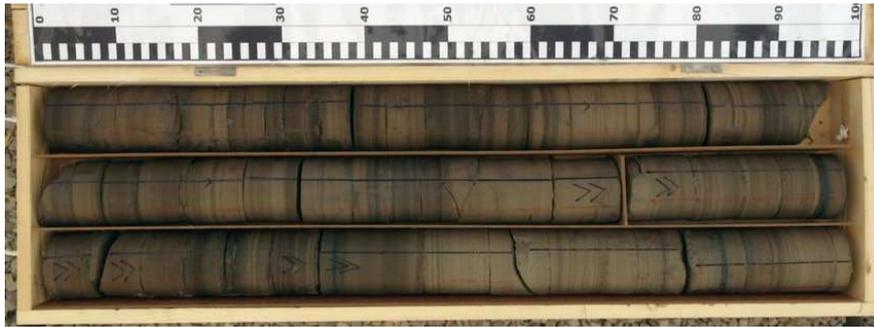


Figure 17 - Carotte d'un forage de recherche de minerai

Rappel sur les Ammonites

Ce sont des céphalopodes.

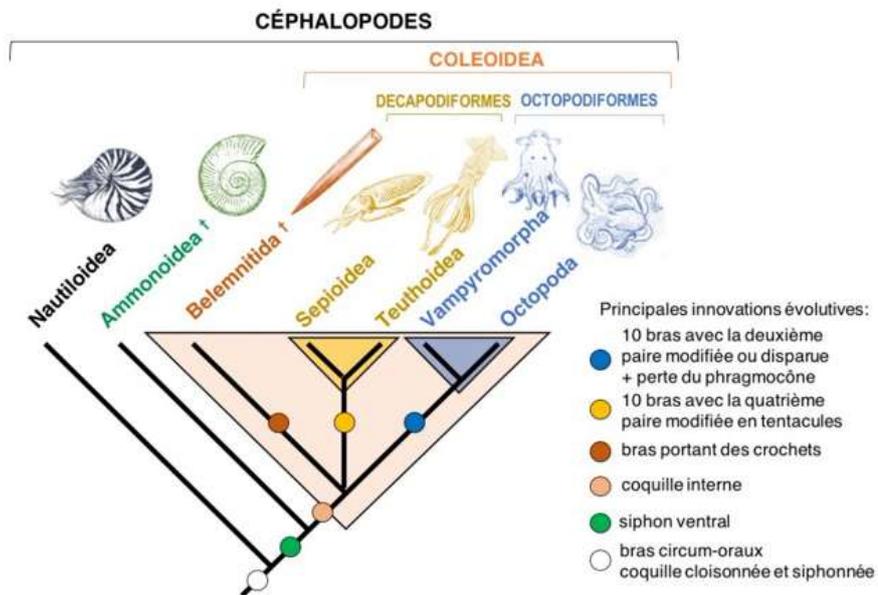


Figure 18 - Arbre phylogénétique simplifié des Céphalopodes

<http://geolorraine.free.fr/fossiles/fossiles/page.php?idp=194&mode=descrip>

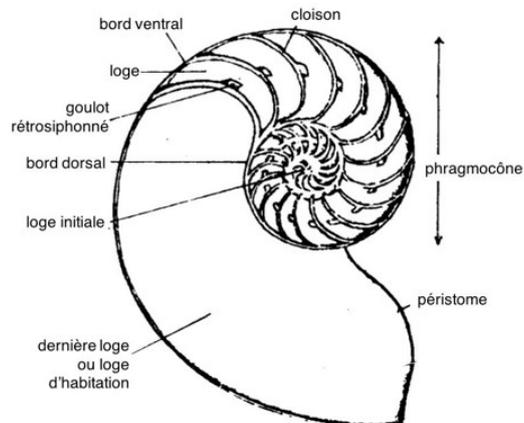


Figure 19 - Coupe d'une ammonite

<http://geolorraine.free.fr/fossiles/fossiles/page.php?idp=194&mode=descrip>

Les principaux éléments qui vont permettre de différencier les multitudes de genres et d'espèces d'ammonites sont :

- L'enroulement de la coquille, entre enroulée très serrée et presque droite, et donc la taille et le nombre des tours, comme la taille de l'ombilic ;
- L'aspect de la section des tours : rectangulaire, circulaire ...
- La forme et la position du siphon mettant en relation les différentes loges ;
- La suture entre les loges qui est devenue de plus en plus complexe avec le temps ;
- Les ornements de la coquille ...

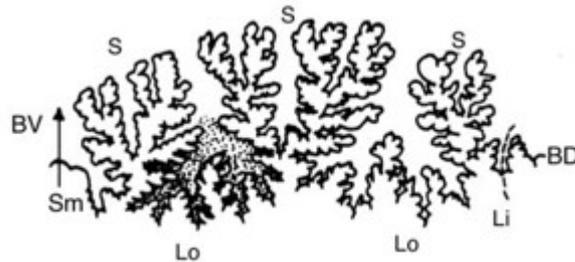


Figure 20 - Exemple d'une suture d'ammonite

<http://geolorraine.free.fr/fossiles/fossiles/page.php?idp=194&mode=descrip>

Les variations ont été induites par les conditions de vie entre le fond et la surface, les différentes profondeurs, les prédateurs présents, les aliments disponibles... Une ammonite n'a pas vraiment d'organe de locomotion si ce n'est l'équilibre hydrostatique qui lui permet de monter et de descendre, ou une nage par réaction par propulsion d'eau. On pense aujourd'hui qu'il existait un dimorphisme sexuel marqué entre des mâles plus petits que les femelles, déterminés souvent comme des espèces différentes.

La présence d'ammonites est l'indicateur d'un lien entre une mer épicontinentale peu profonde avec un océan plus profond.

Les ammonites sont apparues sur Terre vers -400 MA avec une diversification très forte au Jurassique et donc au niveau de notre gisement. Elles ont disparu il y a 65 MA avec les Dinosaures lors de la crise Crétacé Paléocène.

Citons quelques genres de l'Aalénien : *Lytoceras*, *Dumortieria*, *Catullocceras*, *Pleydellia* ...

Conditions de formation de la roche (faciès)

Le principe de l'actualisme postule que les processus géologiques qui se sont exercés dans le passé lointain s'exercent encore de nos jours. On transpose les systèmes actuels aux systèmes passés, comme par exemple le mode de vie des animaux par rapport leurs descendants actuels. On peut ainsi reconstituer le paléoenvironnement de l'Aalénien.

Ainsi la présence de fossiles marins de gastéropodes, de bivalves, de bélemnites atteste d'une mer peu profonde en climat tropical, et l'abondance d'ammonites est le signe d'un lien avec un océan profond (la Téthys).

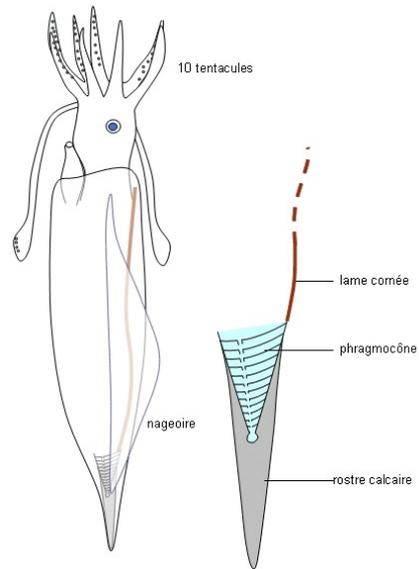


Figure 21 - Bélemnite et son rostre

<http://svt.ac-dijon.fr/lithotheque/spip.php?article217>

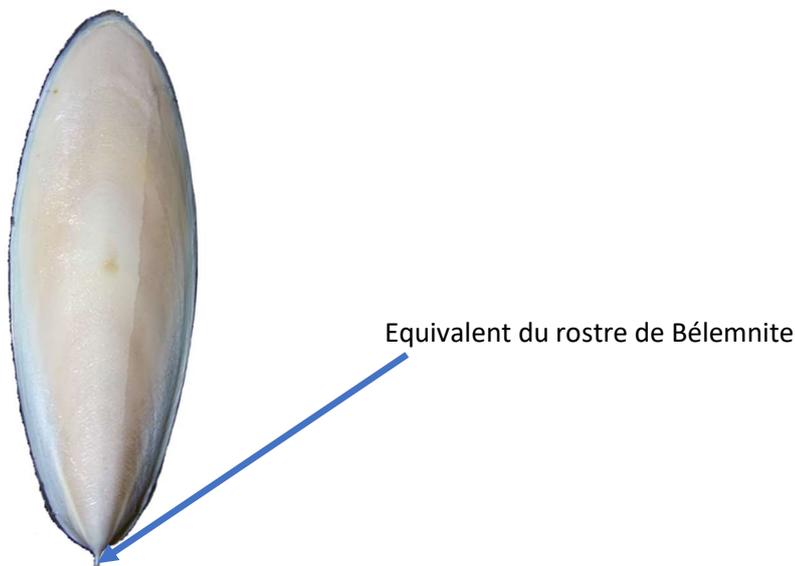


Figure 22 - Os de seiche

L'évolution de la forme des oolites et celle des fossiles rencontrés montre une mer qui a subi une régression par à-coups pendant toute la durée de l'Aalénien, tout en devenant de plus en plus active.

Au nord de cette mer existait le relief du massif des Ardennes, qui subissait une forte érosion par l'eau apportant de nombreux sédiments dans cette mer grâce à des fleuves se terminant en delta. Les roches magmatiques ardennaises sont à l'origine des dépôts siliceux et bien évidemment du fer avec différents degrés d'oxydation.

Au Jurassique, même si peu de traces fossiles ont été trouvées, les dinosaures étaient très présents en Lorraine dans tous les milieux. Les ichtyosaures et plésiosaures consommaient de grandes quantités de poissons, eux-mêmes très présents, et d'ammonites. La dégradation naturelle des squelettes des nombreux poissons est même à l'origine de la présence de phosphore dans le minerai, ce qui rendait la fonte très cassante avant l'usage d'un procédé de déphosphoration découvert vers 1880.



Figure 23 - Représentation de l'Aalénien dans la mer et sur Terre

La Jurassique est une période où la végétation est importante : c'est un univers végétal sensiblement différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, car dominé par les fougères, les cycas, les conifères et des plantes aujourd'hui disparues. N'oublions pas que les plantes à fleurs n'apparaissent qu'au Crétacé. Ajoutons que les Dinosaures sont pour une grande partie végétariens ...

En termes de tectonique, l'orogénèse Varisque a donné une chaîne de montagne qui a été rapidement érodée. Il est resté des massifs émergés : Ardennes/Londres/Brabant au nord, Sardaigne au Sud.

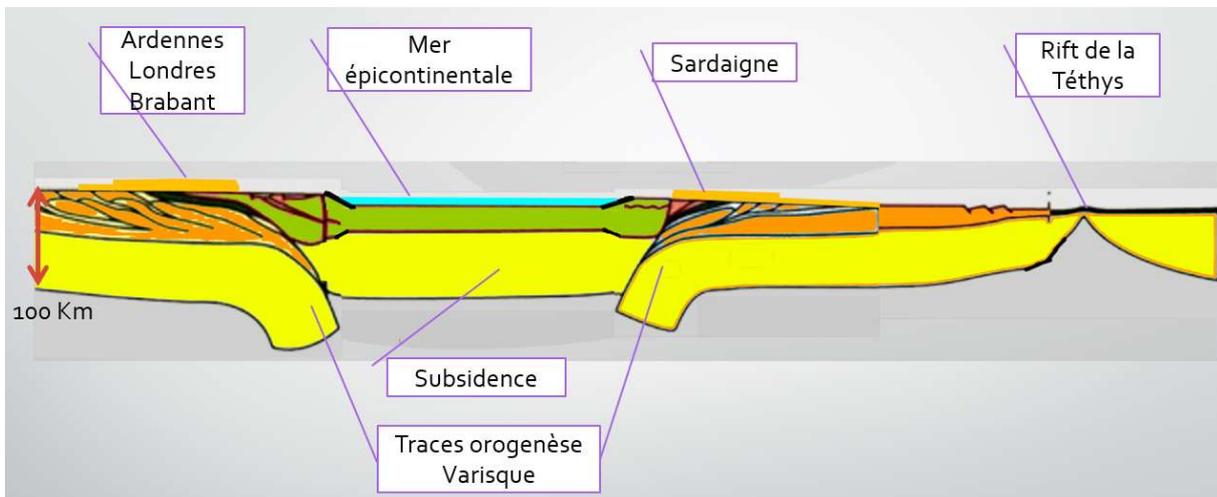


Figure 24 - Représentation schématique de la plaque du bassin de Paris à l'Aalénien

L'ensemble des dépôts sédimentaires va subir des processus variés : compaction, déshydratation, dissolution, cimentation constituant la diagenèse. Cela va s'accompagner avec le temps par la superposition des futures couches sédimentaires qui vont subir une subsidence provoquée par le poids des sédiments et le refroidissement de la plaque.

Partie 3 : L'exploitation du minerai de fer en Lorraine des origines à nos jours

Le développement et les évolutions dans les mines ont pour objectif principal de sortir de plus en plus de minerai à des coûts de plus en plus bas jusqu'au début des années 60. Ensuite, il y a diminution de la quantité de minerai puisque les mines ferment ainsi que les usines sauf que ce minerai doit toujours être inférieur à la valeur d'usage !

La valeur d'usage, c'est le prix auquel devrait être vendu, rendu à l'agglomération de l'usine, le minerai d'une mine lorraine, incluant prix départ mine, frais de transport, frais de douane, etc. Il faut que l'usine puisse fabriquer de l'acier au même prix que celui produit à partir des minerais littoraux riches, en provenance par exemple de Mauritanie ou du Brésil.

Les exploitations lorraines sont ainsi devenues une référence mondiale dans les techniques et leurs évolutions. Une autre évolution concerne la diversification des métiers avec une spécialisation, conséquence des techniques mises en œuvre.

Des origines à 1870

L'exploitation du gisement oolithique lui-même remonte à l'Antiquité et la découverte du bas fourneau de Ludres a prouvé son utilisation régulière dès le Haut Moyen-Age (VIII^{ème} - X^{ème} siècles). Cette exploitation avait naturellement lieu dans les zones d'affleurements du minerai mais également par petites galeries s'enfonçant dans la couche elle-même. Cette exploitation se retrouve au XVI^{ème} siècle à Moyeuve avec le percement de galeries par des mineurs professionnels suite à l'épuisement des affleurements les plus proches. La métallurgie est alors localisée près de ces affleurements et des cours d'eau qui lui fournissent la force motrice nécessaire pour entraîner marteaux et soufflets.

L'exploitation importante est alors celle du gisement de « fer fort » essentiellement d'origine karstique qui se trouve en surface, notamment au Nord-Ouest, à Saint-Pancré, Villerupt ou sur le plateau entre Audun-le-Tiche et Aumetz. Celui-ci possède une teneur plus élevée, (jusqu'à 50 % à Saint-Pancré) ne contient pas de phosphore et son exploitation se fait à ciel ouvert ou à l'aide de multiples petits puits. Cette activité se poursuivra au XIX^{ème} siècle, avec un maximum vers 1855, puis essentiellement à la « Borne de Fer d'Aumetz » jusqu'en 1881. A la fin du XVIII^{ème} siècle, le Baron de Dietrich signale les exploitations de Saint-Pancré, Audun-le-Tiche, Ottange ou Hayange et Moyeuve. Le minerai de fer fort est particulièrement recherché durant la Révolution et attribué aux forges qui produisent du métal pour les armes dont la qualité doit être supérieure.

La fin de la Monarchie de Juillet voit une première période de développement de la métallurgie lorraine qui utilise conjointement le minerai de fer fort et la minette. Le système technique ancien (fonte et affinage au charbon de bois) coexiste avec l'utilisation du coke et de la houille pour la fonte et le puddlage. Le bassin de Longwy se développe ainsi que les établissements De Wendel (utilisant le coke et le puddlage dès 1822) ou les usines du bassin de Nancy à Champigny ou Champigneulle puis Ars-sur-Moselle. Le Second Empire est une période de forte expansion qui voit la création de 11 usines nouvelles. L'essor des usines métallurgiques s'accompagne de demandes de concessions pour l'exploitation du minerai oolithique, soumises à la loi de 1810 et accordées avec parcimonie par le gouvernement français jusqu'en 1870. Les premières sont attribuées aux De Wendel à Hayange et Moyeuve, 7 années après leur demande. Les concessions se multiplient après 1844 dans les bassins de Longwy et Nancy.

En 1870, ce dernier le plus actif, compte déjà 24 concessions. L'exploitation du minerai reste cependant à la mesure de la capacité des hauts fourneaux et porte encore sur de faibles quantités. Les mineurs,

très liés avec le milieu rural, exercent souvent des activités complémentaires. Ils sont déjà payés à la tonne extraite et travaillent souvent avec leur femme et enfants. Cependant, à la fin de cette période de véritables professionnels et maîtres mineurs sont recherchés ainsi que les premiers émigrés notamment allemands. Les plus grosses mines, Hayange et Moyeuve regroupent déjà 500 mineurs vers 1863.

La fonte est un alliage de fer et de carbone dont la teneur en carbone est supérieure à 2%. Pour en faire de l'acier, il faut diminuer la teneur en carbone en le faisant brûler dans un four. Pour cela le puddleur remu la fonte en fusion ce qui demande d'importants efforts physiques.

1870-1914 : L'expansion

A la suite de la guerre de 1870, les Allemands annexent avec l'Alsace-Moselle l'essentiel du gisement alors connu soit, 4/5^{ème} des affleurements et zones exploitées. En Meurthe et Moselle, les concessions attribuées avant 1870 subsistèrent et les demandes furent plus modestes. Six nouvelles zones furent créées entre 1870 et 1882 dans le bassin de Longwy. A cette date, la découverte du gisement de la vallée de l'Orne provoque de nombreuses demandes et 17 concessions sont accordées (20 000 hectares environ) de 1882 à 1884 à des industriels lorrains. La prospection du plateau de Briey à partir de 1893 révèle l'ampleur du gisement provoquant une ruée et la création de 21 concessions en 1899 et 1900 (soit près de 14 500 hectares). Au tournant du siècle, 80 % du gisement étaient déjà attribuées et l'exploitation allait connaître une très grande expansion.

De nombreuses concessions ne sont pas exploitées immédiatement après leur octroi d'autant que la métallurgie ne réclame pas encore de fortes quantités de minerai ; la révolution a lieu dans le domaine des techniques métallurgiques avec **l'invention du convertisseur Bessemer** pour la fabrication de l'acier vers 1855. Malheureusement ce procédé ne convenait guère pour les fontes phosphoreuses obtenues à partir du minerai lorrain. Ce n'est qu'en **1878 que la découverte par Thomas et Gilchrist du procédé qui porte leur nom** (revêtement basique du fond de la cornue Bessemer) permet d'utiliser en masse les fontes phosphoreuses pour la fabrication de l'acier. Les De Wendel en acquièrent l'exclusivité pour la Lorraine freinant ainsi avec ce monopole la diffusion de ce procédé essentiel pour la métallurgie et l'exploitation du minerai lorrain. Seules furent construites les aciéries de Joeuf et Mont Saint-Martin (aciéries de Longwy) en 1881 puis Hayange et Moyeuve en 1893. A la chute du brevet dans le domaine public (1893) de nouvelles aciéries sont créées à Micheville et Pompey en 1895 puis Frouard, Homécourt, Knutange, Rombas. Il faut donc attendre la fin du siècle pour voir le décollage très net de la métallurgie lorraine.

La courbe de production du minerai reflète bien ce phénomène passant de 7 à 15 millions de tonnes entre 1895 et 1903 puis de 21 à 41 millions de 1906 à 1913. Cette expansion est également très liée à l'essor des métallurgies sarroises et rhénanes qui possèdent des participations ou des mines dans le bassin. On voit ainsi deux grandes périodes de création de sièges d'extraction en 1895-1900 puis 1905-1913. Les premiers fonçages de puits ont lieu à Joeuf, Homécourt, Auboué, Moutiers, Aumetz etc.

Parallèlement à l'essor de la production, le nombre des mineurs s'accroît considérablement et passe de 7 000 en 1890 à 35 000 en 1913. Cette très forte augmentation est obtenue par une grande immigration italienne mais également allemande en Moselle. Cette époque voit alors la construction des premières cités minières pour abriter une partie de cette population étrangère instable et qui trouve très difficilement à se loger dans les villages ruraux peu préparés à cette arrivée massive.

C'est en 1910, en période allemande, que l'électricité arrive dans la mine. Elle n'est pas utilisée pour l'éclairage des chantiers mais pour faciliter le travail des mineurs avec de l'air comprimé qui fait fonctionner des marteaux perforateurs et piqueurs.

Nouvelle technique d'éclairage au début du XX^{ème} siècle

La lampe à acétylène a été conçue par le Français Henri Moissan en 1892. L'acétylène, un hydrocarbure de la classe des alcynes de formule brute C_2H_2 a été découvert par Edmund Davy en Angleterre en 1836. En 1892, le gaz acétylène est produit de manière industrielle grâce au procédé découvert par le pharmacien français Henri Moissan, par hydrolyse du carbure de calcium, obtenu par la fusion à très haute température du coke et du calcaire, dans un four à arc électrique.

Avec l'industrialisation de la production de carbure de calcium en Europe et aux États-Unis, on va pouvoir développer des systèmes d'éclairage autonomes, des générateurs miniatures qui vont très simplement domestiquer cette réaction entre l'eau et le carbure de calcium. En France, il n'existe plus aucune production industrielle de carbure de calcium depuis l'année 2000. En milieu souterrain, cette lampe est avantageuse du fait de sa relative résistance aux chocs, à la boue, à l'humidité, et de sa sûreté de fonctionnement. Interdite dans les mines à grisou ! Elle produit un éclairage omnidirectionnel et puissant, permettant une bonne lumière d'ambiance et une couleur chaude et agréable comparée à la plupart des lampes électriques.

Action de l'eau sur le carbure de calcium



Combustion de l'acétylène

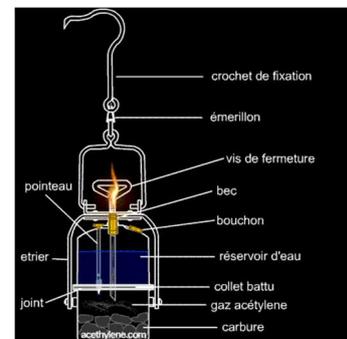


Figure 25 - Lampe à carbure

Energie	Pneumatique	Hydraulique
Fluide utilisé	Air comprimé en circuit ouvert	Huile hydraulique minérale en circuit fermé
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Air disponible partout • Transport facile dans conduites bon marché • Matière d'œuvre propre • Possibilité de vitesses et cadences élevées 	<ul style="list-style-type: none"> • Forces développées importantes (pression de 50 à 700 bars) • Incompressibilité du fluide permettant la régulation de la vitesse • Longévité des composants grâce à une lubrification constante par le fluide • Très grande souplesse d'utilisation
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Forces développées faibles (pression de 3 à 10 bars) • Compressibilité limitant la régularité des vitesses • Nécessité d'une filtration forte contre les poussières • Echauffement lors de la compression et refroidissement lors de la détente • Importance de la lubrification nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Risques d'accident lié aux très fortes pressions • Fuites diminuant les rendements • Matériel coûteux

Figure 26 - Comparaison des énergies pneumatique et hydraulique

1914-1945 : D'une Guerre à l'autre

Durant la première guerre mondiale, les Allemands continuent l'exploitation du gisement malgré les difficultés et le manque de main-d'œuvre qualifiée parvenant à produire en 1916 en Moselle 63% du tonnage d'avant-guerre. En Meurthe-et-Moselle, les Allemands exploitent peu le bassin de Longwy où les usines françaises sont arrêtées mais remettent en route les exploitations du bassin de Briey, notamment celles de la vallée de l'Orne. Le bassin de Nancy, resté français fournit seulement 36 % en 1916 puis 44 % en 1917 de son tonnage d'avant-guerre. Après le conflit, l'extraction tombe jusqu'à un minimum en 1919 avec seulement 8,6 millions de tonnes dénotant la crise très grave qui sévit à l'époque. Celle-ci tient à plusieurs causes : destructions des usines métallurgiques de Meurthe-et-Moselle, manque de main-d'œuvre qualifiée, chute de la clientèle allemande en plein marasme, séquestre des mines et usines allemandes de Moselle.

Dès la fin du conflit, les biens allemands de Moselle et Meurthe-et-Moselle sont séquestrés (103 concessions soit 24 300 hectares). Les mines sont ensuite rachetées avec les principales usines par les grands groupes métallurgiques qui s'associent pour créer des sociétés destinées à ces reprises (Société Lorraine des aciéries de Rombas, SMK, UCPMI, Société minière des terres-rouges). Le séquestre et la redistribution aboutissent ainsi à la concentration des mines entre les mains des industriels lorrains et au regroupement de certaines petites concessions de Moselle pour former des exploitations plus rentables.

Les Allemands et Italiens étaient retournés chez eux à la déclaration de guerre et les effectifs étaient très faibles en 1919. Aussi les sociétés font venir massivement des ouvriers italiens et polonais à partir de 1921. En 1924 est créée l'association d'immigration des forges et mines de fer de l'Est de la France, regroupant 48 établissements. Dans un souci de stabilisation de ce personnel étranger, les mines, notamment le bassin de Briey, font appel à des familles complètes particulièrement pour les Polonais. Cette immigration atteint son maximum en 1929, année qui correspond également au maximum de production d'entre-deux guerres. A cette date, sur un effectif total de 35 000 mineurs on compte près de 11 000 Italiens (Piémontais et Siciliens particulièrement), 11 500 Polonais mais également des Yougoslaves, Tchécoslovaques ou Luxembourgeois. Les Français ne représentent plus alors que 22 % de l'effectif et occupent de préférence les emplois de maîtrise ou du jour.

Le chiffre maximum de production (47 millions de tonnes soit 114 % de la production de 1913) est atteint en 1929 mais deux années plus tard la crise frappe de nouveau et le marasme général des affaires et de la métallurgie se reporte sur les mines de fer. En 1934, les premières chargeuses à air comprimé sont importées par quelques établissements puis en 1936 apparaissent les estocades mobiles de chargement mécanique (Conway).

En 1940, l'ensemble du bassin minier lorrain tombe entre les mains des Allemands sans qu'il y ait de destructions systématiques, excepté dans un certain nombre de grandes mines du bassin de Briey qui ne seront pas d'ailleurs arrêtées longtemps. L'évacuation des ouvriers ayant été partielle, la production reprend dès la fin de 1940. Cependant, les problèmes de main d'œuvre se posent non seulement en quantité mais également en qualité faisant chuter les rendements et effectifs soutenus par l'utilisation des prisonniers de guerre russes. Les Allemands parviennent cependant à produire 70 % du tonnage d'avant-guerre en 1943 mais cette production chute très sensiblement dès l'année suivante.

1945-1963 : Mécanisation et expansion

Après une interruption presque totale de septembre 1944 à l'été 1945, la reprise de la production fut lente et traîna jusqu'en 1951 où elle retrouva ses chiffres de 1939. Durant les années suivantes, l'augmentation de celle-ci est très nette et l'extraction totale double en 9 ans, passant de 32 millions de tonnes en 1951 à 62 millions de tonnes en 1960 avec un effectif de 22 000 personnes. Ces chiffres élevés se maintiennent jusqu'à l'année 1962 qui constitue le maximum historique. La forte reprise métallurgique après 1955, la création d'usines nouvelles, les efforts de la C.E.C.A. (Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier) et la reprise des exportations en Belgique, Allemagne et au Luxembourg expliquent cette formidable progression qui marque une apogée quantitative.

En ce qui concerne le fonctionnement même des mines, c'est la mécanisation intensive de l'ensemble des sièges d'extraction après 1952 qui a permis d'atteindre ces résultats. L'année 1951 marque l'apparition des jumbos pour la foration qui permettent d'accélérer les opérations de tir, sa profondeur et l'emploi des grandes volées. Ces années voient également l'apparition de la pratique du boulonnage qui supprime les boisages et augmente la sécurité tout en permettant d'élargir les galeries. Dès 1955, 100 % du chargement s'effectue mécaniquement avec les estacades, chargeuses à pinces Joy puis chargeurs transporteurs et camions de plus en plus puissants.

Entre 1948 et 1960 de gros investissements sont effectués dans les mines pour cette mécanisation suivant les plans quinquennaux et les aides de la C.E.C.A. Dès 1946, la chambre syndicale se décentralise à Briey, crée son bulletin technique ainsi que 7 commissions pour étudier les différents aspects techniques et de sécurité de l'évolution des mines de fer. C'est la collaboration exemplaire de tous les Directeurs des mines du bassin au sein de ces commissions, assurant la définition et le suivi des essais de nouveaux matériels et méthodes qui a permis le formidable essor technique des mines de fer durant 35 années.

De nombreux matériels sont d'abord importés des Etats-Unis entre 1945 et 1952 complétés par des voyages d'études d'ingénieurs dans les mines américaines. La chambre syndicale crée également en 1948 un magasin central de pièces de rechange pour faciliter l'entretien des machines et alléger la charge du stock de pièces de chacune des exploitations. Les actions portent également sur la formation des personnels (centre de Norroy-le-Sec pour la maîtrise en 1948) en vue de l'adaptation aux nouveaux matériels qui bouleversent les conditions de travail des mineurs.

A la sortie de la guerre, le nombre des accidents est extrêmement élevé (notamment les accidents mortels par chute de blocs). Aussi dès 1950 des actions de sécurité sont lancées, une coupe annuelle ainsi que la formation des mineurs pour en réduire le taux de fréquence. Celui-ci (nombre d'accidents pour 100 000 heures de travail) passe de 16,23 % en 1955 à 4,63 % 10 années après.

Socialement les mineurs bénéficient du statut général du mineur dès 1946. Les années d'après-guerre voient de nombreuses périodes de grèves (1947-1948) comme dans les mines de houille du Nord et l'ensemble du pays. On assiste à une forte implantation des syndicats (notamment la G.C.T. qui crée en 1947 une section mines de fer). Ceux-ci s'appuient notamment sur l'institution des délégués-mineurs. Cette période voit également une forte augmentation des salaires et du niveau de vie des mineurs du bassin, concordant avec l'avènement de la grande consommation. Les conditions de travail évoluent vers une plus grande spécialisation des hommes pour former des équipes utilisant au mieux les machines.

1963-1997 : Crise et déclin

A partir de 1963, les mines de fer de Lorraine entrent dans une longue période de crise. En effet, à cette date, la fin de la reconstitution des grandes flottes de commerce et l'augmentation de capacité des minéraliers permettent de transporter en Europe le minerai africain, australien, ou sud-américain à haute teneur à des prix inférieurs à ceux de production de la minette lorraine. En second lieu, l'évolution des techniques sidérurgiques oriente les aciéries vers la fabrication à l'oxygène pur qui privilégie les fontes hématites obtenues à partir de ces minerais à haute teneur. Dès lors le minerai lorrain perd de sa compétitivité sur les marchés européens d'autant qu'il est handicapé par ses coûts élevés de transport. Les exportations commencent à chuter (de 24 millions de tonnes en 1960 à 17 en 1970) et les premières touchées sont les mines « marchandes » dont la production n'était pas destinée à une seule usine sidérurgique et qui vendaient leurs produits à des usines éloignées. La sidérurgie lorraine réduit également sa consommation et les mines commencent des réductions d'effectifs par licenciements, départ en retraite et des reconversions dans la sidérurgie.

L'année 1963 est marquée par la grande grève « au fond » des mineurs de Trieux (mine de Sancy) suite à l'annonce des premiers licenciements ainsi que par la table ronde organisée pour tenter de trouver des solutions. Développé depuis longtemps, l'accroissement des rendements par la mécanisation est poussé ainsi que l'augmentation de capacité des engins d'extraction. Malgré ces efforts la réduction massive des effectifs continue et le nombre des mines est divisé par deux entre 1960 et 1969. Une première vague amène la fermeture ou le regroupement des sites d'extraction les moins compétitifs (teneur, coûts de production, éloignement des usines) entre 1963 et 1969. Ces six années voient la fermeture de 20 sièges sur 57 et les plus touchés sont les bassins de Nancy (seule subsiste la mine de Saizerais) et Longwy.

On voit également durant cette période la fusion des grandes sociétés métallurgiques qui regroupent leurs mines avec la fusion d'Usinor et Lorraine-Escaut en 1966 et celle de la Mosellane de sidérurgie et de Sidelor en 1968 puis la fusion de ce nouveau groupe la même année avec De Wendel. En 1973, Sacilor reprend l'ensemble des activités de ce dernier groupe. L'évolution technique des matériels en vue de la progression des rendements se poursuit.

Toutes ces améliorations et recherches techniques permettent d'améliorer spectaculairement les rendements qui passent pour l'abattage de 50 tonnes par poste en 1964 à 160 tonnes vingt années plus tard. De même le nombre des accidents mortels chute. Ces résultats permettent à la minette de maintenir sa compétitivité et l'extraction dépasse encore plus de 50 millions de tonnes en 1974. Malheureusement la crise de la sidérurgie européenne s'accroît après cette date et particulièrement celle de la sidérurgie lorraine cliente privilégiée des mines. Dès lors la chute de la production est irrémédiable et passe en 10 années de 51 à 10 millions de tonnes au cours des années 1980. La fermeture des mines, freinée entre 1969 et 1978, reprend très rapidement accompagnée de licenciements, départ en pré-retraite et l'arrêt de 25 sièges d'exploitation en 10 années. A la fin des années 1980, deux sociétés LORMINES (française) et ARBED (luxembourgeoise) ont continué la production de la minette à partir de 4 sièges Mairy-Mainville (fermeture en juin 1992), Moyeuvre (fermeture en juillet 1993), Mine Ferdinand à Tressange fermé en mars 1995 et mine Montrouge à Audun-le-Tiche en juillet 1997.

La roche lorraine n'est plus un minerai économiquement rentable pour être exploitée.
--

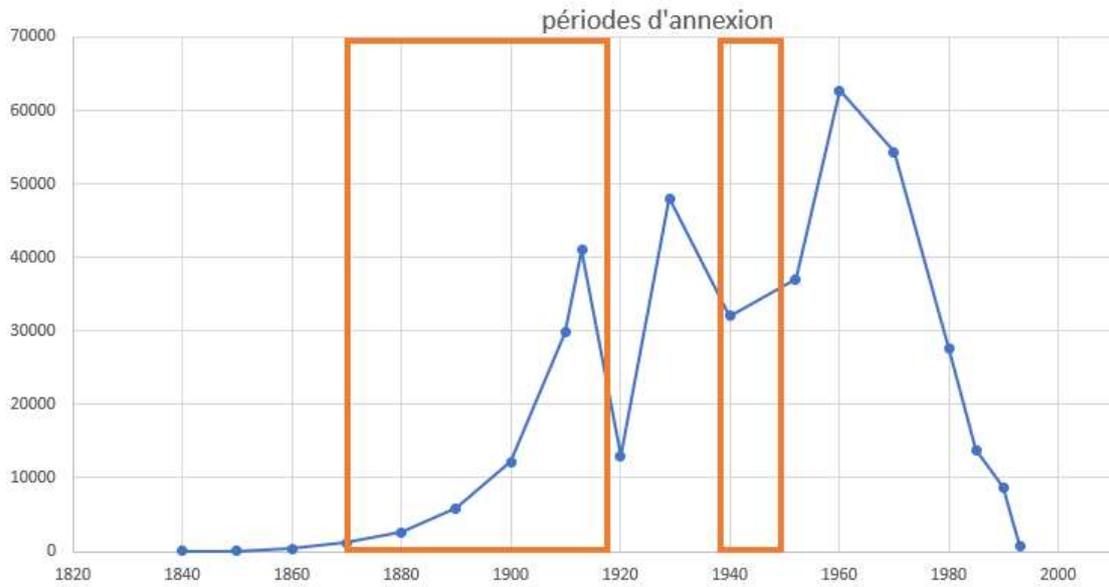


Figure 27- Production en milliers de tonnes

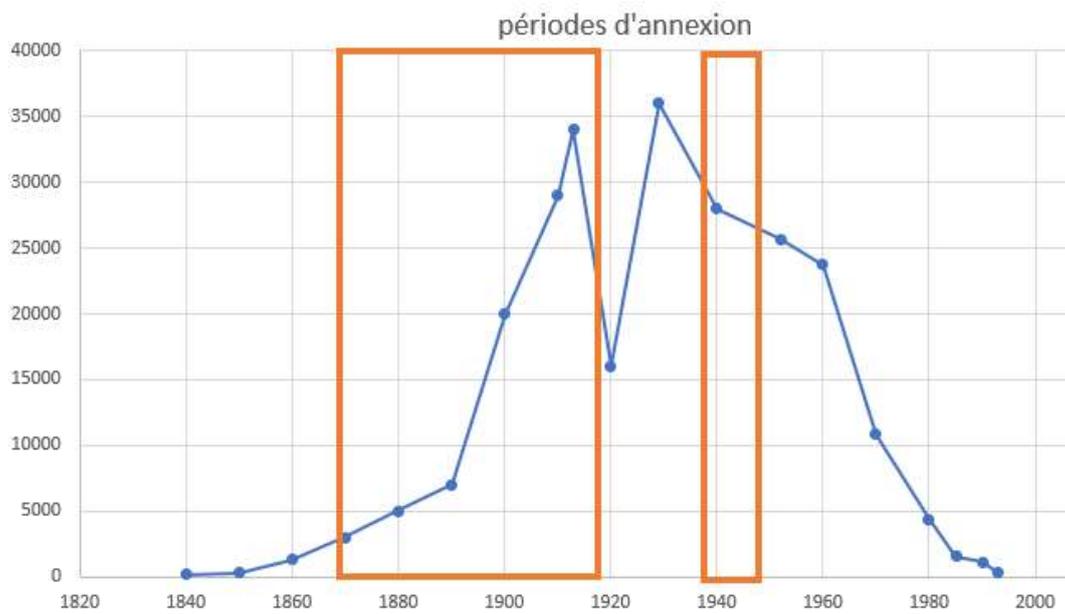


Figure 28 – Effectifs

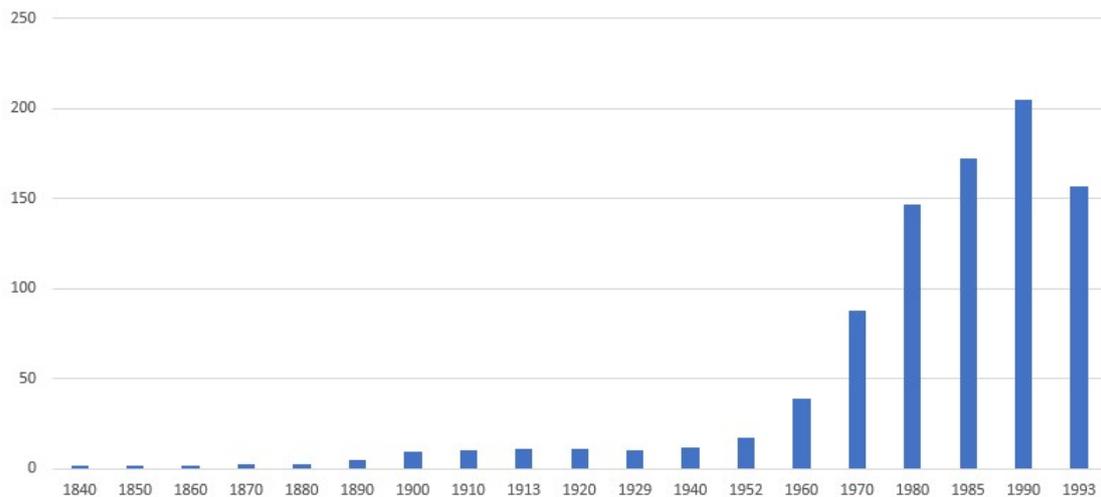


Figure 29 - Rendement abattage en tonnes par homme (foreurs, boute-feu, chargeurs, purgeurs) et par poste

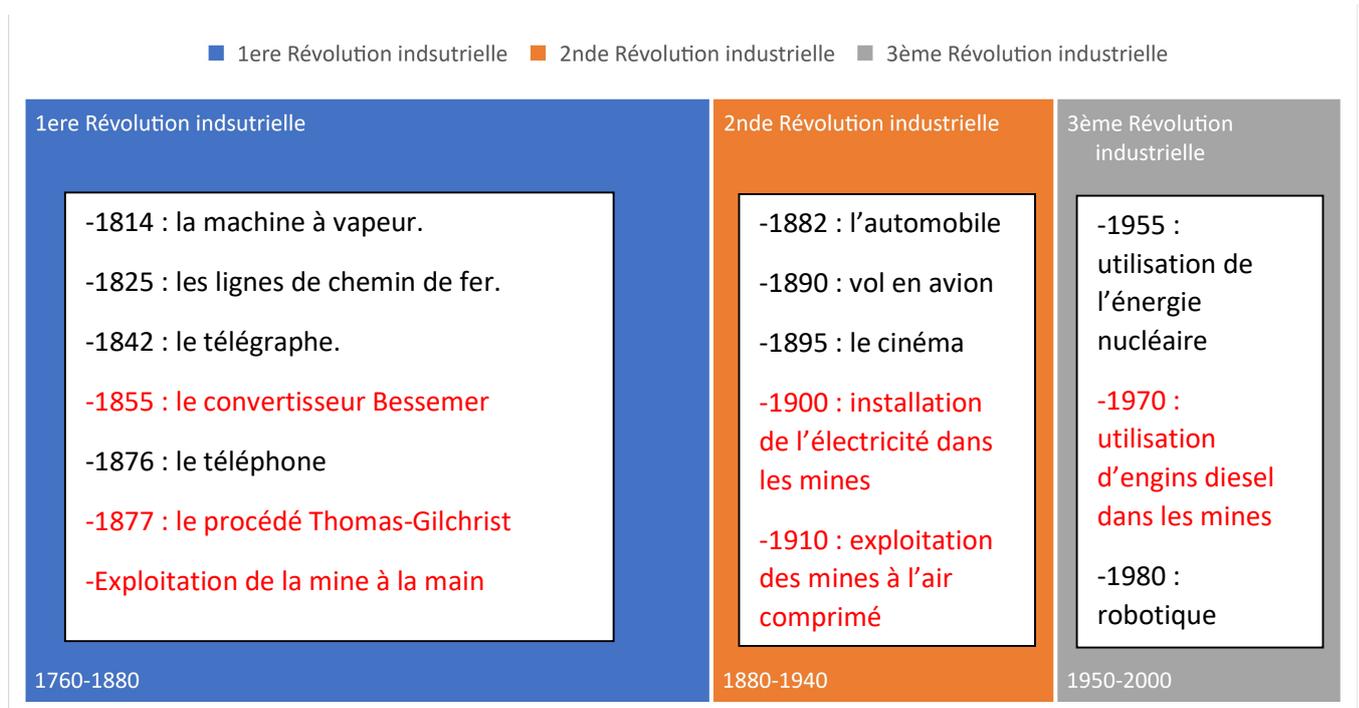


Figure 30 - Les Révolutions industrielles et l'exploitation des mines de fer

Partie 4 : Les étapes de la production de l'acier

Quelques définitions des produits fabriqués en fonction de la teneur du fer en carbone

- **Le fer** a une teneur infime en carbone, c'est l'élément chimique de base,
- **La fonte** a une teneur en carbone élevée de 2 à 6%
- **L'acier** avec une teneur en carbone de 0.03% à 2%, plus il y a de carbone plus l'acier est dur et résistant

Des matières premières à l'acier liquide : deux filières

- **La filière fonte** qui utilise le minerai de fer (sous différentes formes - aggloméré, pellets)

La filière fonte se déroule dans un haut fourneau. C'est un immense réservoir métallique dont l'intérieur est garni d'un revêtement réfractaire résistant aux sollicitations thermiques, mécaniques et chimiques. Il peut mesurer 70 m de haut pour 14 m de diamètre.

Il faut tout d'abord rendre le minerai assimilable par le haut fourneau : c'est l'agglomération. Le but premier de l'agglomération c'est un enrichissement : on élimine déjà l'eau, les matières volatiles et on fait une première pré-réduction. Ensuite le deuxième facteur, c'est d'avoir un aggloméré qui ne s'écrase pas sous le poids des charges, ce qui étoufferait le haut fourneau et enfin peut être le plus important c'est d'avoir un matériau poreux avec une très grande surface apparente pour favoriser les réactions par le monoxyde de carbone.

Il faut également utiliser un combustible très pur et mécaniquement résistant : le coke obtenu à partir de la houille dans une batterie de fours à coke (la cokerie).

On charge ainsi le haut fourneau par le haut avec une alternance de couches de minerai aggloméré et de coke. On insuffle de l'air très chaud enrichi en dioxygène (1250°C) par les tuyères à contrecourant pour provoquer la combustion du coke qui va induire la réduction des oxydes de fer. Le fer pur ainsi produit va se mélanger avec du carbone pour donner de la fonte.

A la sortie du haut fourneau nous aurons ainsi trois produits :

- De la fonte qui sera récupérée lors d'une coulée
- Du laitier issu de la gangue rocheuse stérile du minerai de fer et des cendres du coke et qui va flotter sur la fonte ce qui permet de l'isoler et de le récupérer comme remblai ou pour fabriquer du ciment, des agglos de construction...
- Des gaz dont du monoxyde de carbone gazeux (21%) qui sera utilisé dans une centrale électrique. Il y a aussi du diazote (53%) du dioxyde de carbone (22%) et tout un ensemble d'autres gaz en quantité plus faibles, des métaux sous forme de vapeurs, de la poussière...

Avec 1 t de minette de lorraine on obtient 350 Kg de fonte et 650 Kg de laitier. Avec les minerais riches à 65 % de teneur en fer on passe à 650 Kg de fonte et 350 Kg de laitier !

La fonte sera ensuite transformée en acier dans un convertisseur, dans lequel on va verser la fonte liquide. Par des tuyères ou une lance, on souffle du dioxygène (et de la chaux) qui va décarburer la fonte (carbone), et former des oxydes (Phosphore, Silicium, Soufre) qui seront fixés par la chaux. On obtient un acier liquide à 1600 °C. Un four de métallurgie secondaire permettra la production des différentes nuances d'acier.

- **La filière électrique** qui utilise les ferrailles de récupération.

Les ferrailles récupérées sont fondues dans un four électrique qui monte à 1600 °C pour obtenir un acier liquide dont la composition sera adaptée à sa destination. Cette filière est bien évidemment plus économe en énergie.

Concernant la fonte issue du minerai lorrain, elle est polluée par le phosphore issu du phosphate des os des vertébrés (poissons et dinosaures marins) lors de son dépôt. Un procédé découvert en 1877 par deux anglais, Thomas et Gilchrist, permet d'assurer une déphosphoration dans un convertisseur dit Thomas.

De l'acier liquide aux demi-produits

L'acier liquide sera ensuite solidifié :

- Soit en coulée en lingotières qui donnera des lingots. Ce procédé ne se justifie encore que dans le cas de productions très spéciales (Fabrication de viroles pour les barrages électriques ou pour le nucléaire). Les lingots seront ensuite réchauffés dans des fours spéciaux et travaillés par la plupart sous des grosses presses.
- Soit en coulée continue. De nos jours pratiquement toute la production d'acier passe par la coulée continue. L'acier liquide est versé dans une lingotière ouverte sur une suite de rouleaux de refroidissement et d'entraînement au fur et à mesure de son refroidissement. Cela permet de produire en continu les demi-produits que sont :
 - o Les blooms : barres d'acier de section carrée ou circulaire qui seront à l'origine des produits longs
 - o Les brames : blocs d'acier parallélépipédiques, de fortes dimensions : d'environ 700 à 2 500 mm de largeur, de 5 à 15 m de long et de 150 à 350 mm d'épaisseur ; leur poids peut atteindre quarante tonnes. Les brames donneront les produits plats.

Des demi-produits aux produits finis

Les blooms et les brames sont ensuite réchauffés dans des fours (à brames ou à blooms) puis seront laminés à chaud (800/1200 °C) entre des rouleaux tournant en sens inverse. L'épaisseur entre les différents rouleaux est réduite jusqu'à obtenir l'épaisseur souhaitée. C'est ainsi qu'une brame de 10 m de long, 2 m de large et 25 cm d'épaisseur va donner une bobine de tôle d'1Km de long, 2,5m de large et 2 mm d'épaisseur !

Des traitements supplémentaires vont permettre de donner au produit finis les caractéristiques souhaitées : laminage à froid pour réduire encore l'épaisseur, recuit, traitement de surface au zinc (galvanisation : tôle automobile...), à l'étain (étamage : boîtes de conserves...)

Les produits finis sont divers et nombreux :

- Produits plats :
 - o Plaques et tôles fortes de plus de 10 mm d'épaisseur pour navires, plateformes de forage, oléoducs, ...
 - o Tôles à chaud de 2 à 10 mm d'épaisseur en feuilles ou bobine pour chaudronnerie, bien d'équipements ...
 - o Produits laminés à froid de moins de 3 mm d'épaisseur pour automobile, bâtiment, électroménagers, emballage...
- Produits longs : rails, poutrelles, palplanches, fil, ronds à béton, barres de tous types de profilés, tubes...

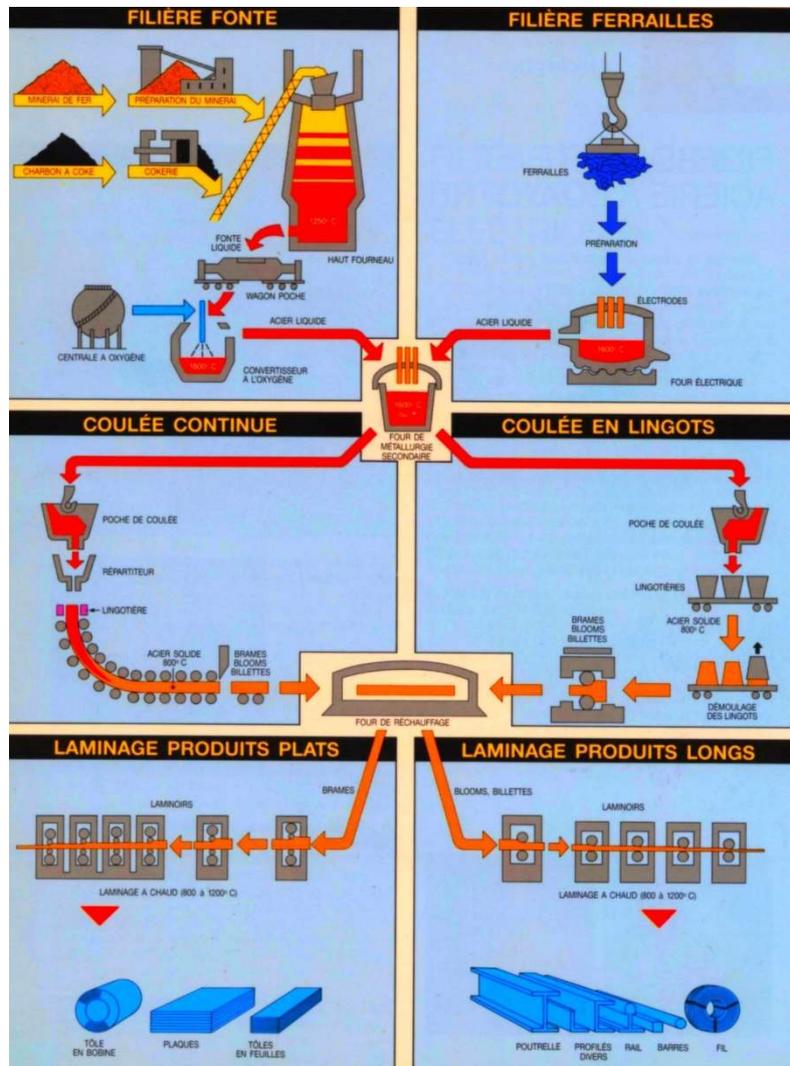


Figure 31 - Production du fer

Aujourd'hui, la sidérurgie recouvre les produits bruts (acier liquide et lingots), les demi-produits désignés selon leur forme et leur section, les produits finis exclusivement obtenus par laminage. S'ils subissent d'autres modes de transformation, ils appartiennent sans équivoque à l'industrie métallurgique.

Partie 5 : L'histoire humaine du bassin ferrifère

L'accueil de la main d'œuvre

L'exploitation à grande échelle du bassin ferrifère lorrain commence en 1880, confrontée à une demande accrue en main d'œuvre, la région ne put répondre à cet appel. Cette pénurie de bras fut compensée dans un premier temps par des recrues frontalières (Allemagne, Belgique, Luxembourg), puis rapidement les industriels se tournèrent vers l'Italie pour trouver de nouveaux ouvriers. Au lendemain de la 1^{ère} guerre mondiale, le recrutement, qui était toujours aussi important vers l'Italie, s'orienta vers l'Est de l'Europe et en particulier vers la Pologne.

C'est en 1929, que l'effectif des mines de fer atteint son apogée avec 34 000 ouvriers dont les trois quarts étaient des travailleurs immigrés et c'est à cette période, que le recrutement systématique de travailleurs étrangers cessa.

La crise économique qui commence un peu partout dans le monde, fit sentir ses premières répercussions. Les étrangers furent les premiers à pâtir de cette récession. Devant la réduction générale de l'embauche, l'immigration cesse et les licenciements touchent particulièrement les ouvriers étrangers, célibataires et nouvellement installés en France.

A partir de 1936, les maîtres des forges orientèrent le recrutement de la main d'œuvre vers les chômeurs français, mais devant le piètre résultat, les entreprises décidèrent d'embaucher un certain nombre d'ouvriers nord-africains. Dès 1937, devant le nouveau ralentissement économique le gouvernement suspendit les autorisations d'immigration.

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, les frontières de l'Est de l'Europe se refermèrent. Le bassin ferrifère accueillit pour la dernière fois un nouveau contingent d'immigrés italiens provenant du sud de l'Italie. Ces derniers participèrent aux trente glorieuses du bassin ferrifère lorrain.

Le développement des cités minières

Parallèlement à l'essor de l'extraction du minerai de fer à partir des années 1880, le manque de main d'œuvre locale entraîne un appel d'ouvriers étrangers qui bouleverse les données démographiques de la région. Devant cet afflux continu de travailleurs immigrés qui recherchent un toit, se pose très vite le problème du déficit de logements. La taille des villages de la vallée de l'Orne, de la Fensch et de la Moselle ne permet pas d'accueillir tous les nouveaux arrivants. Devant cet état de fait, les employeurs décident d'assurer à leur personnel des conditions de logement convenables à proximité du lieu de travail.

Les premières cités remontent à la fin des années 1850 chez De Wendel à Hayange en particulier (cité Gargan) et les sociétés allemandes font de même pour leur personnel au début du siècle (en particulier à Algrange). Ces cités sont bien loin d'accueillir l'ensemble des ouvriers et les « cantines » indépendantes ou construites par les mines se multiplient pour loger les ouvriers célibataires, souvent dans des conditions très précaires d'hygiène et de salubrité. L'instabilité des ouvriers est renforcée par leur installation provisoire, la majorité des immigrés souhaitent rentrer chaque année ou retrouver leur famille en Italie. Elle est également entretenue par la concurrence salariale entre mines.

La nécessité de conserver leur personnel très mobile, amène les mines surtout dans le pays haut et le bassin de Briey à développer leurs œuvres sociales et particulièrement le logement dans un système « paternaliste ». Ainsi chaque société poursuit régulièrement jusqu'en 1930 la construction des cités déjà entamée avant-guerre. En 1928 la mine de Piennes, par exemple, appartenant à la société des aciéries du Nord-Est loge 90 % de son personnel dans 537 logements et 7 cantines pour les célibataires. Les œuvres sociales des mines touchent et encadrent bien d'autres aspects de la vie ouvrière : société de jardinage, coopérative, cantines, bains-douches, ouvroirs (couvent pour orphelins), ateliers de

couture, dispensaires et hôpitaux, associations sportives, fanfares etc... Les mines s'occupent particulièrement de la formation des jeunes par l'aide à la construction des écoles communales et la création de centres d'apprentissage. Ce système agit avec le contrôle patronal comme un frein à la syndicalisation qui reste faible. Il faut ajouter que le patron finance aussi les églises à une période où la religion tient une place importante dans la société.

La plupart des cités construites autour du lieu de travail furent imaginées et aménagées de manière à préserver la hiérarchie de l'entreprise en dehors du lieu de travail. En effet, à travers la séparation des logements des cadres du reste des habitations des employés et ouvriers, la cité présentait deux espaces séparés. Cet espace hiérarchisé se manifestait aussi par des logements plus spacieux et plus confortables pour les cadres. Les cités dans le bassin ferrifère Lorrain ne présentaient pas toutes la même architecture, mais se constituaient pour la plupart d'un agencement de petites maisonnettes possédant toutes un jardin prévu pour amener aux ménages un apport alimentaire. Tout était prévu dans les cités pour que les ouvriers puissent y vivre sans en sortir : alimentation, loisirs, santé, œuvres sociales, rien ne pouvait échapper à l'emprise patronale.

En 1946, le statut du mineur qui définissait le cadre de la profession, contraint le patronat à loger tout le personnel de son entreprise gratuitement. Une indemnité compensatrice devait être versée au salarié se logeant par ses propres moyens. En 1956, plus de la moitié du personnel travaillant dans les mines du bassin ferrifère Lorrain, était logée dans des cités appartenant aux entreprises. A partir de 1967, on peut s'apercevoir d'un désengagement des sociétés minières de la plupart des gestions des logements par une séparation du patrimoine.

Les conflits sociaux

L'histoire des mines de fer, au cours de la première moitié du 20^{ème} siècle, est jalonnée de conflits sociaux. Les grèves de 1905 dans le Pays Haut où toute une région se lève contre les maîtres des forges pour l'amélioration des conditions salariales et de travail, en sont le premier exemple. Mais la faiblesse des organisations syndicales due aux divisions qui fragilisent la classe ouvrière et la forte mobilité sociale et géographique qui nuit à la permanence des syndicats, restera le trait majeur des conflits sociaux jusqu'à la seconde guerre mondiale. Le syndicalisme dans les mines de fer resta limité avant la première guerre mondiale. Les problèmes de communication entre les différentes nationalités, l'instabilité des ouvriers et la répression du patronat venant à bout des multiples tentatives d'organisation syndicale. Pour la plupart des ouvriers, il n'y avait pas la volonté de remettre en cause le système économique et politique, d'une manière générale, les grévistes ne réclamaient que leur droit, les revendications des grandes grèves de 1905 dans le bassin de Longwy montrent bien cette tendance.

La période de l'entre-deux guerres ne fera que confirmer cette tendance. Les mineurs de fer de la région ne firent que suivre les grands événements sociaux, comme nous le montre les grèves de 1936 où les mouvements dans les mines de fer sont tardifs.

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, après plusieurs années de privations, les mineurs de fer vont s'engager dans des conflits répétés avec les directions des mines pour obtenir une augmentation de leur pouvoir d'achat. Ces luttes violentes et réprimées seront accompagnées d'une assimilation des travailleurs immigrés et de leur famille dans la communauté française. Ces événements vont permettre l'unification de la classe ouvrière autour du Parti Communiste Français (PCF) et des divers syndicats.

A la fin des années 40 débute l'âge d'or des mines de fer lorraines. Cette période faste s'interrompt au début des années 60. Face à la concurrence des minerais exotiques, la « minette » va subir un

revirement brutal du marché. Ce lent et inexorable déclin va faire perdre aux bassins de Briey, Hayange et Nancy plus de 23 000 emplois. Sur les 56 mines qui existaient en 1960, il n'en reste plus aucune, la dernière mine ayant fermée en 1997 à Audun-le-Tiche. Après une première moitié de siècle où l'amélioration des conditions de travail et salariale étaient les principales revendications, les années 60, 70 et 80 sont jalonnées de luttes syndicales pour le maintien de l'emploi. La marche sur Paris le 13 mars 1963 de 3 000 gueules jaunes ou les « 79 jours au fond » des mineurs de Trieux au cours de l'hiver 1963, sont à la mesure des revendications de cette corporation.

Les mineurs licenciés ne sont pas laissés sans ressources. En contrepartie, il est décidé, le 12 juin 1963, d'offrir un poste dans la sidérurgie à tout mineur licencié avec le maintien des avantages de la profession pour les salariés pouvant prétendre à 15 ans d'ancienneté.

A partir de 1974 la concurrence entre les grands groupes sidérurgiques et la crise de l'acier ne laissent plus aucune chance à la minette Lorraine. La production de minerai tombe de 47.5 à 14 millions de tonnes de 1977 à 1984. A partir des années 70, c'est le droit au travail qui devient la principale cause de revendication des différents et nombreux mouvements sociaux et syndicaux. La société luxembourgeoise ARBED ferme la dernière mine de fer en activité en 1997 à Audun-le-Tiche (mine des Terres Rouges).

Partie 6 : Et après l'exploitation ?

Les eaux d'exhaure

Définition

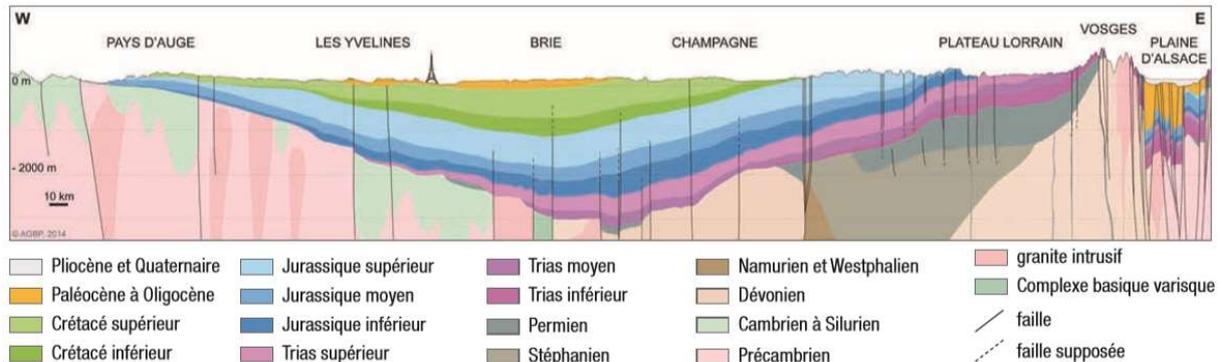


Figure 32- Coupe géologique du Bassin de Paris

<https://siare95.fr/wp-content/uploads/2019/06/Le-Petit-Collecteur-N°10-Mars-2018.pdf>

A l'origine le Bassin de Paris montre tout un ensemble de nappes phréatiques comprises entre deux couches imperméables d'argiles ou de marnes. Elles sont installées dans des calcaires et débordent au niveau des rivières au bord des côtes. On peut citer la nappe du Crétacé inférieur (Albien) qui alimente Paris, celle du Crétacé inférieur (Dogger) juste au-dessus de la minette et celle du Trias inférieur dans le grès vosgien qui alimente par exemple la station thermale d'Amnéville avec une eau à 40°C.

Les couches de minerai de fer sont dans une formation calcaire surmontée d'un ou de plusieurs bancs de marnes imperméables, mais qui contient de l'eau.

A l'origine, les travaux d'exploitation se situaient à faible profondeur et à distance réduite. Le puisage et l'évacuation de l'eau se faisaient avec des moyens manuels (pompes à bras) et parfois à l'aide de chevaux.

L'évolution technique a permis d'offrir aux mineurs des pompes d'exhaure de plus en plus performantes en débit et en hauteur de refoulement. Elles évacuaient l'eau, soit directement en surface, soit à des niveaux intermédiaires successifs à travers des canalisations de différentes sections et longueurs.

Après la deuxième guerre mondiale, la technique d'exploitation qui aboutissait au foudroyage des zones exploitées provoquait la rupture de la couche imperméable des bancs de marnes au-dessus ce qui entraînait des infiltrations d'eaux de la nappe du Dogger. L'eau est alors rapidement drainée par gravité vers les points les plus bas de la mine avec pour conséquence la diminution du débit des sources (qui peuvent, dans certains cas, disparaître) et des rivières.

Les volumes d'eaux sont importants : 15 à 20 m³ par tonne de minerai extrait.

Quelle que soit la quantité d'eau à exhauser, elle représentait toujours une gêne pour le mineur et son évacuation était une nécessité impérieuse pour la bonne conduite des travaux. Les frais d'exhaure pouvaient atteindre jusqu'à 20% du prix de revient de la tonne de minerai extraite.

L'eau exhaurée était rejetée dans les ruisseaux et les rivières de surface. Une quantité importante était utilisée, après traitement, pour l'alimentation en eau potable des collectivités, une autre partie était employée pour les besoins industriels de la région.

Fin de l'exhaure

Au début des années 2000, il est décidé d'arrêter l'exhaure, ce qui conduit à l'envoyage progressif de la mine et un changement dans les équilibres hydrologiques. Il en résulte la remontée du niveau de la nappe et a pour conséquences l'apparition de fontis, la fissuration de maisons et dans une moindre mesure, l'inondation de caves.

Pendant l'exploitation, l'eau d'exhaure est rejetée en plusieurs points du réseau hydrographique, répartissant ainsi les débits dans différentes rivières. À l'arrêt de l'exhaure, le point de débordement de la mine envoyée devient le point de convergence de l'ensemble des écoulements du bassin alimenté par la pluie. Le débit de crue converge en un seul point, ce qui peut nécessiter de recalibrer la rivière à partir du point de confluence. En définitive, la conséquence est une reconfiguration complète des nappes phréatiques et des circulations de surfaces.

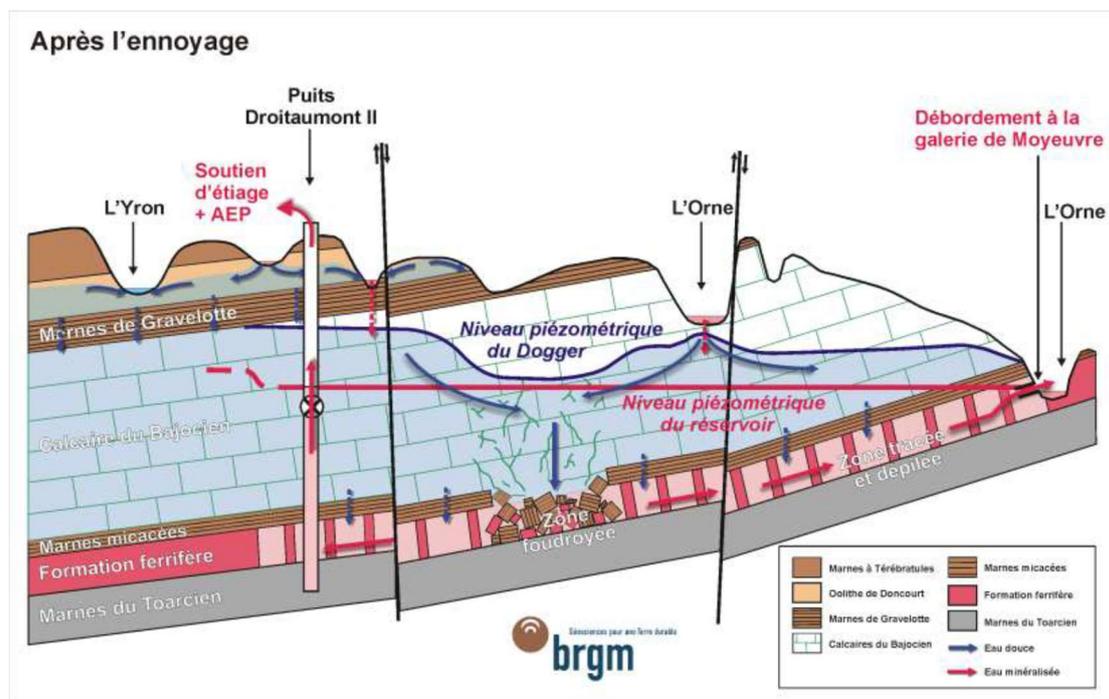


Figure 33 - Conséquence de l'exploitation sur les nappes phréatiques

<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-56141-FR.pdf>

La qualité de l'eau de la mine pendant l'exploitation

Avant l'ouverture de la mine, la roche est en équilibre chimique dans son environnement géologique. Après l'ouverture des galeries, cette roche est brutalement mise en contact avec l'oxygène de l'air qui circule dans les travaux miniers. Des réactions d'oxydation des sulfures contenus dans la roche se produisent alors avec production d'acide sulfurique.

Dans certains contextes géologiques particuliers, la présence de minéraux carbonatés ou silicatés dans la roche permet une neutralisation naturelle in situ de l'acidité de l'eau, exemple dans le bassin ferrifère. Mais le pH neutre ne rend pas pour autant l'eau potable : cette eau est en effet généralement fortement sulfatée et peut contenir des éléments chimiques qui la rendent impropre à la consommation.

Pendant l'exploitation des mines de fer en Lorraine, l'eau d'exhaure était de qualité suffisante pour l'alimentation en eau potable d'une population de 300 000 personnes.

L'écoulement rapide dans les travaux miniers et un temps de séjour limité dans les albaques (rigoles creusées le long des galeries) font que les réactions chimiques n'ont pas le temps de modifier notablement la composition de l'eau pendant son trajet dans la mine. Les concentrations, notamment en sulfate, ont augmenté à l'ennoyage et ont atteint des valeurs supérieures aux normes de potabilité, rendant l'eau des réservoirs impropre à la consommation.

La qualité de l'eau de la mine à l'arrêt de l'exploitation

L'ennoyage des mines n'est pas sans conséquence sur la qualité de l'eau. Pendant la phase de remplissage, l'eau va lessiver les parois des galeries et la roche fragmentée des zones foudroyées. L'eau va ainsi dissoudre et entraîner les sels cristallisés sur les parois comme les restes de produits chimiques qui ont été utilisés durant l'exploitation et qui n'auront pas pu être évacués en surface. En contrepartie, l'ennoyage des travaux miniers freine l'oxydation des minéraux sulfurés, car l'oxygène ne diffuse que très lentement dans l'eau. Il reste encore à définir comment ces réserves pourront être utilisées.

Au début de l'ennoyage on pouvait mesurer jusqu'à 2 000 mg/L de sulfates, alors que la potabilité d'une eau en demande un maximum de 250 mg/L. 15 ans plus tard, après dilution par la circulation des eaux, les mesures sont plus près de 700 mg/L. Les conditions d'exploitation de cette richesse en eau sont soit de la diluer avec une eau pauvre en sulfates, soit de réaliser une nanofiltration un peu coûteuse, soit d'attendre encore quelques années que le teneur chute suffisamment.

Les affaissements miniers

Une mine est un gisement de matériaux (or, charbon, sel, uranium...). De nombreuses concessions minières ont été octroyées au cours des siècles. Il en résulte la présence de nombreuses cavités souterraines artificielles plus ou moins profondes présentant des risques d'effondrements.

La méthode d'exploitation s'organisait généralement en plusieurs phases. Dans un premier temps, étaient tracées des galeries principales rectilignes et de grande section (2 à 4 m environ), qui découpaient des « quartiers ». Dans chacun de ceux-ci étaient ensuite creusées des galeries secondaires, généralement obliques ou diagonales, délimitant des chantiers d'extraction très larges, parallèles. Les bandes laissées entre chacun d'entre eux étaient nommées « piliers ». Chacune de ces bandes était enfin coupée par des galeries tertiaires, ne laissant que des piliers résiduels de plus petite dimension. Ceux-ci étaient ensuite abattus, dans une opération appelée « dépilage » ou encore « torpillage », permettant ainsi de récupérer l'essentiel du minerai. A la suite de cette dernière opération, le toit de la galerie s'effondrait, et ce mouvement se poursuivait jusqu'à provoquer en surface un affaissement dit minier.

Plusieurs types d'effets en surface ont déjà été ressentis ou peuvent encore se manifester à la suite de la ruine d'édifices souterrains dans les mines de fer de Lorraine.

Le fontis

Le fontis est l'apparition soudaine en surface d'un entonnoir de quelques mètres de rayon et quelques mètres de profondeur. Les dimensions du fontis dépendent de l'importance du vide et de la nature des terrains qui le séparent de la surface.

Le fontis fait suite à une dégradation progressive de la voûte d'une galerie qui remonte peu à peu dans le recouvrement jusqu'à percer au jour.

Le fontis ne se produira pas si la galerie est suffisamment profonde, car le foisonnement des blocs du toit vient alors combler le vide avant qu'il n'atteigne la surface. Le risque de fontis peut également être écarté si un banc épais et résistant arrête la dégradation progressive. Dans les conditions du bassin ferrifère lorrain, les fontis ne peuvent pas apparaître pour des vides de profondeur supérieure à 50 m.



Figure 34 - Schéma d'un fontis

L'affaissement progressif

L'affaissement progressif est le deuxième type d'instabilité pouvant survenir au-dessus d'une exploitation par chambres et piliers. Il se traduit par la formation en surface d'une cuvette de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de diamètre. Au centre de la cuvette les terrains descendent verticalement. Sur les bords, les terrains se mettent en pente avec un étirement sur les bords extérieurs (ouverture de fractures) et un raccourcissement sur les bords intérieurs (apparition de bourrelets).

Ce phénomène a affecté, par exemple, les communes d'Auboué, Moutiers et Roncourt. L'affaissement progressif de surface est analogue à celui qui est volontairement produit par un dépilage intégral. Il fait suite à la ruine de travaux miniers souterrains suffisamment étendus pour que les effets remontent jusqu'en surface.

Les bords de la cuvette d'affaissement débordent la verticale des travaux effondrés au fond. L'angle d'influence varie entre 10° et 35° selon l'environnement de la zone au fond. Plus les travaux sont profonds, plus la cuvette d'affaissement est étalée.

L'affaissement de la surface se produit généralement progressivement en quelques jours ou en quelques mois selon une dynamique propre au contexte minier et géologique.

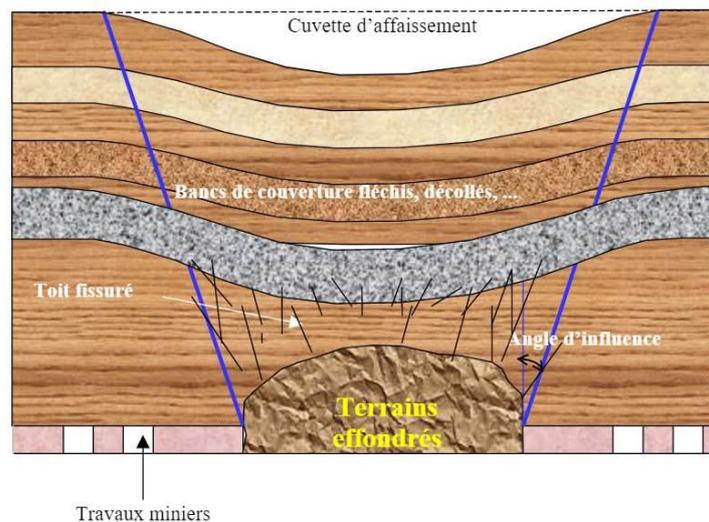


Figure 35 - Schéma d'un affaissement

Les bâtiments en surface sont sensibles à la mise en pente des terrains ainsi qu'aux effets d'extension dans la zone d'étirement et de compression dans la zone de raccourcissement. Ils sont d'autant plus

vulnérables qu'ils sont longs et élancés. Les effets sont d'autant plus élevés que l'amplitude de l'affaissement au centre de la cuvette est grande et que la profondeur des travaux miniers est faible. Les résultats des études de modélisation ont permis de définir les paramètres des cuvettes d'affaissement ; ainsi pour chacune de ces zones ont été calculés à la fin du processus d'affaissement :

- Am : affaissement maximum qui serait observé au centre de la cuvette
- Pm : pente maximum que prendraient les terrains
- Dm : déformation maximum que pourraient subir les terrains (en compression ou en extension)

L'effondrement brutal

Dans certains cas, la ruine de l'édifice minier ne se fait pas progressivement, mais on observe l'effondrement en bloc de l'ensemble des terrains compris entre le fond et la surface. L'effondrement de la surface se produit alors de manière dynamique, en quelques secondes. Une forte secousse sismique est ressentie. Les bords de la zone affectée sont plus abrupts que dans le cas de la cuvette d'affaissement, des crevasses ouvertes y apparaissent.

Pour qu'un effondrement brutal se produise, deux conditions au moins doivent être remplies : les travaux du fond doivent être très fragiles (fort taux de défrèvement, piliers élancés) : ceci constitue le critère géométrique, un banc épais et résistant doit exister dans le recouvrement ; la rupture de ce banc qui protégeait les piliers du poids des terrains déclenche le processus d'effondrement : ceci constitue le critère géologique.

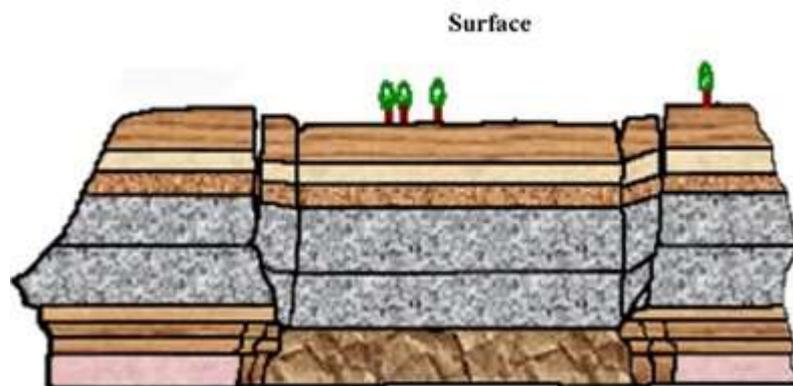


Figure 36 - Schéma d'un effondrement

Le tassement

On qualifie de tassement les désordres affectant les terrains de surface de faible ampleur tant en termes d'abaissement de terrains (ordre décimétrique) qu'en termes d'extension de la surface affectées. Les effets ne se font généralement sentir que sur les bâtiments les plus sensibles (grandes emprises, grandes hauteurs). Au-dessus de certains dépilages à faible profondeur (< 50 m), même bien foudroyés, les terrains ne se recomparent pas complètement. Les zones déconsolidées par le foudroyage sont susceptibles de se compacter localement par exemple sous l'action de la circulation d'eau météorique.

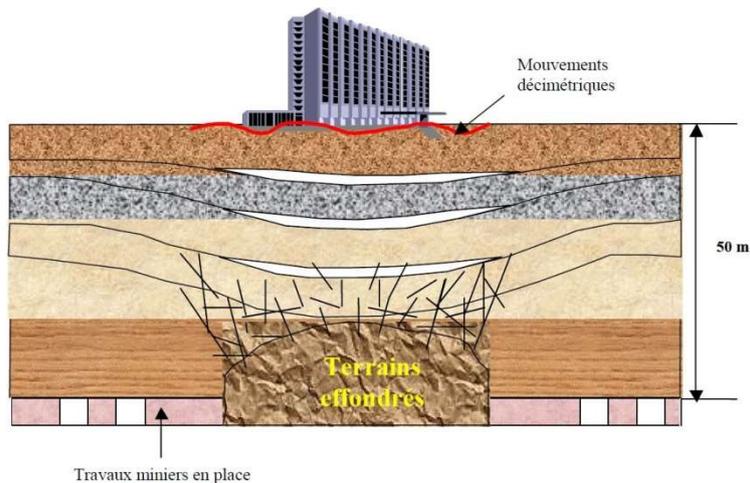


Figure 37 - Représentation d'un effondrement

Les principaux évènements intervenus sont :

- Oct. et nov. 1996 : affaissements progressifs de la cité de Coinville et de la rue de Metz à Auboué.
- Mai 1997 : affaissements progressifs de Moutiers haut.
- Août 1998 : inondation de caves dans le bourg de Moyeuve-Grande.
- Octobre/novembre 1998 : fontis dans les jardins et cours intérieures de la cité Curel à Moyeuve-Grande.
- Octobre 1998 à Février 1999 : effondrement progressif touchant des habitations de Roncourt.
- Été 1999 : présence d'air appauvri en oxygène provenant de la mine à Moyeuve-Grande.
- Juin 2002 : zone à risque d'effondrement brutal localisé à Thil (Cité du Stock).
- Mars 2002 : zone à risque d'effondrement brutal non écarté à Fontoy (Rue de Longwy).
- Décembre 2004 : zone à risque d'effondrement brutal non écarté à Moutiers (Cité de Gorcy).

Partie 7 : Le cycle du fer

Même si les réserves de minerai de fer sont importantes sur Terre, car c'est un élément très courant, il est important de le recycler pour le réutiliser, puisqu'il est facile de le refondre indéfiniment dans une aciérie. Recycler un métal permet d'une part d'économiser de l'énergie car il en faut moins que pour le produire à partir du minerai, d'autre part cela évite de laisser des objets rouiller lentement dans la nature.

Les objets à recycler les plus courants sont :

- Boîtes de conserve, canettes, bombes aérosol, bidons métalliques, ...
- Appareils ménagers, vélos, voitures, ...
- Eléments de constructions métalliques, ...

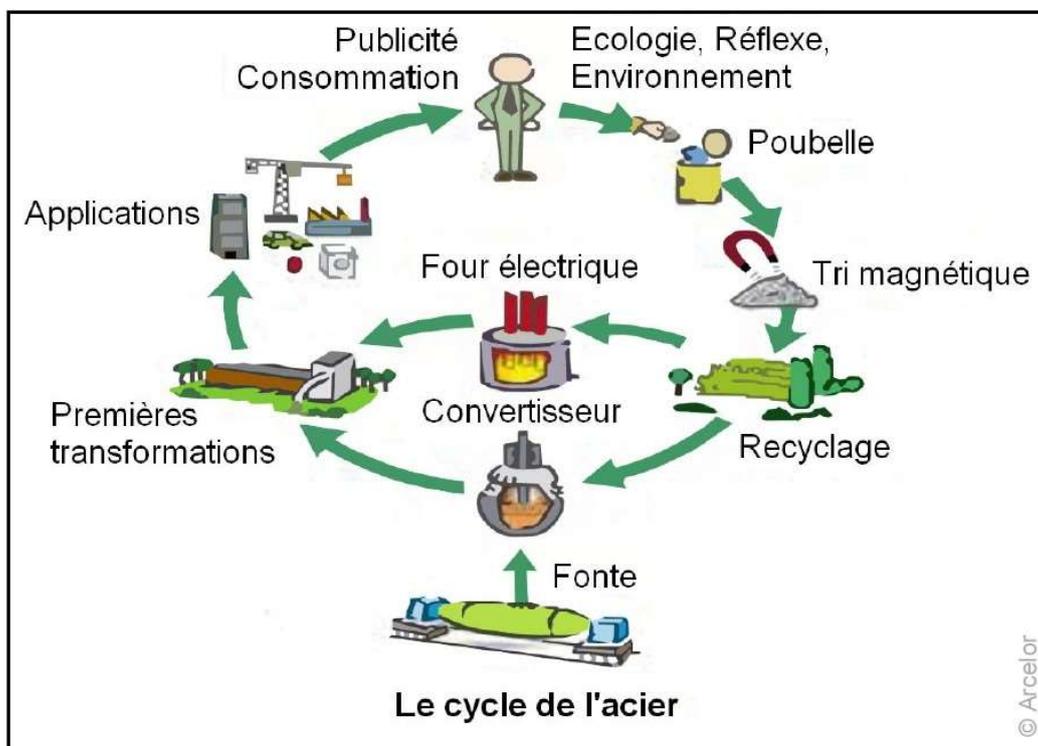


Figure 38 - Cycle de l'acier

CONCLUSION

Nous espérons que ce guide du professeur vous a donné envie d'amener vos élèves au musée, et qu'il vous apporte les éléments suffisants pour intégrer cette visite dans votre progression pédagogique. Cette visite doit être un retour dans le temps de l'histoire des deux derniers siècles, mais aussi dans les temps géologiques à l'époque des dinosaures. C'est aussi l'occasion de sensibiliser les jeunes sur les sujets environnementaux et d'exploitation des ressources de notre Terre. N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques sur ce document afin que nous puissions le faire évoluer.

Quelques compléments

Annexe 1 : l'évolution des technologies et des méthodes de travail dans les mines Lorraine.

Par le biais de cette approche les élèves peuvent découvrir toute l'évolution du matériel et de l'équipement du mineur mais aussi des conditions de travail que cela implique.

- Des origines à 1914 : la mine à main
- 1910-1950 : les débuts de la mécanisation
 - La traction électrique / La perforation pneumatique / Le tir à l'oxygène liquide
- Les débuts du chargement mécanique
 - 1950-1997 : la mine contemporaine / Le chargement mécanique / Foration et tirs en grandes volées / Le boulonnage.

années		1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
accès	en surface															
	flanc de coteau															
	puits															
	descenderie															
exploitation	tranchées															
	piliers délaissés															
	traçages et dépilages															
abatage foration	manuel															
	outils à air comprimé															
	jumbo															
tir	poudre noire															
	oxygène liquide															
	explosifs nitrés															
chargement	manuel															
	catapultes à air															
	thew															
	conway															
	estacade															
	joy et navette															
	chargeuses diesel															
roulage transports souterrains	à dos d'homme															
	cheval															
	chaîne flottante															
	locomotive à vapeur															
	locomotive à benzol															
	locomotive électrique															
	bande convoyeuse															
soutènement	piliers perdus murs															
	boisages															
	tiges boulonnées															
éclairage	lampe à mèche															
	a carbure															
	électriques															

Annexe 2 : petit rappel d'histoire

Périodes	Régimes	Dirigeants
1804/1814	1 ^{er} empire	Napoléon I ^{er}
1815/1830	Restauration	Louis XVIII / Charles X
1830/1848	Monarchie de juillet	Louis Philippe
1848/1852	2 ^{ème} république	Louis Napoléon
1852/1870	Seconde empire	Napoléon III
1870/1945	3 ^{ème} république : <ul style="list-style-type: none"> • Guerre de 1870 • 1871 : traité de Francfort avec l'Allemagne, la Moselle devient allemande • 1873 • 1879 • 1887 • 1894 • 1895 • 1899 • 1906 • 1913 • Guerre de 1914/1918 • 1919 : traité de Versailles, retour de la Moselle à la France • 1920 • 1924 • 1929 : krach boursier • 1930 : loi Maginot • 1931 • 1932 • 1936 : front populaire • 1939/1945 : seconde guerre mondiale • 1940 • 1946 	<p>Adolph Thiers</p> <p>Patrice de Mac Mahon Jules Grévy Sadi Carnot Jean-Casimir Perier Félix Faure Emile Loubet Armand Fallières Raymond Poincaré</p> <p>Paul Deschanel / Alexandre Millerand Gaston Doumergue</p> <p>Paul Doumer Albert Lebrun</p> <p>Philippe Pétain Félix Gouin / Georges Bidault / Léon Blum</p>
1946/1956	4 ^{ème} république <ul style="list-style-type: none"> • 1947 • 1951 : création de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier • 1954 	<p>Vincent Auriol</p> <p>René Coty</p>
1958 à aujourd'hui	5 ^{ème} république <ul style="list-style-type: none"> • 1965 • 1969 • 1973 : première crise pétrolière • 1974 • 1981 • 1995 	<p>Charles De Gaulle Charles De Gaulle Georges Pompidou</p> <p>Valéry Giscard d'Estaing François Mitterrand Jacques Chirac</p>