

# i ntroduction

En Wallonie, tout le monde connaît l'industrie du charbon qui constitue un pan majeur de l'histoire industrielle et économique de la Belgique. Les mines de charbon ont fonctionné de manière intensive dès le XIX<sup>e</sup> siècle, avec une apogée entre 1850 et 1960. Certains se souviennent également des mines de plomb et de zinc des Cantons de l'Est dont l'exploitation s'est terminée avec la Seconde Guerre mondiale. En revanche, peu de monde sait que le plomb, le zinc, la pyrite ont été intensivement exploités dès le Moyen Âge, et cela dans toute la Wallonie, depuis les vallées du Viroin, de la Vesdre, de la Lhomme jusqu'aux portes des grandes villes telles Namur ou Liège.

Quant aux mines de fer, très peu savent qu'elles ont existé chez nous. Plus rares encore sont ceux qui savent dans quelle mesure le minerai de fer a été exploité.

Or, le fer dépasse le charbon en nombre de gisements, en nombre d'exploitations, en volumes extraits, en durée d'existence et en régions concernées. L'origine de cet oubli est imputable au fait que les exploitations du minerai de fer en Wallonie se sont majoritairement éteintes dans les années 1870-1880 et qu'il ne reste pratiquement aucun témoin de cette riche industrie sinon des ouvrages bibliographiques et historiques, souvent anciens et peu diffusés dans le grand public. Quant aux inventaires traitant des gîtes de minerai fer en Belgique de manière scientifique, l'un des rares est celui de A. Delmer qui date de 1912-1913. Les aspects géologiques et historiques sont – malheureusement – rarement combinés dans les travaux de nos prédécesseurs. Or, ces deux aspects sont pourtant indissociables et intimement liés.

D'une certaine manière, l'histoire de notre pays, de ses populations, de ses conflits, de ses découvertes et de ses technologies reflète celle de ses ressources naturelles en métaux, en fer surtout. Pour vous en convaincre, pensez aux milliers de gisement de fer répartis avec une densité parfois impressionnante, tous exploités depuis la nuit des temps et jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Sous domination romaine, l'Entre-Sambre-et-Meuse pouvait même se revendiquer comme le centre sidérurgique du monde occidental. La Wallonie entière conserva son statut dominant jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, tant la production était importante, le minerai de qualité et les techniques de transformation, redoutablement efficaces!

Tout un pan de notre histoire industrielle, est ainsi resté dans l'ombre, oublié ou éclipsé par l'essor

– récent – de l'industrie charbonnière. Et pourtant, la Révolution industrielle des années 1830 a été provoquée par la découverte de nouveaux procédés de traitement des minerais de fer (hauts-fourneaux à coke, par exemple). Révolution amorcée, non pas en Angleterre ou aux USA, mais bien dans les vallées wallonnes où, il y a moins de 150 ans, on pouvait encore trouver fourneaux, forges, marteaux et des dizaines d'autres usines à transformer le fer. Toutes ces usines étaient intégralement alimentées par le minerai produit dans le voisinage direct. Chaque village ou presque possédait ses propres minières et rares sont les localités wallonnes qui ne possédaient par leur propre gîte, même de petite taille. Partout où il y avait 50 kg de minerai à prendre, il a été pris! Et là où il n'y avait pas de minière, il y avait une rivière ou un ruisseau suffisamment puissant pour actionner la roue à aubes des forges et affineries.

La toponymie est généralement marquée par ces industries villageoises. N'y a-t-il pas près de chez vous une rue de la forge, un ruisseau des minières, un lieu-dit au nom évoquant les mines, les fourneaux, le fer? N'y a-t-il pas un lieu attribué aux « Sarrasins », à leur feu ou leurs « crayats », qui sont des vestiges gallo-romains, ou plus anciens?

Peu de villages, peu de villes en Belgique peuvent se vanter de n'avoir jamais, à une époque où une autre, connu le travail direct ou indirect du fer. Même dans les endroits les plus improbables, jusqu'au centre des villes comme Liège, Namur, Arlon, et même Bruxelles!

Pour suivre, voici quelques chiffres qui résument assez bien les amples dimensions qu'a atteint l'industrie minière en Wallonie. Tout d'abord le résultat de l'inventaire et de la cartographie: plus de 3000 gîtes et lieux où l'exploitation du minerai de fer est prouvé par des données historiques ou géologiques, 64 concessions minières accordées entre 1810 et 1920 pour le minerai de fer, seul ou en combinaison avec d'autres substances minérales. Néanmoins, ces chiffres importants sont peu parlants car la majorité des gîtes de minerai de fer ont été exploités sous le régime « minière » ou « exploitation libre », car le fer n'était pas considéré par la loi comme un minerai concessible. À l'inverse, les minerais de plomb, de zinc, de cuivre, de manganèse, la baryte, le soufre et les pyrites ont été concédés dans 97 concessions. On obtient donc un total de 204 concessions minières dédiées aux minerais métalliques et au fer sur le territoire wallon, ce qui représente 279291 ha disper-

sés sur tout le territoire wallon. À celles-ci s'ajoutent 152 concessions charbonnières ainsi qu'une cinquantaine de curieuses concessions pour le graphite, l'alun et l'or, héritées de la Prusse du XIX<sup>e</sup> siècle. Mais revenons-en au fer. Les statistiques nationales ne remontant pas avant 1830, il est très difficile d'estimer les productions minières globales avant cette époque. Néanmoins, voici un chiffre représentant la somme des productions en minerai de fer en Belgique<sup>1</sup>: 8270000 tonnes de minerai brut, produites entre 1830 et 1975 (Delmer, 1913, p. 435; Ancion & Van Lecwijck, 1947, p. 96; Dejonghe, 1976, p. 97).

Sachant que durant cette période, les exploitations n'ont fait qu'approfondir d'anciens travaux miniers, on peut raisonnablement considérer que la production antérieure à 1830 est du même ordre de grandeur, soit un total d'environ 20000000 tonnes de minerai, au minimum, tout gisement et toute époque confondus.

Considérant une densité moyenne des minerais de 3, cela revient à dire que le volume extrait avoisine 6,5 km<sup>3</sup>... soit autant de vide plus ou moins remblayé sous nos pieds! Et c'est sans compter les travaux souterrains pour les autres minerais, le charbon, les carrières souterraines, etc.

Mais où ont bien pu passer ces impressionnants volumes de minerais? Fondus et transformés en fonte, en fer et en acier! Sachant qu'avant 1865 la Belgique n'a pas importé le moindre gramme de minerai de fer mais qu'au contraire, elle en exportait vers les Pays-Bas et l'Allemagne, la majorité des productions ont donc été consommées par nos ancêtres. Mais où est passé tout ce fer? Il est dans les armes des Gaulois, les outils des Romains, les armures des Croisés, les charrues, les marteaux et les enclumes, dans les casseroles, les pots, les boulets de canons de la Renaissance, etc. Dans un registre moins artisanal, les productions modernes ont été transformées en locomotives, en rails de chemin de fer, en clous, en poêles, en taques d'égout, en tôles, en pylônes, en pioches, en ponts, en cargos et en millions d'objets usuels!

Cet ouvrage, espérons-le, suscitera des vocations parmi les historiens ou les simples curieux qui voudront se pencher sur le passé des villages et découvrir les industries d'antan. Disons que cet ouvrage est à considérer comme un inventaire commenté car, à notre grand regret, nous n'avons pu décrire de manière rigoureuse la géologie locale, propre à chaque gîte, ni l'historique des exploitations tant les informations sont dispersées ou inexistantes. Nous ne pouvons non plus affirmer que notre inventaire est exhaustif car nombre de gîtes n'ont pu être positionnés avec précision tandis que d'autres n'ont laissé

aucune trace ni dans les archives historiques, ni dans les descriptions géologiques, et encore moins sur le terrain.

Les détails locaux sont présentés de manière à ce que quiconque recherche une information régionale n'ait pas à parcourir 200 pages pour rassembler des détails dispersés dans plusieurs chapitres. C'était malheureusement le cas dans la plupart des ouvrages consultés, où les informations géologiques et historiques étaient découplées.

Chaque fiche concerne donc un domaine plus ou moins vaste, découpé selon un mélange de critères géologiques, historiques et géographiques. Pour chacun d'entre eux, nous avons tenté de donner un historique et un aperçu des conditions de gisement. Chaque fiche a été construite de manière à ce qu'elle puisse être lue indépendamment des autres, c'est pour cette raison que les informations sont parfois redondantes. Pour comprendre les détails locaux, nous avons jugé utile de présenter une brève histoire de l'industrie du fer et des considérations législatives qui s'y rapportent. De même, un chapitre entier est dédié à la gîtologie, pour tenter d'éclaircir la genèse des gisements. Les travaux réellement scientifiques consacrés aux gisements de fer étant très rares, les descriptions géologiques sont volontairement limitées aux points essentiels. Enfin, un lexique des termes géologiques et miniers vient compléter l'ouvrage tandis que la bibliographie devrait donner des pistes de recherche au lecteur intéressé.

## Coup d'œil sur le projet

En 2008, la Région Wallonne, en collaboration avec le Département de Géologie de l'Université de Liège, a lancé une étude pour établir une base de données cartographique des gisements de minerai de fer.

La première raison à ce travail était la remise à jour des données dans le but de créer un nouvel ouvrage de référence qui devrait servir tant aux géologues, qu'aux géographes, et aux historiens dans leurs recherches locales ou régionales.

Une seconde raison réside dans le besoin de l'administration de répondre aux questions liées à l'aménagement du territoire ou à l'aide à la prise de décision lors de travaux publics ou privés. En effet, les zones où du minerai a été exploité comportent des contraintes géotechniques potentielles. Tous les sites ne sont pas des gryères dangereux, car les travaux, fort anciens, sont depuis longtemps remblayés et équilibrés, mais il est toujours prudent de connaître les problèmes

<sup>1</sup> C'est-à-dire en Wallonie, car les gisements de la Flandre ont joué un rôle assez restreint.

potentiels pour éviter les éventuelles mauvaises surprises, et prévoir les moyens de les gérer.

Une raison supplémentaire concerne l'intérêt croissant du public envers les ouvrages traitant de leur région, de leur village. Grâce à la cartographie réalisée, beaucoup de Wallons apprendront que du fer a autrefois été extrait dans leurs forêts, dans leurs champs et dans leurs jardins!

De plus, rares sont les régions qui, comme la Wallonie, possèdent une telle richesse géologique et une telle histoire métallurgique. Il paraissait donc logique de se munir d'ouvrages à la hauteur de ces richesses, tant dans son ensemble, qu'en détail et précision. Une compilation de toutes les données existantes et disponibles sur les gisements de minerais de fer en Wallonie arrive donc à point nommé.

Là où 600 à 700 gîtes étaient attendus au début du travail de recherche, plus de 3 000 gisements ont été répertoriés, cartographiés et encodés dans une base de données de traitement géographique.

Un grand nombre de documents ont été consultés: ouvrages scientifiques anciens; études géologiques locales; travaux historiques locaux; cartes topographiques et militaires anciennes; cartes géologiques; plans miniers des concessions; rapports d'ingénieurs des mines; recueils de comptes; etc.

Les principales données cartographiques proviennent des plans miniers et des rapports d'ingénieurs des mines, conservés dans les dossiers des concessions minières à Cellule Sous-sol Géologie du Service public de Wallonie, à Jambes.

Une fois la documentation compilée, le travail de cartographie a pu débuter. Pour des raisons de simplification technique et de vitesse de travail, les gisements ont tout d'abord été décalqués sur des cartes topographiques au 1/10 000. Chaque objet décal-

qué a reçu un code alphanumérique débutant par F (pour fer) suivi d'un premier groupe de trois chiffres identifiant la concession éventuelle à laquelle le gîte appartient (par exemple, 227 pour la concession des Maîtres de Forges et de Couthuin). Les gisements hors concessions ont tous été désignés par 999, les minerais en couche, courant entre les concessions, ont été désignés par 000. Les quatre derniers chiffres reprennent la numérotation des objets avec éventuellement un suffixe a, b, c, ... pour des doublons provenant de plusieurs sources différentes.

Parallèlement à la cartographie, une base de données a été réalisée, indiquant pour chaque gîte désigné par son code alphanumérique, son nom, sa localisation, la concession à laquelle il appartient éventuellement, la source de l'information, le type de gisement et le type d'exploitation (à ciel ouvert, par mine, en minières, etc.).

L'étape suivante a été la numérisation des gîtes décalqués sur les cartes au 1/10 000 par un logiciel de traitement géographique. La base de données a ensuite été attachée à la cartographie numérique pour rendre possible l'interactivité de la carte virtuelle.

En fonction de la précision de la source et de la vraisemblance de la position, une première sélection des gîtes encodés a été effectuée. Les doublons ont été éliminés de la même manière pour clarifier la carte. Des 3 312 objets initialement numérisés, il ne reste que 2 826 gîtes présentés sur la carte.

La carte numérique a ensuite été transformée en « couche » venant se superposer à la carte géologique de Wallonie en tant que thématique supplémentaire. Il est donc loisible à tous de consulter dès à présent la carte des gisements de fer sur le site Internet de la *Carte Géologique de Wallonie* (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique/>).





L'histoire des mines, du minerai et de son exploitation est indissociable de l'histoire industrielle du fer, de son travail, de ses traitements et de son utilisation. Il est donc important de se pencher sur le passé des fourneaux, forges et autres usines à fer pour comprendre l'importance de la sidérurgie et des mines.

En effet, des progrès colossaux ont fait évoluer le travail du fer depuis ses premiers balbutiements dans la Haute Antiquité jusqu'à l'émergence des monstrueux complexes sidérurgiques actuels. Paysage, société et histoire ont été profondément marqués par l'activité des mines, fourneaux et forges dans nos régions au travers des âges.

Retracer l'historique de la sidérurgie wallonne n'est pas chose évidente car si les documents abondent, les détails aussi. Le but de ce chapitre n'est pas de dresser une étude historique complète qui mériterait à elle seule des centaines de pages. Aussi, seules ses grandes lignes seront traitées ici, pour mettre en lumière les faits les plus marquants et les plus originaux de cette industrie mal connue.

## Le fer dans la Préhistoire et l'Antiquité

La grande aventure du fer commence en même temps que celle de l'humanité. Les peuplades préhistoriques ont utilisé les minerais dès leur arrivée en Europe, non pour le fondre ou en faire des bijoux, mais pour le broyer et l'utiliser sous forme de pigments : ocre rouge, ocre jaune, etc. Chez nous, des traces de minerais ont été découvertes partout où les hommes se sont installés. Dans certains cas, il a été possible de déterminer l'origine de ce minerai, et là, surprise, on s'est rendu compte que celui-ci avait été transporté sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres, sans doute soumis au même genre de troc que les silex ! C'est le cas du minerai découvert dans les grottes du Trou de Chaleux, dans la vallée de la Lesse au sud de Dinant, qui semble provenir du gisement de Tailfer, près de Namur (Daoust, 2006b, p.78).

Les minerais de fer ont, sans doute, été utilisés pour le métal dès -5000 ans, en Asie centrale et en Inde. Quant aux plus anciens foyers du monde, ils ont été découverts de part et d'autre du Caucase et sont datés de -1700 ans (Tinchit, 1995, p. 2). On trouve dans le Donetz ukrainien (la Scythie romaine), des vestiges de foyers datés de -1500 ans. C'est vraisemblablement dans cette région que s'est développée la sidérurgie avant d'être importée chez nous au cours des 5 siècles précédents notre ère. Cette nouvelle technique, qu'est la fonte du minerai, s'est répandue avec les mouvements de populations vers

l'Ouest, par la vallée du Danube et la Méditerranée (voir figure 1.1.).

Vers -500 ans, l'Âge du Fer (dit de la Tène) a débuté dans nos contrées. La métallurgie s'y est rapidement développée, créant en deux siècles, les premières provinces industrielles de l'Histoire : la Norique, l'Angleterre, le Jura et ce qui allait devenir la Gaule belgique (Gillard, 1971, p. 32). A cette époque, le minerai n'était pas simplement grappillé en surface comme on pourrait le croire. L'exploitation souterraine était déjà bien rodée comme Jules César l'indique dans son récit de la Guerre des Gaules, exprimant son étonnement devant les vastes champs d'exploitation minière des Nerviens et des Eburons, devant l'art et l'intelligence que ceux-ci déployaient pour le creusement des galeries souterraines (Denoel, 1930, p. 171) et la fabrication d'armes en «*ferrum gallicum*» (Detroz, 1944, p. 173). Le traitement du minerai était relativement simple, mais peu efficace : c'est la méthode directe. Le foyer n'était qu'un trou creusé dans le sol – de préférence dans une terre argileuse – à une profondeur de l'ordre de 50 cm et possédant une ouverture au sommet, face aux vents dominants. Ces fours sont les bas fourneaux désignés sous le nom de « foyers catalans ». Ce réceptacle était rempli de minerai disposé en couche en alternance avec le bois sec. Dans le meilleur des cas, on estime que la température atteignait 900° à 1 000° en fonction du bois utilisé et de la force du vent. C'était une température faible mais suffisante pour provoquer la réduction du minerai hydraté (Franquoy, 1861, p. 9). Le fer fondu et pâteux s'accumulait au fond du creuset, formant une loupe encrassée de scories et de charbon de bois. Une fois refroidi, le foyer était détruit pour récupérer la loupe de métal afin de la travailler pour la débarrasser de ses impuretés. Avant d'être transformé en objet quelconque, le métal « brut » devait être épuré et homogénéisé par martelage (le « cinclage », Brulet, 2008, p. 208). Le métal épuré était ensuite modelé pour être envoyé vers les forges. Ces « demi-produits » avaient une forme particulière (lingot, barre, plat, bipyramidé, etc.) qui attestait de leur origine géographique, de la qualité du métal ou encore de son degré d'affinage (Beranger, 2009).

Les scories résultant de ces opérations contenaient encore 40-60% de fer (Tahon, 1866, p. 795) mais étaient considérées comme des déchets et abandonnées sur place. Foyer après foyer, fusion après fusion, les scories s'accumulaient autour des centres sidérurgiques. Ce sont les fameux « crayats des Sarrasins » qui jonchaient des centaines de sites dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, dans les vallées de l'Ourthe, de la Lesse et du Viroin, jusque dans l'Ardenne profonde et la Gaume. La dénomination « crayat » désigne, en wallon, quelque chose de brûlé, de noirci ou de fondu. Quant au terme de Sarrasins, il s'appliquait, non pas dans le sens moyenâgeux d'arabes ou d'orien-

taux, mis plutôt dans celui de païen, et donc antique, ancien, et désignait tout ce qui existait depuis des époques trop anciennes pour la mémoire collective (Van den Broeck *et al.*, 1910, p. 214).

Les archéologues ont commencé à s'intéresser à ces « crayats » au XIX<sup>e</sup> siècle, lorsque les maîtres de forges ont pris l'habitude de faire ramasser les scories pour les fondre dans leurs fourneaux. Pareils tas de scories ont été découverts dans des centaines de localités, toujours à proximité d'anciens bas fourneaux et donc des gisements de minerais. Certains d'entre eux étaient réellement gigantesques, comme celui de Boussu-en-Fagne – près de Couvin – dont le volume dépassait 8 000 m<sup>3</sup> (Tahon, 1866, pp. 793-795) ou encore celui de Vireux-Walleran, dans la vallée de la Meuse près de Givet, qui atteignait 48 750 m<sup>3</sup>! (Jonet & Lemant, 1981, p. 40). Les auteurs du XIX<sup>e</sup> siècle estimaient à 1 000 000 T la quantité de scories anciennes refondues dans les hauts-fourneaux modernes entre 1830 et 1860 (Brulet, 2008, p. 210). La récupération de ces rebuts d'exploitation aurait fait disparaître des collines entières!

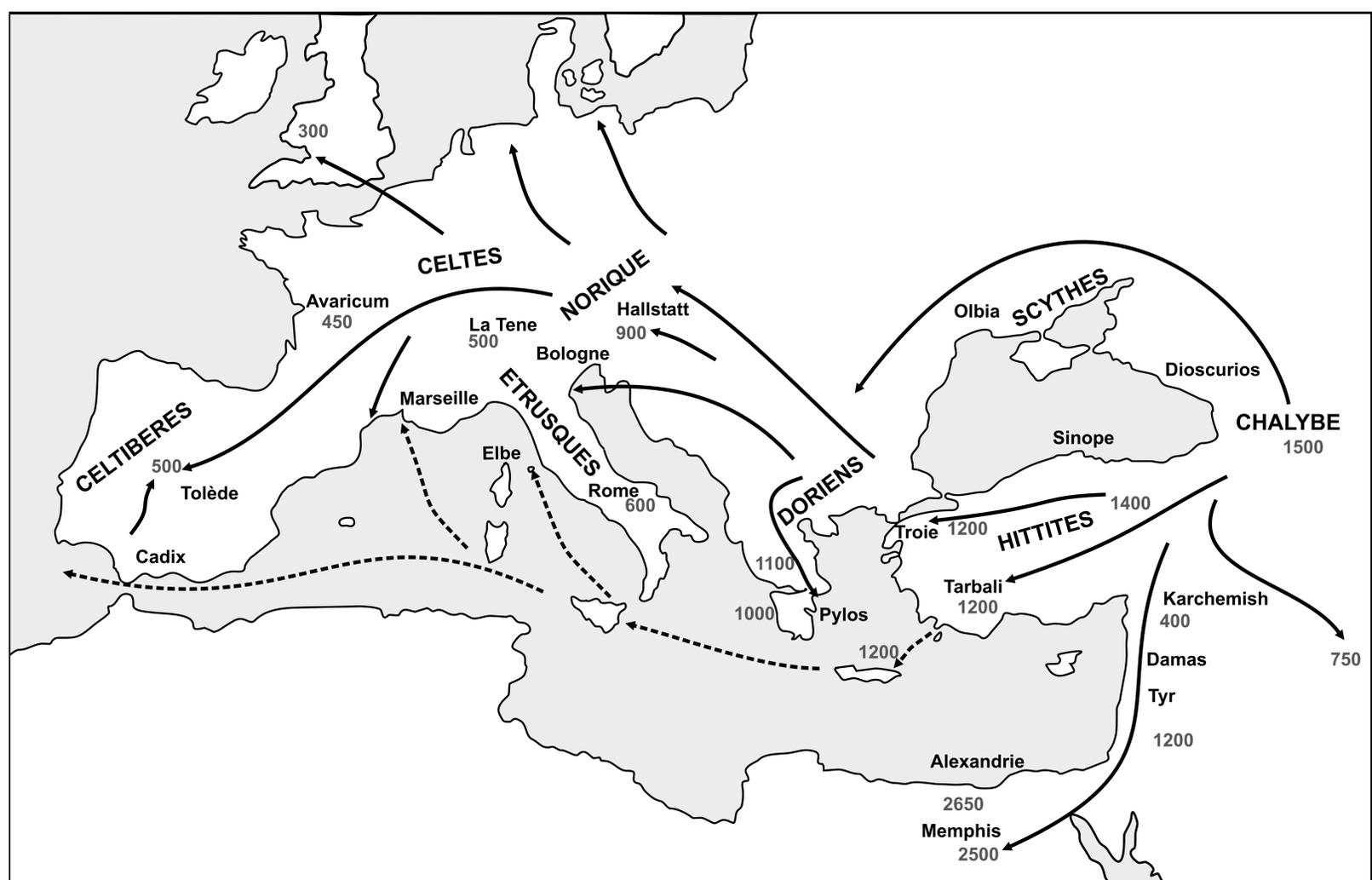
Des bas fourneaux « gaulois », dans des états de conservation remarquables ont été mis à jour à Lustin (dans la berge de la Meuse; Berchem, 1873, p. 520); à Romedenne (18 foyers creusés dans l'argile et encore

remplis de scories; Werner, 1968, pp. 21-24); à Treignes (plusieurs foyers et tas de scories dispersés sur plus de 5 ha; Doyen, 1981, pp. 15-16); à Roly (13 foyers; Doyen, 1984, p. 19); à Morville (6 foyers entourés d'un vaste complexe sidérurgique; Del Marmol, 1881, pp. 220-224); à Nismes, Dourbes, Mettet, Anthée, Bourlers, Sautour, Chastres, Virelles, Macquenoise, Le Roux, Matagne, Blicquy, Liberchies, Amay, ou encore Vezein (24 fourneaux; Brulet, 2008, pp. 208-209). La plupart d'entre eux sont datés du I<sup>e</sup> siècle de notre ère (époque de la Tène III-IIIb; Doyen, 1984, p. 11).

L'Entre-Sambre-et-Meuse était sans doute l'une des plus importantes zones d'exploitation du fer de l'Europe occidentale pré-romaine (Pleiner, 1964, p. 55).

Le premier bouleversement de l'histoire sidérurgique en Wallonie survint lors des invasions romaines. Les Romains, inspirés par leurs expériences en Grèce et en Asie, ont industrialisé la sidérurgie. Ils ont fait travailler des esclaves dans les mines, ont utilisé des soufflets en peau pour attiser les foyers afin de ne plus dépendre du vent, mais ont surtout remplacé le bois sec par un combustible bien plus puissant : le charbon de bois! En effet, celui-ci, en plus d'élever la température dans les foyers, créé un environnement plus réducteur en apportant du carbone et permet donc

FIGURE 1.1. : carte générale retraçant le développement de la sidérurgie en Europe et au Proche-Orient durant la Proto-histoire. Les noms en majuscule sont ceux des principaux peuples, les noms en minuscule, les principales cités. Modifié d'après C.R.H.S. (1977).



de réduire plus facilement le minerai (Tahon, 1909, p. 69). L'efficacité des fourneaux au charbon de bois était incontestable puisque la quantité de fer produite passa de 5-6 kg pour la loupe des foyers anciens à 50 kg, en deux fois moins de temps (Franquoy, 1861, pp. 14-15). Malgré cela, le rendement restait assez bas puisque les scories contiennent encore 40% de fer en moyenne.

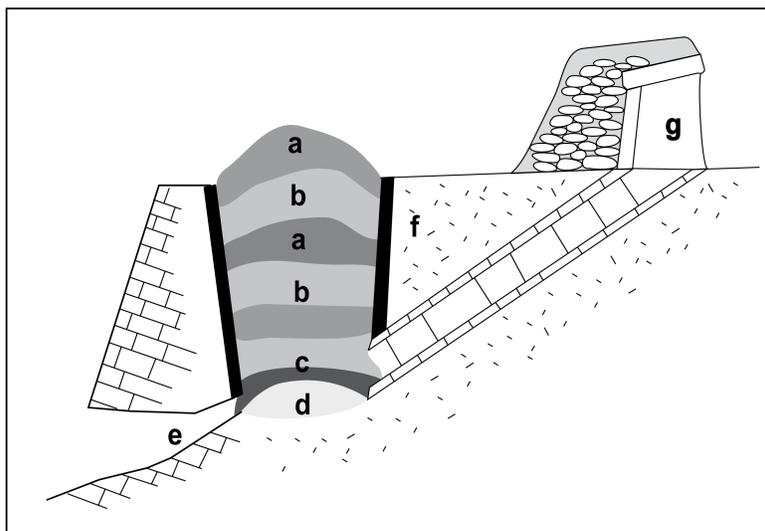
La multiplication des fourneaux s'est poursuivie durant les I<sup>er</sup> et II<sup>e</sup> siècles. Ce sont les « bas foyers volants » que les fondeurs déplaçaient au gré de la découverte et de l'épuisement des gisements (Tinchit, 1995, p. 4). On peut raisonnablement estimer que chaque villa romaine possédait à son service un ou deux fondeurs et autant de forges pour subvenir à ses besoins en armes, outils, clous, etc.

Les invasions franques et la chute de l'Empire romain dans les siècles suivants ont provoqué un net ralentissement de l'industrie. Celle-ci s'est faite plus discrète et très locale. Les exploitations « industrielles » des romains ont disparu et ont été remplacées par des mines familiales où les ouvriers étaient de simples paysans travaillant dans les champs l'été et dans les mines l'hiver (Dargent, 1949, p. 202).

### Les perfectionnements du Moyen Âge

Au début du Moyen Âge, les industries, très affaiblies, ont connu une renaissance sous l'impulsion des abbayes (Malonne, Fosse, Lobbes, Waulsort, etc.) qui possédaient forêts, mines et main d'œuvre (Gillard, 1971, p. 37). Les méthodes n'ont cependant guère changé au cours de cette époque, sinon de petits

FIGURE 1.2.: schéma d'un bas fourneau classique, enterré et muni d'une prise d'air indépendante. La cuve a une hauteur de l'ordre de 1,5 m. Légende: a: couche de minerai; b: couche de charbon de bois; c: laitier et scories; d: loupe de fer fondu; e: creuset; f: flancs de la cuve en pierres réfractaires; g: prise d'air. Modifié d'après Evrard & Descy (1948, p. 17).



perfectionnements apportés aux bas fourneaux. Leur taille a augmenté petit à petit jusqu'au XI<sup>e</sup> siècle, pour atteindre 2,5 m de haut pour un diamètre de 50 cm. La majeure partie des fourneaux restait toutefois enterrée pour éviter les pertes de chaleur et pour y charger charbon et minerai par le haut, sans trop de difficultés (figure 1.2.). Une prise d'air, était souvent aménagée à quelques mètres du four. Le minerai était chargé soit en couches horizontales, alternant avec le charbon de bois; soit en compartiments verticaux. Dans ce cas, le combustible occupait le côté de l'arrivée d'air, le minerai étant disposé dans l'autre moitié pour être traversé par les gaz émis par la combustion du charbon. Au contact du dioxyde de carbone, le fer se réduisait plus facilement (Evrard & Descy, 1948, pp. 18-19). Ces fourneaux s'inspiraient des « *stuckofen* » (fourneaux à masse) d'origine germanique qui permettaient de produire jusqu'à 100 kg de fer par coulée (Tahon, 1909, p. 70).

Le calme relatif de l'époque a permis un rapide développement des villes et de leur population, conduisant à de fortes demandes en métaux et une diversification considérable de son usage. Les croisades du XI<sup>e</sup> et XII<sup>e</sup> siècles ont également été de grandes consommatrices de fer pour l'artillerie et l'armurerie (Gillard, 1971, p. 38). Cette augmentation de consommation a poussé les fers à produire plus et plus vite. Les fourneaux sont donc devenus plus grands et les quantités de fer produites à chaque coulée se sont accrues en parallèle. Cependant, le maniement des soufflets et le martelage des loupes de plus en plus volumineuses sont devenus de plus en plus difficile pour des bras d'homme. Les fers et forgerons se sont vus obligés de trouver des énergies alternatives. Inspirées par les techniques du Proche-Orient décrites par les Croisés, les usines ont dès lors puisé leur force dans l'énergie hydraulique des rivières. Soufflets et marteaux se sont vus activés par un arbre à cames relié à une roue à aube entraînée par les eaux des ruisseaux. Des dérivations et des retenues d'eau ont été créées afin de produire des chutes dont la hauteur variait en fonction de l'importance de l'usine.

Une des plus grandes conséquences de cette innovation technique a été d'ordre paysagère et géographique: les fourneaux ont migré vers les vallées alors que, depuis le début de l'Histoire, ils se trouvaient à proximité des minières, sur les plateaux. C'a été la première délocalisation industrielle de l'Histoire! Les usines se sont sédentarisées et ont été construites en matériaux plus durables, souvent en pierres réfractaires.

Les soufflets hydrauliques, attisant le charbon de bois de manière beaucoup plus efficace, ont permis d'atteindre des températures plus élevées dans les fourneaux et donc d'augmenter la proportion en métal liquide. Celui-ci, soumis au carbone des gaz et du charbon de bois, s'écoulait dans le fond du fourneau

en formant une sorte de magma plus visqueux que le fer pur. Une fois refroidi, ce fer, dit « cru » ou « aigre », donnait un métal qui, chauffé dans les feux de forges pour être battu au marteau, entrainait en fusion soudainement sans avoir atteint le point de blanc (Tahon, 1909, p. 71). Après solidification, il prenait l'aspect de scorie d'une grande dureté mais très fragile au choc : la fonte !

Les ferons du XII<sup>e</sup> siècle considéraient ce métal curieux comme un déchet car impropre aux applications classiques du fer pur. Néanmoins, lorsque la fonte était réchauffée dans un petit foyer, pour oxyder le reste du carbone, elle se transformait en « fer doux », ductile et utilisable dans les forges.

La production de la fonte est rapidement devenue populaire car elle était plus simple que celle du fer. Elle pouvait être produite en continu sans qu'il y ait besoin d'arrêter le feu et permettait donc de consommer moins de charbon de bois. Cependant, la fonte devait être affinée dans des affineries avant d'être transformée dans les forges. Ce nouveau processus en deux temps est la méthode indirecte et la technique d'affinage porte le nom de « méthode wallonne » car développée dans nos usines (figure 1.3.). En 1861, Franquoy affirmait, non sans un chauvinisme rutilant, que le monde était redevable aux ferrons du Pays de Liège pour leur sidérurgie :

*« Enfin, ce fut surtout dans le Pays de Liège que la fabrication du fer par affinage de la fonte se généralisa et acquit de l'extension. Ce fut pour lui pendant trois siècles un monopole qui défia toute concurrence. Ainsi, tandis que la France ne connaissait encore que le travail des feux catalans ; tandis que l'Allemagne, l'Angleterre et la Suède suivaient les vieux errements, les nombreux et vastes fourneaux de Liège, Namur et Luxembourg, alimentaient le commerce du monde entier. Et quant, au XV<sup>e</sup> siècle, surgit dans le Pays de Liège la découverte des hauts-fourneaux, toutes les nations de l'Europe, l'Allemagne, la Suède et l'Angleterre surtout, lassées d'une lutte inégale, vinrent réclamer à prix d'or le concours des artisans liégeois pour importer chez elles les secrets et pratiques d'une industrie qu'elles n'avaient su atteindre. [...] Mais, en ce qui regarde la découverte de la fonte, nous la revendiquons comme une œuvre liégeoise, comme un des plus beaux titres de notre gloire nationale. »* (Franquoy, 1861, p. 24).

Du XIII<sup>e</sup> au XV<sup>e</sup> siècles, les fourneaux se sont perfectionnés : ils sont sortis de terre et étaient de plus en plus hauts (de 3 à 5 m) et étroits afin d'éviter les déperditions de chaleur (Tahon, 1909, p. 74). On les bâtissait désormais en pierres maçonnées dont les parois intérieures étaient tapissées de roches réfractaires : quartzite, grès ou poudingue, dont le plus apprécié était celui du Hoyoux. Les forgerons allemands et anglais venaient d'ailleurs le chercher

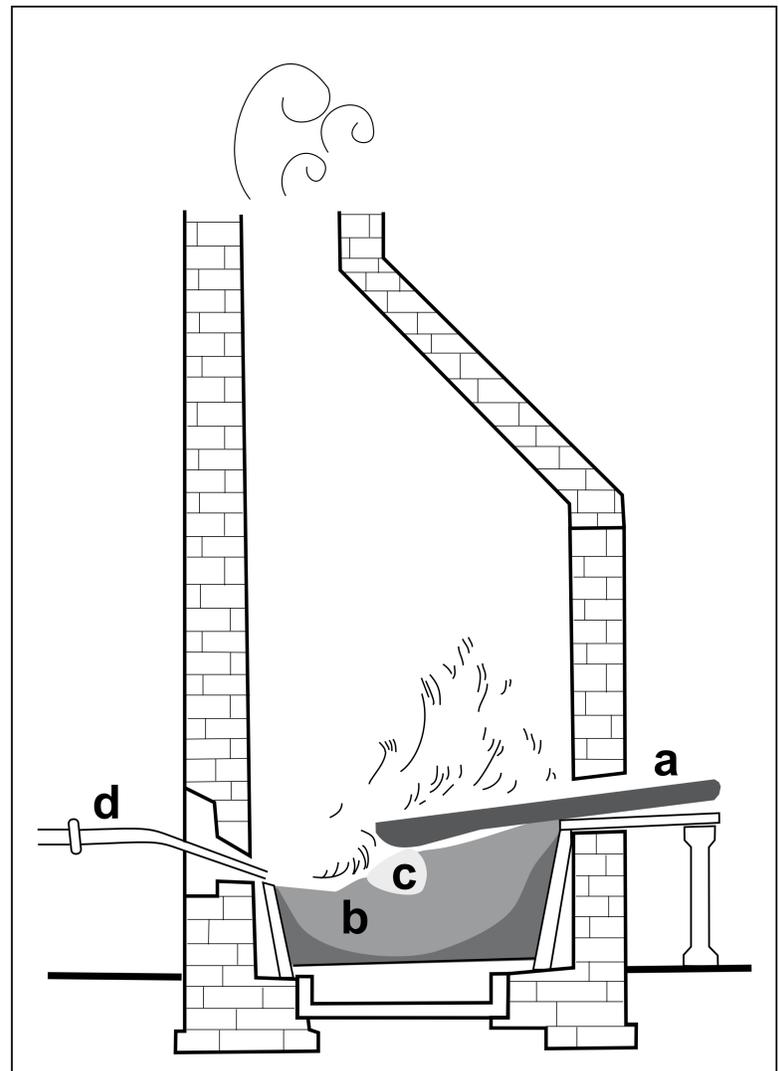


FIGURE 1.3. : coupe dans une affinerie, montrant la technique d'affinage de la fonte, dite « méthode wallonne ». Légende : a : gueuse de fonte brute ; b : feu de forge alimenté en houille ; c : fer affiné ; d : tuyère dirigeant l'air pour attiser le feu sous la gueuse. Modifié d'après Wagner (1921, p.52).

chez nous tant sa réputation était grande (Franquoy, 1861, p. 31). La forme intérieure du fourneau était celle de deux troncs de pyramides juxtaposés par leur base. La partie supérieure, la plus longue, constitue la cuve, avec le ventre à sa base et le gueulard s'ouvrant vers le haut. La pyramide inférieure, renversée, correspond à l'ouvrage, avec ses étalages s'ouvrant sur le creuset. L'ouvrage est percé par des tuyères raccordées aux soufflets. Ce sont les « flussofen » (fourneau à fondre ; figure 1.4.).

Le minerai était mêlé au combustible pour rendre la fusion plus homogène et chargé en continu par le gueulard. La fonte était recueillie dans le creuset puis coulée dans une rigole afin de former une « gueuse » (figure 1.5.). Pareils fourneaux pouvaient produire 10 tonnes de fonte par semaine et travaillaient 40 semaines par an, soit un rendement annuel de 400 tonnes ! (Tahon, 1909, pp. 76-77).

Les forges ont évolué, en nombre et en technique, de la même manière que les fourneaux. La légende veut que, vers le XII<sup>e</sup> siècle, un forgeron du Pays de Liège ait découvert les propriétés du charbon de terre, la houille (Franquoy, 1861, p. 29). L'usage de la houille dans les forges s'est rapidement répandu



FIGURE 1.4. : haut-fourneau du XVI<sup>e</sup> siècle. Le feron, devant le fourneau, est en train de couler une gueuse de fonte dans la rigole. Notez aussi la roue à aubes actionnant le soufflet du foyer. Croquis de J. Morette (Bourguignon, 1999, p. 330) d'après le tableau de Breughel l'Ancien (l'original se trouve à la Galeria Dora Pamphilij à Rome).

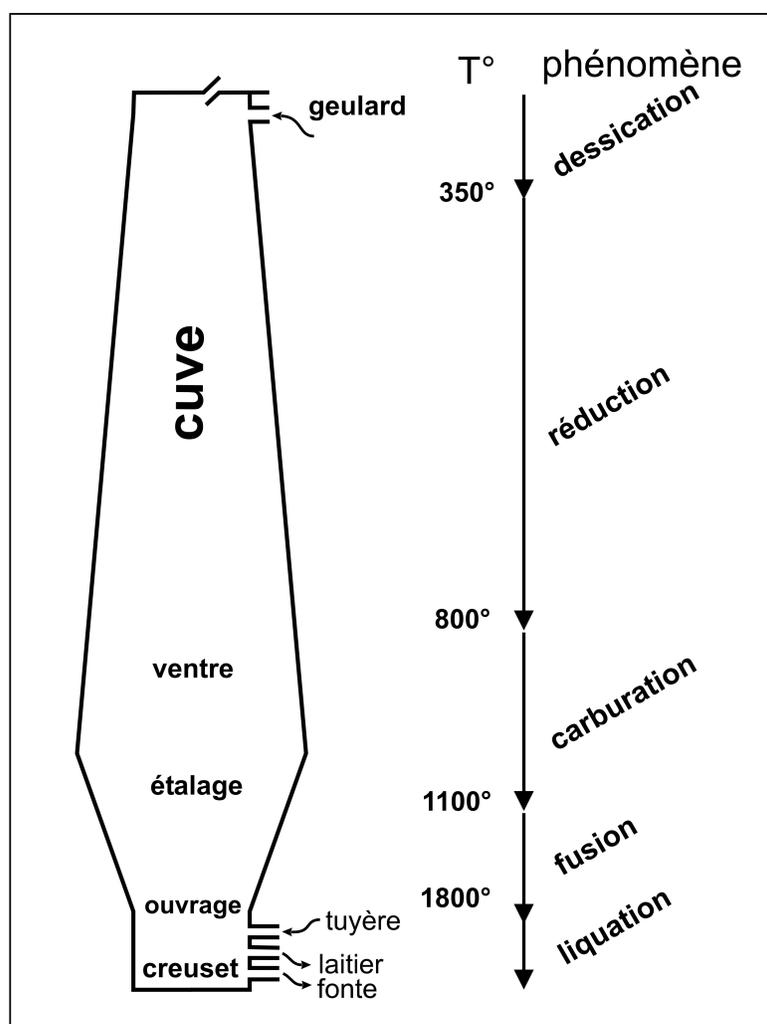


FIGURE 1.5. : coupe d'un haut-fourneau montrant ses différentes parties et les transformations qui s'y produisent. Modifié d'après Quevron *et al.* (1972, p. 131).

dans les Comtés de Namur et du Hainaut. La Charte des Feron de Marche-les-Dames (1345) est le plus vieux document d'Europe continentale citant l'utilisation de la houille dans les forges (Gillard, 1971, p. 52). L'industrie de la houille, née de celle du fer, ne cessa de prendre de l'ampleur. Les premiers essais d'utilisation de la houille dans les hauts-fourneaux ont probablement été infructueux en raison des impuretés du combustible (bitume, pyrite) qui dévalorisaient la fonte (Franquoy, 1861, p. 30).

Les usines à fer n'étaient pas réparties de manière homogène dans le pays. Le Pays de Namur, riche en mines et en forêts, s'attachait à l'élaboration de la fonte dans ses nombreux fourneaux. Liège exploitait la houille pour alimenter forges, fenderies, martinets et laminoirs qui transformaient la fonte namuroise en clous, tôles, pots et quincaillerie de fer blanc, etc. (Franquoy, 1861, pp. 31-32). Pour pérenniser ses usines, Guillaume I<sup>er</sup>, Comte de Namur, a accordé des privilèges à ses mineurs, ferons et forgerons par la Charte des Feron de Marche-les-Dames actée en 1345. En 1384, ce fut au tour des mines de l'Entre-Sambre-et-Meuse d'être privilégiées par la Charte des Minières de Morialmé, accordée pour régler les conflits que se menaient le Comté de Namur et la Principauté de Liège sur ces terrains très riches en minerai de fer. Cette charte est parmi les plus anciens règlements miniers d'Europe à avoir été conservé jusqu'à nos jours (Gillard, 1971, p. 216).

La seconde moitié du Moyen Âge est marquée par l'essor de l'industrie du fer et certains n'hésitent pas à faire de la Wallonie – et plus particulièrement de l'Entre-Sambre-et-Meuse – le centre industriel de l'Europe, voire du monde! (Denoël, 1930, p. 171).

Durant la Guerre de Cent Ans, aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles, les armées ont réquisitionné les ferons et forgerons du pays, provoquant le ralentissement des industries et la perte de main d'œuvre qualifiée.

## La Renaissance et l'émergence des cités sidérurgiques

Le XVI<sup>e</sup> siècle marque un tournant important dans l'emploi du fer et de la fonte. Dans tous les domaines, ils ont remplacé le cuivre, le bronze mais aussi le bois et la céramique. La demande en fer a littéralement explosé, poussant les fourneaux à se surpasser et les ferons à inventer de nouvelles techniques. La métallurgie restait toujours aussi empirique mais l'apparition de traités sur la sidérurgie a permis la diffusion des techniques et a inspiré les industries de toute l'Europe. Le plus connu et le plus diffusé de ces traités est l'œuvre de Georgius Agricola : *De Re Metallica Libri* (Bâle, 1556). Les usines de transformation du

fer ont également profité du succès de ces traités. Elles se sont répandues et se sont diversifiées, surtout dans la Principauté de Liège : les affinoirs transformaient les gueuses de fonte en fer, les laminoirs produisaient des tôles, les fenderies fabriquaient des tiges et des fils, les platinerie fabriquaient des casseroles, les clouteries faisaient des clous, etc. Ces corps de métier se sont regroupés en corporations, dont la plus puissante, à Liège, portait le nom de *Corporation du bon métier des Febvres* (Franquoy, 1861, p. 32).

Si les petites industries occupaient le centre des villes (quartier des Vennes et Feronstrée, à Liège), les fourneaux et affineries demeuraient principalement dans les parties rurales (Yernaux, 1939, p. 32), toujours en bordure des cours d'eau. Dans la seconde moitié du XVII<sup>e</sup> siècle, on pouvait compter dans la Principauté de Liège 50 forges et 30 fourneaux (Yernaux, 1939, p. 61) et plus de 60 fourneaux dans le Comté de Namur (Gillard, 1971, p. 56).

Alors que les forges et affineries avaient adopté la houille depuis longtemps pour alimenter leurs foyers, les fourneaux continuaient d'employer le charbon de bois. Leur consommation croissante a fait naître une véritable industrie du charbon de bois qui a conduit au déboisement inconsidéré de toute l'Europe. Des règlements ont alors été créés dans les différents états pour tenter de ralentir le massacre des forêts. Le charbon de bois est alors devenu plus rare et plus cher! Pour économiser le précieux combustible, les métallurgistes ont commencé à traiter le minerai avant de le fondre : lavage, broyage, grillage, etc., ce qui permettait d'extraire un maximum d'impuretés et donc d'enrichir le minerai (Tinchi, 1995, p. 9).

C'est vers la fin du XVI<sup>e</sup> et le début du XVII<sup>e</sup> siècle que les premières concessions minières ont vu le jour dans les états de la Wallonie. Le droit d'exploiter les mines a favorisé la production mais des clauses, de plus en plus nombreuses, réglementaient le travail (Dargent, 1949, pp. 209, 211). Les taxes imposées sur le minerai, son exploitation et son transport n'ont cessé de se multiplier. En 1699, les Princes-Evêques de Liège ont interdit l'exportation du minerai vers les Pays-Bas (Dargent, 1949, p. 211) et ont imposé des taxes très élevées sur l'entrée du fer produit dans d'autres provinces. Suite à ces règlements sévères, les clouteries du Hainaut qui travaillaient le fer fort produit dans les minières principautaires de l'Entre-Sambre-et-Meuse, ont vite été à court de matière première et se sont éteintes les unes après les autres (Darquenne, 1996, p. 124). La Révolution française et l'annexion de nos territoires à la France ont mis fin à la course aux taxes que les états se menaient les uns contre les autres pour privilégier leurs productions. Toutes les mines ont donc été soumises aux mêmes lois minières françaises (Dargent, 1949, p. 215).

## L'essor de la sidérurgie et son déclin

La production n'a cessé de s'accroître et les débouchés vers les Pays-Bas et la France, grands consommateurs de fer belge, sont devenus monnaie courante. Les périodes de trouble de 1815, puis de 1830, ont gravement fait ralentir les activités sidérurgiques et ont également mis à mal les relations commerciales entre les différentes régions (Dargent, 1949, p. 257). Les exportations vers la France se sont brutalement effondrées lors de l'annexion de nos régions aux Pays-Bas. Le libre-échange pratiqué par les Hollandais a été catastrophique pour l'industrie liégeoise qui subissait la concurrence des produits anglais. Des taxes à l'importation, instaurées entre 1819 et 1822, ont tout de même permis à la sidérurgie de relever la tête et de se relancer. Les grandes concessions minières de houille, de fer et autres métaux datent de cette époque (1820-1830), prouvant l'engouement des industriels pour la métallurgie. Les produits de nos usines ont finalement trouvé de nouveaux débouchés, telles que les colonies hollandaises des Indes (Dargent, 1949, p. 258).

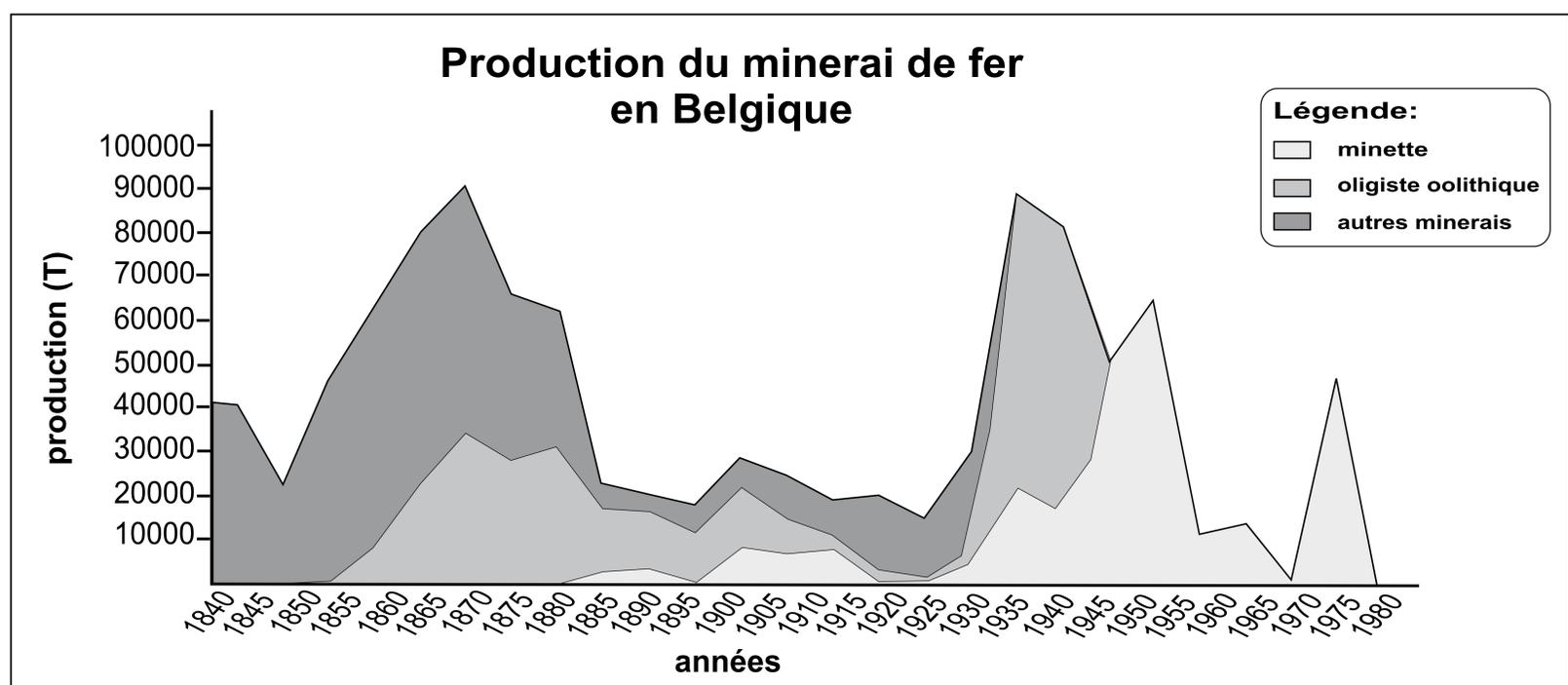
La métallurgie du XIX<sup>e</sup> siècle a été profondément modifiée par la découverte d'un combustible alternatif au charbon de plus en plus cher. La houille, inutilisable directement dans les hauts-fourneaux, était au centre des recherches empiriques de l'anglais Abram Derby. Celui-ci a mis au point un procédé de transformation du charbon de terre pour le purifier et l'enrichir. Le

coke était né. Son utilisation s'est répandue très rapidement, tant en Angleterre que sur le continent (Franquoy, 1861, p. 34). L'extraction de la houille et la fabrication du coke donna naissance à une nouvelle branche de l'industrie, qui, avec l'essor de la sidérurgie, a provoqué la révolution industrielle.

Chez nous, les hauts-fourneaux ont quitté les régions forestières pour les bassins houillers du sillon Haine-Sambre-et-Meuse. Cette deuxième délocalisation industrielle a débuté par l'implantation du premier haut-fourneau au coke à Seraing, en 1823. Ce haut-fourneau était propriété d'un certain John Cockerill, dont l'histoire industrielle a conservé le nom... Le choix de Seraing était judicieux car situé à la fois au cœur du bassin houiller et à proximité de la Meuse, le plus grand axe de communication et de transport de l'époque. Il a été suivi par les hauts-fourneaux de Tilleur, Ougrée, Les Vennes, Grivegnée, etc., dans les années 1830. Des fourneaux hybrides, pouvant fonctionner au coke ou au charbon de bois, selon les avantages budgétaires de l'époque, ont été construits près des autres centres miniers: Huy, Andenne, Namèche, Ferrières, etc. (Dargent, 1949, p. 262).

De 1834 à 1836, la construction des chemins de fer belges a provoqué une gigantesque demande en fer et fonte pour la fabrication des rails, des câbles, des locomotives, etc. La sidérurgie a profité de ce nouveau marché et l'on a vu émerger les grandes sociétés métallurgiques modernes: la *Société des Vennes*, *Le Charbonnage et Hauts-Fourneaux d'Ougrée*, les *Usines de l'Espérance*, la *Société de Sclessin*,

FIGURE 1.6. : évolution de la production de minerai de fer en Belgique aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles (Delmer, 1913, p 435 et Dejonghe, 1976, p. 97).



la *Société Cockerill*, ainsi que les sociétés travaillant le zinc et le plomb : *La Vieille Montagne*, *La Grande Montagne*, la *Société de Bleyberg*, la *Société de Corphalie*, etc.

Vers 1830, un nouveau minerai est apparu : l'oligiste oolithique. D'abord boudé, il a ensuite été utilisé dans les hauts-fourneaux en mélange avec d'autres minerais plus classiques. Les sidérurgistes se sont vite rendu compte que l'oligiste donnait une fonte de qualité plus uniforme que celle des minerais hydratés. Cet usage s'est répandu et a fini par supplanter, en 1850, les procédés traditionnels. En effet, l'oligiste était plus riche et plus facile à exploiter car gisant en couche. De plus, les gisements étaient situés pour la plupart en bord de Meuse, donc à faible distance des grands axes de communication (Dargent, 1949, p. 264). La production de fonte a augmenté en parallèle avec les innovations techniques et la demande en minerai, assurant à l'industrie un essor qui a duré jusqu'en 1870. La crise industrielle a alors fermé les minières de minerai hydraté, touchant sévèrement les plus éloignées des centres sidérurgiques, le transport étant devenu très coûteux.

Le coup de grâce porté à l'industrie minière survint en 1872, suite à la mise au point, par Thomas et Gilchrist du procédé du même nom permettant le traitement, dans les fourneaux classiques, du minerai très phosphoreux de la Lorraine et du Luxembourg : la minette. Trois ans plus tard, 75% du minerai employé dans

les hauts-fourneaux liégeois était d'origine étrangère, transporté par voie ferrée ou fluviale.

En 1913, l'oligiste wallonne ne représentait plus que 2% de la matière première utilisée dans les usines (Denoël, 1930, p. 174) alors que la minette de Lorraine en représentait 90% (Delmer, 1958, p. 32 ; figure 1.6.). La dernière mine d'oligiste de Belgique, celle des Propriétaires et Maîtres de Forges de Couthuin, a définitivement fermé ses portes en 1946 (Denoël, 1930, p. 176). La dernière mine de fer de Belgique, celle de Musson et Halanzy, a mis fin à ses activités en 1978 après un siècle d'exploitation de la minette (Delhez, 2004, p. 114 ; figure 1.6.).

Les derniers hauts-fourneaux classiques utilisant du minerai hydraté, ont fermé leurs portes entre 1875 et 1880, incapables de concurrencer les produits bon marché du Luxembourg et de la France. À la même époque, les bassins houillers de la Sambre et de la Meuse ont commencé à s'épuiser et le coke a dû être importé d'Angleterre et d'Allemagne (Dargent, 1949, p. 268).

Depuis les années 1950, la sidérurgie belge est tributaire des minerais étrangers : français puis suédois, canadiens, nord africains et sud américains (Delmer, 1958, p. 40). Les sociétés belges, si glorieuses en leur temps, ont disparu les unes après les autres, fusionnées ou absorbées par les monstres internationaux de la sidérurgie du xx<sup>e</sup> siècle (Halleux, 2005), très loin des petits foyers de nos ancêtres.





## La recherche et l'exploitation du minerai

Au vu du nombre impressionnant de gisements dont la Wallonie regorge, l'une des premières questions venant à l'esprit est sans doute « comment ont-ils fait pour trouver tout ça ? »

Avant tout, il faut se rendre compte que tous les gisements et gîtes répertoriés dans cet ouvrage n'ont pas été découverts et exploités en même temps. Ils sont le résultat de deux millénaires de recherches minières menées par des milliers de personnes jouant plus de chance que d'expérience.

Les « anciens » avaient développé une foule de méthodes plus ou moins complexes pour trouver les minerais. D'ailleurs, en y regardant de plus près, leurs techniques s'apparentent aux procédés modernes de prospection : géophysiques, géochimiques, photogéologiques, etc., mais à des échelles bien plus modestes, moins scientifiques et surtout, moins coûteuses.

La méthode la plus ancienne, la plus simple et la plus efficace ne nécessitait aucune capacité particulière car elle relevait du hasard, ou de la chance. Les premiers mineurs de l'histoire ont dû glaner le minerai à la surface de la terre, puis, observant que celui-ci se prolongeait en profondeur, ils se sont mis creuser dans ces gîtes découverts par hasard. L'observation suivit le hasard. Voyant que le minerai se rencontrait dans telle ou telle condition, l'homme se mit à rechercher ces mêmes conditions ailleurs, par comparaison avec les gisements connus. De cette manière, les mineurs établirent de véritables diagnostics paysagers et en tirèrent des interprétations sur la minéralogie de la région (figure 2.1.). Les conclusions auxquelles ces

FIGURE 2.1.: représentation moyenâgeuse de filons métallifères traversant une colline. Tiré du traité de métallurgie de Georgius Agricola : *De Re Metallica Libri* (Bâle, 1556).



prospecteurs d'un autre temps arrivaient étaient parfois surprenantes :

*« Les meilleurs spéculateurs ont remarqué qu'une telle espèce de mine paraissait se plaire avec certaines matières. Or quand ils trouvaient de ces matières, ils se sont attachés à chercher la mine qu'ils soupçonnaient. Il y en a qui ont cru voir que certains minéraux aimaient un tel aspect, un coteau de telle façon.*

*Ceux-ci se sont aperçus que les mines de fer aimaient et affectionnaient certaines plantes. Ceux-là ont observé que la couleur des feuilles des arbres prenaient sur une minière des nuances différentes. On peut regarder [...] des arbres difformes, des lieux secs et arides comme des lignes de minéraux cachés au-dessous de ces endroits. Ne parviendrait-on pas à découvrir des mines en examinant le suc des végétaux qui croissent sur les lieux que l'on voudrait fouiller.*

*Des forêts de chênes annoncent des mines par couches. Les forêts de pins et de sapins désignent les montagnes qui renferment les filons.»*

extrait de « *Art des forges et des fourneaux à fer* » du Marquis de Courtivron (XVIII<sup>e</sup> siècle), cité par Den Dooven (1976, pp. 2-4).

L'observation des plantes poussant sur tel ou tel type de terrain était loin d'être insensée. Hormis l'« examen des sucs des végétaux » ou de la « difformité des arbres », on sait depuis longtemps que certaines plantes sont caractéristiques de terrains enrichis en métaux. Il s'agit des plantes métalphytes et pseudométalphytes que les botanistes groupent sous le terme de « flores calaminaires ». Ce sont, principalement, la pensée calaminaire (*Viola calaminaria*), le tabouret calaminaire (*Thlaspi caerulescens* subsp. *Calaminare*), le gazon de l'Olympe (*Armeria maritima* subsp. *halleri*), le silène calaminaire (*Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *humilis*), etc. (Simon, 1979). Ces plantes, aujourd'hui disséminées sur les sites pollués par l'industrie minière, poussaient autrefois sur les terres couvrant les gisements de minerai de plomb et zinc. Les mineurs les remarquèrent dès le Moyen Âge et s'en servirent pour découvrir de nouveaux filons (Polrot, 2002a, pp. 21-22).

D'autres s'attardèrent à observer les alluvions des rivières dans l'espoir d'y déceler des minéraux précieux et, le cas échéant, de rechercher leur origine en amont :

*« Des plus habiles, à ces premières considérations qu'ils ont su apprécier, ont joint l'examen des torrents, des ravins et de toutes les excavations faites par quelques causes que ce soit. »*

extrait de « *Art des forges et des fourneaux à fer* » du Marquis de Courtivron (XVIII<sup>e</sup> siècle), cité par Den Dooven (1976, pp. 2-4).



FIGURE 2.2.: la recherche du minerai grâce à la baguette divinatoire. Tiré du traité de métallurgie de Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri* (Bâle, 1556).

Gillard (1971, p. 49) rapporte l'utilisation d'une méthode voisine de la précédente :

*« le moyen le plus employé consistait à goûter l'eau des sources. Et sans mentir, ces Namurois (sic) sont accords et subtils et n'espargnent rien pour découvrir ces mines en abondance; et le pays en foisonnant il ne sera qu'ils n'en découvrent davantage, en tant qu'outre le soing et diligence ordinaire, et de chacun cogneue, et surtout à faire l'essay des eaux qui ont sources es entours des mines, et voir et sentir quelle saveur est ce qu'elles ont... »*

C'est là l'ancêtre des méthodes géochimiques et n'est finalement rien d'autre qu'un dosage qualitatif des éléments métalliques des eaux de source !

D'autres procédés, plus originaux, sont difficilement interprétables aujourd'hui tant ils font intervenir des phénomènes obscurs et teintés de mythologie :

*« Quelques fois [...] on aperçoit des exhalaisons et des vapeurs qui peuvent faire soupçonner la nature des substances renfermées sous la terre. Que dirai-je des étincelles qu'on voit souvent sauter et lever à trois ou quatre pieds au-dessus de la neige pendant l'hiver lorsqu'il fait beau soleil, sur les endroits de la terre qui renferment des charbons, des fossiles, des sources, des pierres à chaux et des mines. »*

extrait de « *Art des forges et des fourneaux à fer* » du Marquis de Courtivron (xviii<sup>e</sup> siècle), cité par Den Doo-ven (1976, pp. 2-4).

Ces derniers moyens de prospections, aussi curieux soient-ils, ont certainement porté leurs fruits suite à d'heureux hasards. Le mineur qui prospectait dans des régions aussi riches que l'Entre-Sambre-et-Meuse ou le Namurois n'avait, en effet, guère besoin de signes plus tangibles que des « *étincelles au-dessus de la neige* », puisque la densité de gisements était telle qu'il avait toutes les chances de trouver du minerai, quel que soit l'endroit où il creusait !

Durant les xviii<sup>e</sup> et xix<sup>e</sup> siècles, des commis travaillaient pour le compte des maîtres de forges, notamment dans le Comté de Namur, et avaient pour rôle de parcourir monts et vallées à la recherche de nouvelles mines. Ils se basaient sur la nature et la couleur des terres des champs, sur la couleur des eaux de sources, sur les suintements d'eau dans les carrières, etc. On peut également supposer qu'ils avaient une bonne connaissance des conditions géologiques dans lesquelles les minerais se trouvaient et qu'ils pouvaient, sur base de la reconnaissance des roches, évaluer l'existence des gisements.

Néanmoins, la majorité des témoignages nous font part d'une méthode de prospection beaucoup plus répandue et dont l'origine remonte à la nuit des temps: la rhabdomancie, où l'art de découvrir les mines à l'aide de la baguette divinatoire (figure 2.2.). Outre l'art des devins, la rhabdomancie était une véritable science, régie par des lois empiriques que de nombreux traités se sont attachés à décrire: « *De la*

*Baguette employée pour la recherche des mines et des eaux*» de P. Kirschner (1631); «*Des indications de la Baguette pour découvrir les sources d'eau, les métaux cachés, etc.*» du Père Ménéstrier (1694); ou encore «*Les Radiations des corps minéraux, Recherche des mines et des sources par leur radiations*» de H. Mager (1909).

La baguette du sourcier, initialement en bois<sup>2</sup>, fut remplacée progressivement par des baguettes complexes fabriquées dans divers métaux en fonction de l'usage qui doit en être fait (Poskin, 1909, pp. 28-29).

«*Les filons, gisements, poches et lentilles lancent des radiations au-dessus d'eux, à travers les couches géologiques qui les recouvrent. Ces radiations s'écartent en éventail sur les côtés, ce qui donne au champ de rayonnement au niveau du sol une largeur plus grande ou un diamètre plus étendu que la largeur du filon. L'ensemble des radiations verticales constitue la zone intérieure; l'ensemble des radiations obliques, la zone extérieure du champ de rayonnement. [...] Il est donc possible, en estimant l'extension des champs de rayonnement, de connaître les dimensions du gîte et la profondeur à laquelle il se trouve.*» (Poskin, 1909, pp. 48-49).

Il est même possible de connaître la nature du gisement grâce à l'attraction ou la répulsion qui caractérise chaque métal!

L'efficacité de la rhabdomancie est toute discutable, mais le rôle qu'elle a joué dans la prospection minière est indéniable. Au pire, on peut attribuer son succès au nombre de tentatives réalisées se soldant par des découvertes qu'elles soient justifiées ou le fruit du hasard!

Une fois le minerai découvert, il fallait encore le sortir de terre! Dans le cas du fer, les techniques d'exploitation ne furent jamais très savantes. D'ailleurs, le mode d'exploitation ne changea pratiquement pas entre l'époque romaine et la révolution industrielle. Curieusement, si les forges et les fourneaux ont été abondamment décrits au Moyen Âge, il n'existe que peu de témoignages sur les exploitations minières de cette époque. Le traité de Georgius Agricola (1556) est l'un des rares à donner la description des techniques d'extraction. Quant aux mines gauloises, Jules César s'en émerveillait dans son récit de la Guerre des Gaules, mais il n'en donne pratiquement aucun détail.

Les puits de mine sont pour la plupart des fosses cylindriques, profondes d'une dizaine à une quinzaine de mètres, garnis de cerceaux de bois vert destinés à soutenir les parois rocheuses. Au fond du puits, des travaux attaquent le minerai dans une première



FIGURE 2.3.: représentation d'une mine du XV<sup>e</sup> siècle. Tiré du traité de métallurgie de Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri* (Bâle, 1556).

direction sous forme d'une galerie basse, rarement étagée. Lorsque le minerai est épuisé dans cette direction, le mineur creuse une seconde galerie et remblaye la première avec les déchets de la seconde. Les galeries n'étaient jamais très longues, quelques mètres au plus, dans les minières (figure 2.3.).

Dans la forêt gaumaise, l'exploitation était tout à fait différente car le minerai gisait en nappe superficielle. Au lieu d'enfoncer des puits, les mineurs creusaient des tranchées de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de long, larges de quelques mètres et profondes de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres. Celles-ci avaient, selon la région, un profil en V, ou en U. Certaines étaient rectilignes, d'autres courbes ou ramifiées (Delhez, 2004, p. 9).

De rares témoignages des mines et minières modernes ont été transcrits dans plusieurs fiches: Marche-les-Dames, Vezin et Landenne; les vallées de l'Eau Noire et du Viroin; de Tavier à Comblain; Dolembreux, Esneux et Nandrin; Theux et le Pays de Franchimont; Musson et Halanzy. Ils rapportent tous des détails sur la vie des mineurs et leur travail en souterrain.

<sup>2</sup> Préférentiellement une pousse de l'année en coudrier, coupée le premier mercredi de la lune entre 23 h et minuit, en prononçant certaines paroles (Poskin, 1909, p. 29).

## Les aspects juridiques et légaux du minerai de fer

Comme toutes les richesses naturelles, les minerais sont soumis à des lois bien particulières. De plus, les exploitations minières étaient, à toute époque, des sources de revenus importantes pour les propriétaires terriens et les seigneurs locaux, grâce aux taxes imposées aux exploitants et autres concessionnaires. Le minerai de fer n'a pas échappé à ces lois mais il a de tout temps eu un statut propre et distinct des autres minerais.

De l'Époque romaine au Moyen Âge, les minerais – et donc le droit de les exploiter – appartenaient aux propriétaires des terrains : seigneurs locaux, abbayes, communautés diverses, etc. Chacun exploitait ou faisait exploiter le minerai comme bon lui semblait, taxant comme il l'entendait et réservant la production à qui il lui plaisait. Les fourneaux, les forges et autres usines étaient traités de la même manière, versant des redevances aux seigneurs, proportionnellement à leur production. Au XIV<sup>e</sup> siècle, les usines s'installant sur toutes les rivières du pays, les seigneurs imposèrent des taxes sur les « coups d'eau », c'est-à-dire la prise d'eau destinée à la mise en mouvement des roues à aubes actionnant les soufflets et marteaux des forges (Gillard, 1971, p. 189). Dans certaines régions, les usines étaient également acensées à un domaine, les maîtres de forges devaient donc payer une location pour pouvoir y travailler (Gillard, 1971, p. 203).

La première avancée notable et conséquente quant au statut des minières survint en 1345 par l'octroi de la Charte des Feron de Marche-sur-Meuse. Celle-ci accordait des privilèges aux ferons du Namurois afin de pérenniser leurs industries. En effet, à la fin des guerres entre le Comté de Namur et la Principauté de Liège, les usines namuroises étaient pour la plupart démolies. Après leur reconstruction, il fallut encore trouver des maîtres de forges pour les remettre en activité. Guillaume I<sup>er</sup>, Comte de Namur à cette époque, trouvant très peu de locataires pour ses usines, se vit obligé d'appeler des forgerons allemands pour subvenir aux besoins du Comté. En 1345, le comte décida d'accorder aux ferons un certain nombre de privilèges dans le but d'attirer des hommes de métier. À côté de ces privilèges et avantages, la Charte établissait les obligations des ferons envers le comte (Gillard, 1971, p. 219).

Parmi les privilèges, on trouve :

- l'exemption du service militaire, sauf en cas d'invasion du pays ;
- la garantie que le comte fera payer les dettes dues aux ferons si celles-ci sont justifiées ;

- la fourniture gratuite du bois nécessaire à l'étañonnage des mines, à la confection des outils et la réparation du matériel des forges aussi souvent que cela s'avère nécessaire ;
- l'allocation de l'espace nécessaire aux travaux des mines et du transport des produits ;
- le monopole d'exploitation du minerai par son découvreur, et ce, sur 4 toises (plus ou moins 28 m) autour du point de découverte ;
- la constitution d'une cour de justice composée uniquement de ferons qui sont les seuls habilités à juger leurs pairs ;
- l'exemption de certaines taxes pour les marchandises issues des usines namuroises et leur exportation ;

Parmi les obligations des ferons :

- le devoir de signaler au receveur du comte toute découverte de minerai ;
- l'obligation de rembourser les dommages causés à autrui par les mines et le transport du minerai ;
- l'interdiction de produire l'acier, car c'est un privilège accordé aux seules forges de Jausse.

Guillaume I<sup>er</sup> semble avoir très bien compris l'importance économique qu'amènerait une industrie prospère. Les privilèges dont jouissaient les ferons du Comté de Namur étaient réellement originaux et inédits, d'autant plus que leur application était respectée par tous.

Au cours des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles, les privilèges des ferons de Namur, furent étendus à tous les ferons du Comté, forge après forge, et la Charte fut ratifiée par tous les dirigeants qui se succédèrent à la gouvernance du Comté de Namur (Gillard, 1971, p. 221) : Philippe le Bon (en 1429), Charles le Téméraire (1470), Philippe le Beau (1499), Charles Quint (1516), Philippe II (1558) puis par les Archiducs Albert et Isabelle (1605).

La Charte des Feron de Marche-sur-Meuse inspira les seigneurs étrangers, on vit alors fleurir des octrois semblables dans le pays de Chimay et la France. Ailleurs en Europe, il fallut attendre le XVII<sup>e</sup> siècle pour que des privilèges soient accordés aux ouvriers du fer (Gillard, 1971, pp. 228-229).

La Charte des Minières de Morialmé, octroyée en 1384, est l'un des plus vieux règlements miniers conservés en Europe (Kaisin, 1891, p. 123). Les circonstances de la création de ce code minier sont clairement exposées dans le texte lui-même. Le mineur désireux d'entreprendre des travaux d'exploitation devait, avant toute chose, se mettre d'accord avec le propriétaire du terrain sous lequel gisait le minerai. Après quoi, tout le profit de l'extraction lui revenait, hormis le onzième de la production et les taxes sur l'exploitation des minerais qui revenaient aux sei-



FIGURE 2.4.: transport du minerai vers les usines, sous l'œil d'un receveur dont le rôle était de contrôler les quantités de matériaux extraits et traités, d'estimer les bénéfices des exploitations et de calculer les redevances que chaque maître de forges doit à son seigneur. Tiré du traité de métallurgie de Georgius Agricola: *De Re Metallica Libri* (Bâle, 1556).

gneurs. Durant le Moyen Âge, la région de Morialmé, Fraire, Yves, Oret et Laneffe était une terre de discordes que se disputaient la Principauté de Liège et le Comté de Namur. Les minières étaient partagées entre une série de seigneurs et de propriétaires désireux tous de tirer le plus grand profit des productions en imposant taxes et redevances à outrance. Les ouvriers, lassés de travailler sans bénéfice, décidèrent, d'un commun accord, d'abandonner le travail tant que leurs seigneurs respectifs n'auraient pas trouvé un terrain d'entente favorable à toutes les parties. Ceux-ci se réunirent à Morialmé en 1384 pour examiner «*les moyens d'empêcher ceux qui jouissaient des dîmes de tracasser le travail des ouvriers mineurs*» (Gillard, 1971, p. 217).

Les principaux points tirés des articles de la chartre sont cités par Gillard (1971, pp. 217-218):

- le minerai peut être cherché et extrait partout;
- l'exploitation n'est possible que si le propriétaire du sol l'autorise;
- le découvreur du minerai bénéficie du monopole de l'exploitation dans un rayon de 4 toises (28 m) autour du point de découverte;
- dans ce périmètre, le mineur peut enfoncer au maximum quatre puits;
- chaque commune dispose de 7 jurés, présidés par un maieur des minières, dont la fonction équivaut à celle de la cour des Frons de Marche-sur-Meuse;
- sont en droit de réclamer une redevance le propriétaire du terrain (1/6 des bénéfices), le seigneur (6/11), les dîmeurs (5/11 à se partager entre eux) et le maieur des minières (1/11);
- le propriétaire a, de plus, le droit de se faire payer les dommages occasionnés par les minières;
- le maieur et le juré doivent faire régulièrement le tour des minières pour noter ce qui est produit et vendu. Deux fois l'an, ils font les comptes pour évaluer les bénéfices des travaux et calculer les taxes (figure 2.4.);
- en l'absence de bénéfice, le seigneur et les dîmeurs doivent renoncer à leur part, pour la prospérité des minières.

Au XVI<sup>e</sup> siècle, dans le Pays de Liège, divers règlements miniers voient le jour. Ils sont totalement différents des chartes du Comté de Namur car ils n'accordent aucun privilège mais servent simplement de code pour régir les octrois et les exploitations des mines. Des extraits de ces règlements sont repris dans les fiches dédiées aux domaines liégeois.

Il n'y eut guère d'autres innovations avant le XVII<sup>e</sup> siècle, sinon la multiplication des octrois miniers dans toutes les régions du pays. Ceux-ci étaient accordés pour le minerai de fer seul ou en accompagnement d'autres métaux. Ils pouvaient être octroyés pour une durée déterminée ou non, en fonction des cas.

Les progrès suivants survinrent durant la domination française.

Sous l'Ancien Régime, le droit minier appartenait au propriétaire du sol et c'était à lui seul de décider la manière dont il voulait exploiter ou faire exploiter son minerai, tant que ses activités ne portaient pas préjudice aux propriétés voisines. Après la Révolution française, l'Etat désirait mieux réguler les travaux miniers afin d'éviter les conflits et mieux gérer les taxes sur les produits extraits. La loi du 28 juillet 1791 restreint la profondeur d'extraction du minerai dans les minières des particuliers. Le but recherché étant de privilégier les travaux sur terrains publics où la profondeur n'est pas limitée. Par cette loi, les minières

ne peuvent plus s'enfoncer au-delà de 100 pieds – c'est-à-dire environ 32 m de profondeur (Delhez, 2004, pp. 51-52).

La loi la plus déterminante de l'histoire minière belge est celle du 21 avril 1810. Elle définit le statut des mines et des minières, statut qui servira de référence à tous les travaux miniers ultérieurs. Elle distingue les minières (travaux verticaux, à ciel ouvert, non mécanisés) dans lesquelles le propriétaire du terrain possède le droit d'exploiter librement son minerai, sous réserve de déclarer ses travaux à la préfecture (plus tard, au Gouverneur de la province); et les mines qui sont des travaux souterrains (verticaux et horizontaux, mécanisés) ne pouvant être concédés que par décret impérial délivré par le Conseil d'Etat. La concession est perpétuelle et transmissible. Elle ne peut être accordée qu'après une étude de 4 mois menées par la préfecture ou la province, prenant en compte une enquête de *commodo – incommodo*, autant que l'avis des pouvoirs locaux (communes) et des éventuels concurrents intéressés par la concession.

La différence entre mine et minière était, au départ, basée sur la nature des gisements: les exploitations des minerais de fer en filon et en couche doivent être considérées comme mine; les exploitations de fer d'alluvions et fer de prairie doivent être minières. Cependant, ces concepts ont rapidement montré leurs limites car si le minerai d'alluvion devait être exploité en profondeur, il entrerait dans le domaine mine, alors que les travaux superficiels des filons et couches devenaient des minières! Les articles de la loi durent donc être réinterprétés. Les minerais superficiels peuvent tout de même être exploités en tant que minière tant que l'exploitation ne nécessite pas de travaux souterrains (galeries étançonnées) et qu'elle ne compromet pas la mise à fruit du gîte en profondeur.

La loi de 1810 fixe également le montant des redevances que les concessionnaires doivent à l'Etat. La première est une taxe fixe de 10 francs par kilomètre carré de concession. A celle-là s'ajoute une redevance additionnelle équivalente à 5% du produit annuel de la mine. Enfin, les concessionnaires doivent verser aux propriétaires du sol un montant correspondant au double du prix des produits que fourniraient les terrains hors concession (c'est-à-dire la production en

bois, en fourrage, en céréales, etc.), dénommé droit de tocage ou de terrage.

Le régime mine n'est cependant pas très avantageux pour les exploitants. Ceux-ci préfèrent les désagréments liés au statut de minière plutôt que les nombreuses restrictions de l'exploitation des gîtes sous le régime mine.

Il faut attendre la Révolution belge de 1830 pour voir changer les choses. Avec l'Indépendance, le Conseil d'Etat est dissout et remplacé par le Conseil des Mines qui est seul à pouvoir accorder les concessions.

La loi du 2 mai 1837 redéfinit le cadre législatif des concessions et des mines. Le minerai de fer est désigné comme ressource non concessible. En effet, à l'époque de la Révolution industrielle, les usines – en particulier la sidérurgie – ont une demande croissante en fer. Sous la pression incessante des industriels, le minerai de fer a donc été soustrait aux compétences du Conseil des Mines et est devenu une ressource non concessible. De cette manière, l'exploitation du fer est rendue plus efficace car elle contourne les pénibles procédures administratives des demandes en concession. Les exploitations de minerai de fer sont alors assimilées à des exploitations libres, c'est-à-dire à des minières, selon la définition de la loi de 1810. Après l'Indépendance, la recherche du minerai non concédé s'intensifia et plus d'un millier de petits sièges d'exploitation étaient en activité jusqu'aux années 1860 (Devaux, 1862, p. 215; Polrot, 2004, p. 151)

Durant un siècle, le minerai de fer sera exploité principalement sous régime minière, hormis dans une poignée de concessions dispersées dans l'Entre-Sambre-et-Meuse et dans les environs de Namur. La loi du 5 juin 1911 rend au Conseil des Mines le pouvoir de concéder à nouveau les gîtes de minerai de fer. Le travail d'A. Delmer, réalisé au tout début du xx<sup>e</sup> siècle, avait pour objet de reconnaître les réserves en minerai de fer de Belgique dans le but d'estimer la possibilité d'octroyer ou non de nouvelles concessions.

Notez que les lois minières (dont celle de 1911) sont toujours d'application à l'heure actuelle, même s'il n'existe plus de concession active. Elles règlent, entre autres, les travaux d'après mine, le remblaiement des souterrains, la sécurisation des puits de mine, etc.





Ce chapitre donne une brève description des conditions de gisement et de l'origine des minerais de fer ainsi qu'un aperçu des minéralisations de plomb, zinc, pyrite, baryte, etc. Les explications sont volontairement simplifiées en conséquence du faible nombre d'études scientifiques consacrées à la géologie du fer. Les gisements de plomb et zinc ont, par contre, été abondamment décrits. Les travaux synthétiques les plus complets sont ceux de Balcon (1981), Dejonghe (1985), Dejonghe *et al.* (1993), etc.

roches	teneur moyenne en fer (%)
Lutétien (ex-Bruxellien)	0,08 - 1,86
Yprésien	1,70 - 5,70
Thanétien (ex-Ladénien)	0,33 - 5,62
Crétacé	0,28 - 3,80
Jurassique	0,79 - 2,83
Trias	5,00
Houiller (Westphalien)	1,40 - 5,60
Houiller (Namurien)	0,35 - 3,10
Dinantien	0,07 - 1,75
Famennien	1,69 - 3,50
Frasnien et Givetien	0,14 - 3,50
Eifelien (ex-Couvinien)	2,80
Dévonien inférieur	0,07 - 5,60
Paléozoïque inférieur	5,25

TABLEAU 3.1.: teneur moyenne en fer des roches rencontrées en Wallonie. D'après Ancion, 1952, pp. 76-78).

Les différents gîtes rencontrés en Wallonie peuvent être regroupés en trois grandes catégories: les gisements sédimentaires (couche de minerai), les gisements d'altération (amas et amas couchés) et les gisements filoniens (associés aux minerais de plomb, zinc, etc.). Mais avant de présenter les gisements proprement dits, il est intéressant de se pencher sur le tableau 3.1. qui donne un aperçu – grossier, il faut le dire – des teneurs en fer des roches formant le sous-sol de la Wallonie. Mises à part les formations du Paléozoïque inférieur (Cambrien, Ordovicien, Silurien) et certains niveaux cénozoïques (Yprésien, Thanétien) dont les teneurs sont plus élevées, la majorité des roches sédimentaires ne renferme guère plus de 1 ou 2 % de fer. Cependant, suite à certains processus naturels (altération, lessivage) le fer dispersé a pu être concentré et former de réels gisements.

## Gisements sédimentaires

### Les minerais oolithiques

Dans les roches paléozoïques et mésozoïques de Wallonie, on rencontre plusieurs niveaux de minerai, d'âge distinct. Ils sont constitués soit d'hématite – ce sont les « oligistes oolithiques » – soit de goethite dans le cas de la « minette ».

L'hématite – ou oligiste – est un minéral de fer oxydé répondant à la formule  $Fe_2O_3$ . Sa teneur théorique en fer avoisine 70%. C'est le principal composant des minerais oolithiques. Bien entendu, sous cette forme, l'hématite n'est pas pure puisqu'elle est mêlée d'argile, de silice, de calcaire etc. Le contenu en fer des minerais oolithiques atteint 35-40% en moyenne, les cas les plus riches titrant jusqu'à 50%, les plus pauvres, à peine 25%. En deçà de 25% de fer, le minerai n'est plus considéré comme rentable.

La goethite est un hydroxyde de fer de formule  $FeO(OH)$  dont la teneur théorique en fer atteint 63%. Lorsque la goethite forme un minerai oolithique, sa teneur utile en fer tombe à 45-50%.

Le mode de formation des dépôts d'oolithes ferri-fères est une question qui a toujours fait débat chez les spécialistes. Nombre d'études leurs sont consacrées depuis le début du  $xx^e$  siècle: Cayeux (1909), Bubenicek (1961), Hallimond (1925), Shiel & Thein (1978), Van Houten (1985), etc.

Young & Taylor (1989) donnent un aperçu synthétique des différentes études dédiées aux minerais oolithiques. Les conclusions de cet ouvrage démontrent à quel point le phénomène est encore mal cerné et que les processus de formation sont différents pour chaque cas.

Sur certains faits, les sédimentologues semblent toutefois s'accorder. Ainsi, il est généralement admis que l'hématite et la goethite ne sont pas les minéraux qui constituent initialement les oolithes. En effet, le fer se dépose vraisemblablement sous forme de berthierine, un silicate complexe proche des chlorites (Young, 1989, p. 12). La formation des oxydes de fer ne serait que le produit de la diagenèse, liée à l'enfouissement. Plusieurs étapes sont généralement invoquées pour expliquer leur apparition: transformation initiale de la berthierine en chamosite, transformation de la chamosite en sidérite puis en hématite ou en goethite (Young, 1989, p. 16).

L'origine du fer et la formation de la berthierine initiale sont plus hypothétiques et chaque auteur invoque une explication différente: retombées volcaniques sur les plates-formes océaniques (Dreesen, 1989), remaniement de dépôts ferrugineux continentaux (Shiel & Thein, 1989), précipitation *in situ* des oolithes en milieu lagunaire (Bayer, 1989), formation en milieu

profond lors de phases transgressives (Young, 1989) ou en période de sédimentation ralentie (Hallam, 1975), etc.

Le problème majeur lié à la berthierine concerne les conditions physico-chimiques très restrictives présidant à sa formation. Le milieu doit être réducteur pour rendre le fer disponible à l'état  $Fe^{2+}$  mais aussi suffisamment oxydant pour empêcher la réduction des sulfates et la précipitation de pyrite qui consommerait les ions ferreux (Young, 1989, p. 12). La salinité des eaux, leur oxygénation, la disponibilité des ions alumineux, la présence de matière organique et de phosphates jouent également des rôles importants mais encore mal définis dans la genèse des dépôts ferrugineux.

Si la formation des minéraux ferrifères et celles des oolithes reste matière à débat, les processus de dépôts sont, eux, mieux connus. Il est clairement établi que les oolithes se sont accumulées en milieu marin sous forme de larges lentilles. Il s'agit de dépôts à granoclassement inverse, c'est-à-dire montrant une augmentation de la taille des grains de la base vers le sommet. Pour preuve, les laies de minerai sont d'ailleurs chapeautées par un lit de graviers ou de coquilles.

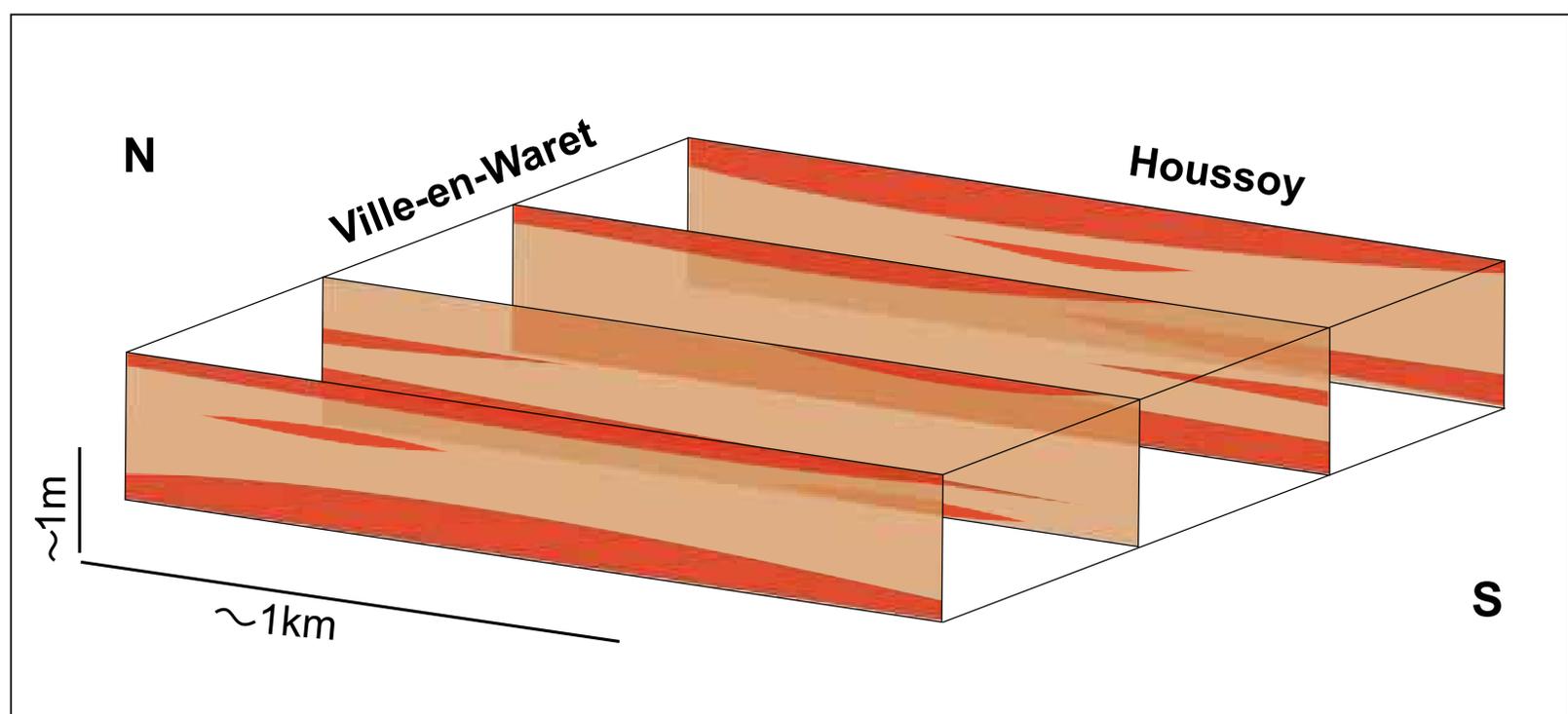
La géométrie des dépôts est conditionnée tantôt par l'action des marées, des courants, des vagues ou des tempêtes, tantôt par la tectonique locale (Dreesen, 1989). La superposition des lits et bancs lenticulaires de minerai oolithique serait due à des variations du niveau marin ou à des influences tectoniques (Young, 1989, p. 10). La preuve de cette géométrie lenticu-

laire est exposée dans la succession des différentes laies de minerai rencontrées dans les exploitations minières. La figure 3.1. représente schématiquement des coupées sériées au travers du tronçon de Houssoy et montre l'agencement des niveaux minéralisés du gisement.

Autre fait intéressant montré par les niveaux d'oligiste oolithique paléozoïques de Wallonie: leur âge est d'autant plus grand qu'elles affleurent plus au sud (voir carte géologique dans le lexique). L'oligiste oolithique du «Couvinién» (Eifelien) se trouve le long de l'axe Chimay – Couvin – Wellin – Grupont, c'est-à-dire à 50-55 km au sud du flanc septentrional du Synclinorium de Namur. L'oligiste oolithique du Fasnien affleure au bord nord du Synclinorium de Dinant (Tailfer, Esneux), à 15-20 km au sud du flanc nord du Synclinorium de Namur. L'oligiste oolithique du Famennien affleure sur les deux flancs du Synclinorium de Namur, à 10-15 km du flanc nord et entre Isnes et Couthuin, sur ce même flanc.

Laur (1913, pp. 56-65) voyait en cette succession la matérialisation d'un gigantesque bassin ferrifère gisant sous les roches dévono-carbonifères entre le bord sud du Synclinorium de Dinant et le bord nord du Synclinorium de Namur. Il n'en est évidemment rien puisque les différentes couches minéralisées sont bien distinctes et ne sont pas continues d'un bout à l'autre du bassin (Cayeux, 1913, pp. 162-165). Leur distribution spatiale traduit simplement la transgression dévonienne par laquelle la mer progresse et dépose ses sédiments (et donc les oolithes ferrugineuses) de plus en plus vers le nord.

FIGURE 3.1.: coupes sériées au travers du tronçon de Houssoy, montrant schématiquement l'agencement des niveaux de minerai oolithique et leur morphologie lenticulaire. Les niveaux rouges figurent les couches de minerai oolithiques, les niveaux roses représentent les couches de schistes et autres stériles.



## L'OLIGISTE OOLITHIQUE DU FAMENNEN

La couche d'oolithes hématitiques du Famennien est le gisement sédimentaire le plus important de la Wallonie, tant en terme de qualité, que de production et de nombre d'exploitations.

Elle est caractéristique du Famennien inférieur du bord nord du Synclinorium de Namur (Formation de Franc-Waret, Delcambre & Pingot, sous presse a, b) mais se rencontre aussi au bord sud du Synclinorium (Formation de Falisole), avec un développement moindre. La couche est également connue dans le Nappe de la Vesdre (Formation de Hodimont; Macar & Calembert, 1938) et dans la Fenêtre de Theux (Fourmarier, 1958). Elle est encore signalée dans certaines localités du bord nord et nord-est du Synclinorium de Dinant: à Villers-aux-Tours (Lohest & Forir, 1897, pp. 127-128), dans le ravin de Solière, près d'Ohey (Fourmarier & Lespineux, 1908, p. 310), à Louveigné et Sougné (Fourmarier, 1906, pp. 56-59). Dans le Synclinorium de Dinant, la couche dépasse rarement quelques centimètres de puissance et n'est évidemment d'aucun intérêt industriel.

Il existe, au bord sud du Synclinorium de Dinant un équivalent de la couche au sein des schistes famenniens. Dans les vallées de l'Ourthe et du Néblon, à Hamoir, Houmart et Baillonville, ce niveau prend l'aspect d'un banc de calcaire bigarré, riche en débris de crinoïdes et brachiopodes auxquels s'ajoutent des «pseudo-oolithes» (Anthoine, 1912, p. 34). Ces dernières sont des grains hématitiques de taille millimétrique et de forme variable: cylindrique, ellipsoïdale, sphéroïdale, lenticulaire, etc. L'examen microscopique de la roche a montré que les «pseudo-oolithes» sont majoritairement des bioclastes hématitisés (Anthoine, 1912, p. 37), ce qui n'est pas sans rappeler les oligistes oolithiques du Frasnien et du Couvinien (voir ci-dessous).

Sur l'ancienne carte géologique Sautour – Surice, Forir *et al.* (1899) signale, dans la Fagne, près de Matagne-la-Grande, une mine de fer dans les schistes du Famennien inférieur que Brasseur (1980, p. 77) interprète comme étant la couche d'oligiste oolithique du Famennien. Il s'agit vraisemblablement de l'équivalent des niveaux connus dans la vallée du Néblon, ou encore l'un des lits d'hématite décrits par Dreesen (1981) dans le Famennien inférieur. En effet, les schistes du Groupe de la Famenne (*sensu* Thorez *et al.*, 2006, p. 30) renferment deux fins niveaux hématitiques baptisés I et II par Dreesen (1982b). Les niveaux IIIa, IIIb et IV se trouvent, quant à eux, à la base, au sein et au sommet de la Formation d'Esneux (Famennien moyen). Tous sont constitués de lentilles formées de calcaire enrichi en grains hématitisés et en divers minéraux ferrifères (chamosite, chlorite, sidérite, etc.; Thorez *et al.*, 2006, p. 33). Dreesen (1982a) considère que ces

niveaux correspondent à des retombées volcaniques liées aux éruptions du Massif rhénan. Les oolithes se seraient, quant à elles, formées lors de brutaux changements du niveau marin (Laenen *et al.*, 2002, p. 53) ou suite à des événements de tempêtes (Dreesen, 1982b).

Comme expliqué ci-dessus, l'oligiste oolithique du Famennien atteint son développement maximal dans le Synclinorium de Namur, particulièrement sur son flanc nord, où elle affleure en six tronçons principaux.

Le plus occidental, entre les vallées de l'Orneau et du Ruisseau de Ville-en-Waret, est composé d'un ou deux lits minéralisés dont l'épaisseur ne dépasse pas 40 cm (Delmer, 1912, p. 864). Le tronçon de Houssoy, à l'est du Ruisseau de Ville-en-Waret, est bien plus développé. Il forme une ondulation ouverte vers l'ouest autour d'un synclinal à cœur dinantien. La couche y est formée de 3-4 lits dont les épaisseurs varient de 20 à 60 cm. Le petit tronçon de Wartet se trouve sur le flanc sud d'un anticlinal à cœur frasnien. La couche y est moins épaisse qu'à Houssoy. À l'inverse, dans le tronçon de Vezin, au sud de la Faille de Landenne, elle atteint son développement maximum. Le nombre de lits de minerai et leurs épaisseurs varient fortement d'est en ouest. À Vezin, deux couches de 50-60 cm encadrent un faisceau de petites laies d'épaisseur inférieure à 10 cm (Delmer, 1912, pp. 880-883). À Landenne, le nombre de laies varie de 1 à 7 et l'épaisseur, de quelques centimètres à plus de 140 cm. Dans ces premiers tronçons, le minerai est toujours siliceux car la gangue est schisteuse.

Dans le tronçon de Couthuin, entre le Ruisseau de Fosseroule et la vallée de la Mehaigne, la couche est constituée d'une laie épaisse de 50 à 150 cm, et composées d'oolithes d'hématite (mine rouge; figure 3.2.), surmontée d'une laie de mine grise (sidérite) de 5 à 20 cm (Karcher, 1941, p. 15). Sa teneur en fer avoisine 30-35%. Le minerai est faiblement siliceux, mais est, en revanche, carbonaté et localement riche en soufre (sous forme de pyrite; Delmer, 1912, pp. 888-889). L'âge famennien inférieur de la couche a été remis en question à la fin des années 1950. En effet, Ancion *et al.* (1956), puis Damiaen (1956), Van Leckwijck & Ancion (1956) et Anicon & Van Leckwijck (1958) ont démontré l'âge famennien terminal («Strunien») des schistes formant le toit de la couche d'oligiste oolithique. La couche en elle-même n'est pas datée. Une lacune du Famennien moyen et supérieur expliquerait la superposition des niveaux struniens et de la couche oolithique qui serait d'âge Famennien inférieur comme ailleurs sur le bord nord du Synclinorium de Namur (Vezin, Cognelée, etc.).

Au bord sud du Synclinorium de Namur, la couche n'est connue qu'à l'est du Ruisseau de Falisole à

Aisemont mais n'a réellement été exploitée qu'en rive droite de la Meuse. Elle est représentée par trois laies d'une épaisseur cumulée de 50 cm au maximum. Ce tronçon se termine contre la Faille de Champs de Boussale (Delmer, 1912, p.893). Le tronçon de la Sarthe, entre le Ruisseau de Solière et la Meuse, ne comprend qu'une laie unique de 60 cm. À Huy, la couche forme une large ondulation en S autour de l'Anticlinal de Lovegnée (Delmer, 1912, p. 894). Le minerai est formé d'un seul lit de 150 cm, localement riche en pyrite. Le dernier tronçon s'étend de Huy à Engis, tantôt en rive gauche de la Meuse, tantôt en rive droite. La couche y est composée de deux laies de 30 cm, séparée par 8 m de schiste. À l'est d'Ampsin, l'épaisseur de la couche diminue rapidement et il ne reste, à Engis, qu'un mince lit rougeâtre (Delmer, 1912, p. 896).

Dans le Nappe de la Vesdre, l'épaisseur et la composition de la couche sont variables: quelques laies d'une dizaine de centimètres d'épaisseur, dispersées dans plusieurs mètres de schistes (Macar & Calembert, 1938). De même, dans la Fenêtre de Theux, la couche n'est guère plus développée.

→ *Fiches concernées: Rhisnes; Vedrin, de Champion à Marche-les-Dames; Marche-les-Dames, Vezin et Landenne; Couthuin (pour le bord nord du Synclinorium de Namur); Aiseau, Fosses-la-Ville, et Malonne; de Nannine à Faulx-les-Tombes; de Huy à Engis (pour le bord sud du Synclinorium de Namur); Angleur, Chaudfontaine et Trooz; Limbourg, Welkenraedt et Eupen; Theux et le Pays de Franchimont (pour le Nappe de la Vesdre et la Fenêtre de Theux).*

### L'OLIGISTE OOLITHIQUE DU FRASNIEN

La Formation de Presles, connue au bord nord du Synclinorium de Dinant et au bord sud du Synclinorium de Namur, contient un niveau d'hématite oolithique composé d'un ou plusieurs lits centimétriques de minerai. Ceux-ci se trouvent à la base de la formation, plus rarement à son sommet (dans le Nappe de la Vesdre; Fourmarier, 1900, pp. 101-102). Dans la plupart des cas, les oolithes sont rares et ce sont les fausses oolithes, de grande taille, qui dominent. Les débris de coquilles, de bryozoaires et de crinoïdes plus ou moins hématitisés sont très fréquents, autant que les oolithes complexes et les fragments de minerais brisés et roulés (Delcambre, sous presse b; voir figure 3.2.). Le ciment est calcaire ou dolomitique, sa proportion par rapport aux grains est variable mais dépasse souvent 50%. La couche est connue dans la vallée de la Meuse (Tailfer) et peut être suivie jusqu'à la vallée du Samson. Vers l'est, elle n'est connue qu'à partir de la vallée de l'Ourthe (Esneux, Mery et Dolembreux; Fourmarier, 1908, p. 296). Le

minerai y est formé presque exclusivement de débris de coquilles enrobés d'hématite et empâtés dans un abondant ciment argileux ou calcaire. Dans la vallée de la Vesdre, il ne s'agit plus que de grains hématitisés et d'oolithes brisées, dispersées dans les schistes de la Formation de Presles (Laloux *et al.*, 1996a, p. 21).

La couche hématitique reparaît dans la région de Ny, sous la forme d'oolithes d'hématite très claires-mées dans la masse calcaire et associées à de petites oolithes vertes composées de chamosite (chlorite ferri-fère). L'hématite disparaît complètement au profit de la chamosite à Humain et Marloie (de Magnée, 1933, p. 89). Dans cette région, les oolithes sont millimétriques, généralement ellipsoïdales ou aplaties. Le ciment est toujours calcaire mais contient parfois de la dolomite, de la sidérite, de la limonite et de la pyrite (de Magnée, 1933, p. 86).

La dominance de la chamosite sur l'hématite est difficile à expliquer. Il pourrait s'agir d'une différence initiale de sédimentation (influence siliceuse locale?) ou d'effets diagénétiques (transformation tardive de la chamosite en hématite non opérée au bord sud du Synclinorium de Dinant, au contraire du bord nord; Anthoine, 1912, p. 35). Dreesen (1981, 1982a) suppose une origine volcanique au fer contenu dans les sédiments, en relation avec les activités éruptives rhénanes. La formation des oolithes, quant à elle, serait liée à des événements de tempêtes (Dreesen, 1982b, pp. 108-109).

→ *Fiches concernées: Lustin, Gesves et Assesse; Dolembreux, Esneux et Nandrin.*

### L'OLIGISTE OOLITHIQUE DU « COUVINIEN »

Cette couche de minerai affleure au bord sud du Synclinorium de Dinant de Wignehies (en France) à Couvin, puis de Wellin à Champlon-Famenne. Elle est traditionnellement associée au sommet de la Formation de Hierges (anciennement « Assise de Bure »), mais les niveaux d'hématite oolithique s'étendent dans la Formation de Saint-Joseph sus-jacente, autant que dans la partie médiane de la Formation de Hierges (c'est à dire au sommet de l'Emsien et à la base de l'Eifelien; Marion & Barchy, 1999, pp. 68-69).

Elle est formée de deux à six laies d'épaisseur centimétrique à décimétrique (Delmer, 1913b, pp. 434-435). Le minerai est composé d'oolithes millimétriques d'hématite mais surtout de bioclastes (crinoïdes, brachiopodes, bryozoaires, etc.) enrobés d'hématite. Le ciment liant ces grains est formé d'hématite, de calcite, de sidérite et de quartz (Cayeux, 1909, pp. 206-209). Les lits de minerai sont intercalés dans des niveaux presque exclusivement composés de sidérite et de chlorite. Localement, le mine-

rai est silicifié ou très carbonaté et titre jusqu'à 35 à 42 % de fer (Delmer, 1913, pp. 327-328).

Dans le tronçon oriental qui s'étend de Wignehies à Saint-Joseph, la couche est bien développée et c'est surtout dans le Pays de Chimay qu'elle a donné lieu à des exploitations. La couche disparaît à l'est de Saint-Joseph (Coen & Dumoulin, 2008) et, bien que certains auteurs affirment qu'elle affleure à Rancenne, près de Givet (Ancion & Van Leckwijck, 1947, p. 98), elle ne reparaît que du côté de Wellin (Voisin, 1994, p. 27).

Le second tronçon, de Wellin à Champlon-Famenne, est bien moindre en terme de développement de la couche. Delmer (1913b, p. 435) doute même de l'existence du minerai à l'est de la Meuse. Pourtant Clément (1849, pp. 219-220) décrit, à Grupont, un faisceau de douze lits de minerai, dont deux exploitables, de 23 et 45 cm d'épaisseur. Néanmoins, la densité assez faible du minerai (à peine 3,12 d'après Clément, 1849, p. 219) peut faire douter de sa nature hématitique.

→ *Fiches concernées : Le Pays de Chimay ; Les vallées de l'Eau Noire et du Viroin ; Les vallées de la Lesse et de la Lhomme.*

### L'OLIGISTE OOLITHIQUE DU GIVETIEN

L'ancienne carte géologique Fléron – Verviers (135) et Fourmarier (1954, p. 138) signalent un niveau d'hématite oolithique intercalé dans les schistes givetien à Goffontaine, dans la vallée de la Vesdre. La position stratigraphique de cette couche est imprécise : base du Givetien ? sommet ? Aurait-elle été confondue avec le niveau d'oligiste oolithique du Frasnien ? Le niveau n'a malheureusement pas été reconnu lors du levé de la nouvelle carte géologique 42/7-8 Fléron – Verviers (Laloux *et al.*, 1996a). Dans la vallée de l'Ourthe, à Dolembreux, un curieux niveau hématitique peu épais a été reconnu dans des minières exploitant un amas couché à la base des calcaires givetien (voir fiche Dolembreux, Esneux et Nandrin). Il n'est pas impossible qu'il s'agisse du même niveau qu'à Goffontaine.

→ *Fiches concernées : Dison, Rechain et Olne ; Dolembreux, Esneux et Nandrin.*

### L'OLIGISTE OOLITHIQUE DU « GEDINNIEN »

Ancion & Van Leckwijck (1947, p. 98) signalent l'existence d'une couche d'oligiste dans les schistes du Gedinnien<sup>3</sup> au sud de Couvin et Chimay, au bord sud

du Synclinorium de Dinant. Voisin (1994, p. 24) rapporte à cette couche les gîtes de Felenne, et peut-être ceux de Redu et Transinne. Dejonghe (1976, p. 98) et Ancion (1952) reprennent les descriptions d'Ancion & Van Leckwijck (1947, p. 98) qui sont les seuls renseignements connus relatifs à cette couche. Ces auteurs avancent la teneur élevée en phosphore (1,03 à 1,17 %) comme preuve de l'origine sédimentaire du minerai, ce qui est discutable. Il n'est pas impossible que cette « oligiste » ne soit, en réalité, qu'un lit de limonite comme il en existe dans la Formation de Villé (Praguien), ou encore de lentilles millimétriques d'hématite et limonite comme celles développées dans la Formation de Mirwart. Faute de documents ou d'échantillons, il est impossible de trancher.

→ *Fiches concernées : Les vallées de l'Eau Noire et du Viroin ; Les Ardennes.*

## LA MINETTE DE LORRAINE ET DU LUXEMBOURG

Les terrains jurassiques du Bassin de Paris renferment des couches de minerai oolithique connues sous le nom de « minette » qui forment le vaste bassin ferrifère de la Lorraine et du Luxembourg. La lèvre septentrionale de ce bassin affleure en Belgique, au sud de Musson et Halanzy. En Gaume, la formation se compose de deux couches principales encadrant un faisceau de petites laies centimétriques. La couche inférieure est la plus développée, la supérieure n'a été découverte et exploitée que tardivement, les niveaux intercalaires n'ont eu aucune importance industrielle.

Toutes les couches forment, à l'échelle kilométrique, des lentilles dont la puissance varie de quelques dizaines de centimètres (côté belge) à plusieurs mètres (côté français ; Bubenicek, 1960, p. 19). Le minerai est formé d'oolithes ellipsoïdales ou aplaties dont la composition minéralogique diffère sensiblement des « oligistes oolithiques » connues dans les roches dévoniennes. Au lieu d'hématite, elles sont formées de chlorite, de goethite, de limonite et autres hydroxydes de fer (Guinard, 1948, p. 650 ; Cayeux, 1922, voir figure 3.2.). Le nucléus des oolithes est souvent un grain de quartz, parfois un débris de coquille complètement imprégné de limonite. Le cortex est, quant à lui, composé d'hydroxydes de fer plus ou moins enrichi en silice. L'hématite est inhabituelle, autant que la pyrite. Le ciment est argileux ou calcaire, parfois si peu induré que le minerai en est pulvérulent, sableux (Ancion, 1952, p. 84). Des lentilles stériles de ciments sont fréquentes dans le minerai. À l'inverse, dans les

<sup>3</sup> Gedinnien est l'ancien nom du Lochkovien, premier étage du Dévonien inférieur.



FIGURE 3.2. : vue grossie des minerais oolithiques sur les surfaces polies d'échantillons. À gauche la minette du Jurassique, constituée de grains de goethite et de limonite empâtés dans une matrice calcaire riche en calcite (blanche). Au centre, l'oligiste oolithique du Frasnien, constituée de bioclastes et grains hématisés empâtés dans une matrice calcaire et dolomitique. À droite, l'oligiste oolithique du Famennien, formée de vraies oolithes d'hématite. Diamètre approximatif des cercles : 2 cm.

niveaux argileux séparant les couches de minette, on rencontre souvent des oolithes dispersées. Il en va de même dans le toit et le mur de la couche. Par ailleurs, Thoreau (1912, p. 470) signale des oolithes de chamosite dans les bancs de marne qui surmontent la minette. Ces dernières sont une preuve que les oolithes n'étaient pas initialement formées de goethite mais de silicate (chamosite, berthierine, glauconie, etc.), comme pour les oolithes d'hématite (Cayeux, 1922).

→ *Fiche concernée : Musson et Halanzy.*

## Les autres minerais en couche

### LE CARBONATE DE FER DU HOUILLER

Le Groupe Houiller est composé de grès et de schistes dans lesquels viennent s'intercaler les couches de charbon. Dans la partie inférieure du Groupe, les couches de houilles ne sont pas fréquentes mais les schistes sont localement riches en nodules et lentilles de sidérite très dures (« sphérosidérites »). Il s'agit de carbonate de fer, souvent accompagné de pyrite, de marcassite, de calcite, de quartz et de matières carbonneuses, plus rarement de chamosite et d'apatite (Kaisin, 1943, p. 38). La teneur en fer atteint rarement 30-35%. On connaît, dans certains charbonnages, des couches continues de sidérite, ou de grès imprégné de carbonate de fer (Delmer, 1913, p. 329). Curieusement, ces bancs carbonatés sont toujours situés au toit des couches de charbon, jamais au mur (Karapétian, 1912, p. 322). La teneur

en fer avoisine 30%, avec de rares cas allant jusqu'à plus de 40%. Ce minerai n'est donc pas pauvre mais son traitement dans les fourneaux n'est pas simple. En général, la sidérite était préalablement grillée pour transformer le carbonate en oxyde de fer, plus facile à fondre dans les fourneaux. C'est pourquoi le minerai était parfois simplement ramassé sur les terils car il s'y trouvait naturellement oxydé. Ce fut le cas dans diverses localités du Borinage et du bassin liégeois.

Lorsqu'au début du xx<sup>e</sup> siècle, le bassin houiller de campine a été découvert, de grands espoirs ont été fondés sur l'existence des couches de sidérite qu'il pouvait renfermer. Le bassin de Campine établissant la transition entre les bassins houillers de Grande-Bretagne et d'Allemagne, on espérait y découvrir l'équivalent des couches de carbonate de fer largement exploitées des deux côtés (les « *blackbands* » du Pays de Galles et d'Ecosse, et du « *kohleneisenstein* » de la Rhur; Delmer, 1913, p. 330).

La genèse de la sidérite sous-entend des conditions physico-chimiques très particulières : elle ne se forme que dans des environnements modérément réducteurs pauvres en soufre (Garrels & Christ, 1967, p. 192; figure 3.3.).

Pareilles conditions existent en milieu continental où la précipitation de fer sous forme carbonatée peut se faire à partir d'eau saumâtre, voire d'eau douce (Dejonghe, 1985, p. 290).

→ *Fiches concernées : Le Hainaut; le Pays de Liège.*

## LE CARBONATE DE FER DE L'EMSIEN

Une «*couche à noyaux de sidérose*» a été décrite dans les roches emsiennes de la région de Saint-Vith. Il s'agit vraisemblablement de niveaux schisteux imprégnés de carbonate de fer comparables au carbonate du Houiller. Le mode de formation de la sidérite n'est pas incompatible avec le contexte géologique des roches emsiennes puisqu'elles montrent des faciès continentaux. Or, c'est généralement dans ces milieux que précipite le carbonate de fer (milieu réducteur pauvre en soufre ; figure 3.3.).

→ *Fiches concernées : Les Cantons de l'Est.*

## LES MINERAIS FERRO-MANGANÉSIFÈRES

Les phyllades ordoviciennes du flanc sud du Massif de Stavelot renferment deux roches remarquables : le coticule, phyllade à grenats très fins exploités depuis l'époque romaine pour ses propriétés abrasives (pierre à aiguiser) ; et le minerai ferro-manganésifère en couche. Ce dernier est représenté par deux faisceaux de couches intercalées dans les phyllades ordoviciennes de la Formation d'Otré. C'est dans la vallée de la Lienne que la minéralisation est la plus conséquente et qu'elle a fait l'objet d'exploitations minières. Le minerai s'y présente en deux couches (inférieure et supérieure) subdivisées respectivement en deux et six laies centimétriques à décimétriques, séparées par des passées schisteuses stériles. Le manganèse est porté par la rhodochrosite, la sidérite manganésifère et divers silicates manganoux (Libert, 1906, p. 149). Le fer provient de l'hématite, de la sidérite, de chlorites et de silicates de fer. Le minerai est localement phylladeux (roche imprégnée d'oxydes de manganèse), sous

forme d'hématite manganésifère (Calembert & Macar, 1947, p. 109), ou encore sous forme de lentilles de minerais terreux et d'oxydes de manganèse (Berger, 1965, p. 251). En moyenne, le minerai contient 19% de manganèse pour 36% de fer (Firket, 1878, p. 35).

L'origine du minerai est, dans ce cas aussi, mal comprise. Rhodochrosite et sidérite ne sont pas des minéraux très répandus dans les roches ordoviciennes du Massif de Stavelot. Il est probable que ces deux minéralisations résultent de la transformation de niveaux calcaires qui ont absorbé le manganèse en solution dans les eaux océaniques. Le manganèse proviendrait d'une activité volcanique sous-marine (Kramm, 1976, p. 143) ou d'un enrichissement local des sédiments (Kramm, 1980, p. 880). Dans les zones altérées du gisement, la pyrolusite, les oxydes et hydroxydes de manganèse et de fer sont très communs (Calembert & Macar, 1947, p. 110).

→ *Fiches concernées : la vallée de la Lienne, les Ardennes.*

## Le minerai des sources et des marais

L'un des rares minerais de fer tiré en Flandre est appelé «*limonite des prairies*». Il s'agit de concrétions tourbeuses déposées dans le fond de certaines vallées (Grande et Petite Nethe, Démer, et leurs affluents). D'après Delmer (1913, p. 340), les eaux d'infiltration traversant des sables glauconifères, elles y ont décomposé la glauconie et lessivé son fer. Les ions ferreux ( $Fe^{2+}$ ) sont passés en solution et sont restés solubilisés tant que les conditions physico-chimiques s'y prêtaient. Lorsque les solutions ferrugineuses sont revenues à la surface – via les sources ou les suintements divers – elles se sont mélangées

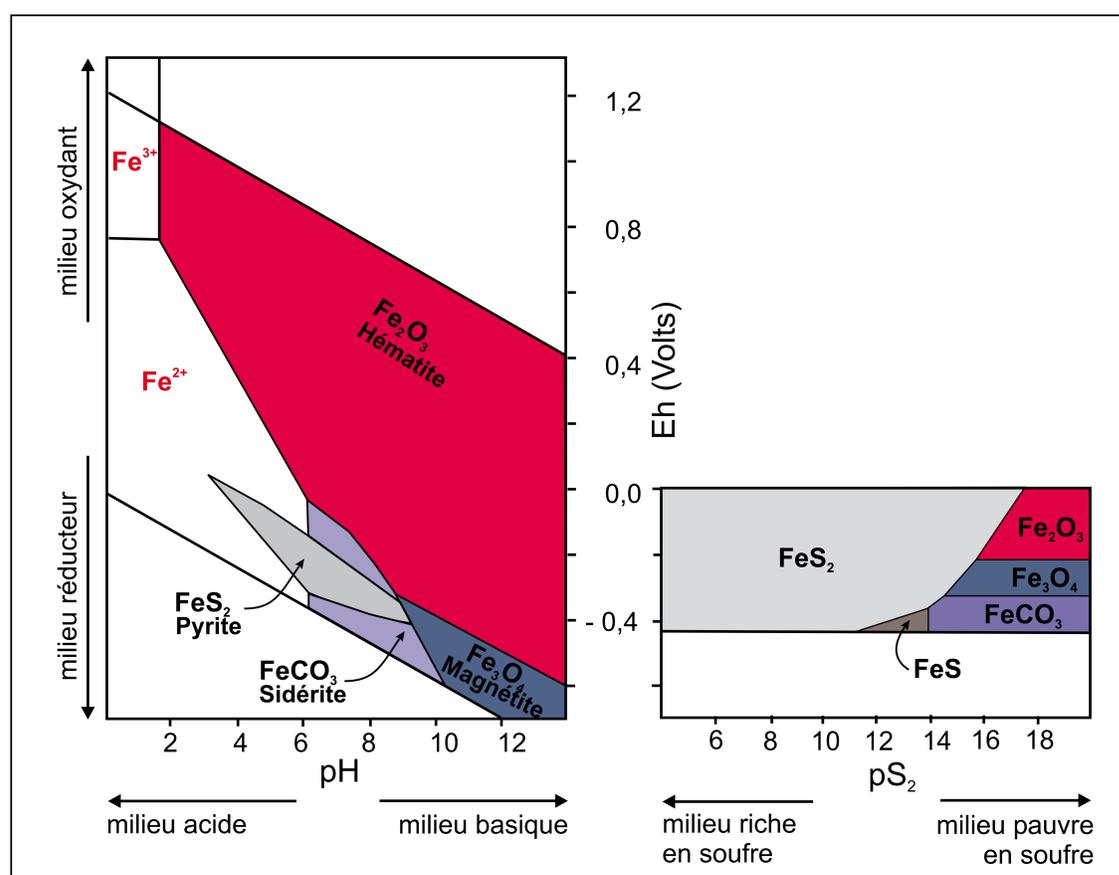


FIGURE 3.3 : diagramme de stabilité des minéraux ferrifères. Le diagramme Eh-pH (à gauche) montre que l'hématite peut se former dans les milieux oxydants et basiques mais qu'elle est instable en condition acide et/ou réductrices. Le diagramme Eh-pS<sub>2</sub> (à droite) montre qu'en milieu réducteur, la pyrite est dominante si le soufre est suffisamment disponible. Dans le cas contraire, ce sont les oxydes et carbonates de fer qui se forment. Modifié d'après Krauskopf (1979).

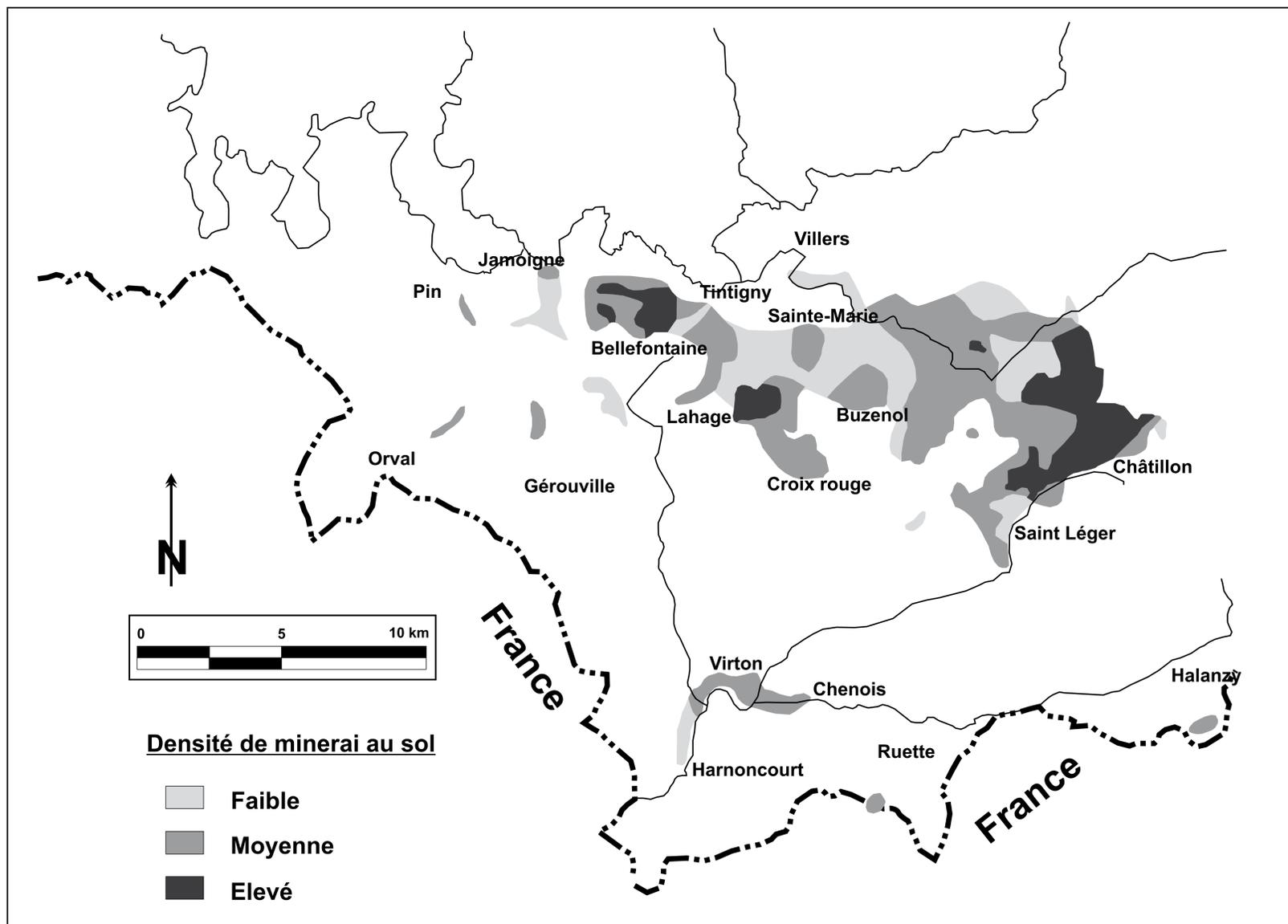


FIGURE 3.4. : densité de cailloux ferrugineux à la surface du sol en Gaume. Modifié d'après Delhez (2004, pp. 36-37).

avec les eaux acides des tourbières. Dès lors, les paramètres physico-chimiques ont été modifiés, les ions  $Fe^{2+}$  sont passés à l'état  $Fe^{3+}$  et ont précipités. L'action bactérienne joue également un rôle important car elle entraîne la précipitation soit directe (les bactéries consomment le fer), soit indirecte (l'activité bactérienne modifie les conditions du milieu).

Il en résulte les concrétions tourbeuses et spongieuses dans les fonds de vallées. De pareilles concrétions sont également connues dans les environs de Stavelot où les « pouhons<sup>4</sup> » forment des dépôts ferrugineux parfois conséquents (ex.: Pouhon de Blanchimont; Delmer, 1913, p. 383).

→ *Fiches concernées: les Ardennes; le Brabant, Bruxelles et la Flandre; les Cantons de l'Est.*

### Les gisements alluvionnaires et colluvionnaires

Il existe, en Gaume, une série de concrétions ferrugineuses intercalées dans les roches jurassiques. Elles sont décrites dans le paragraphe concernant les gisements d'altération (voir figure 3.7., étapes 1, 2 et 3). Ces ferruginisations subsistent au sommet de quelques

collines du Pays d'Arlon, mais en général, on ne les rencontre qu'à l'état remanié, sous forme de colluvions ou d'alluvions (Souchez-Lemmens, 1967, 1968). Dans le premier cas, les concrétions sont démantelées sous l'effet de l'érosion, leurs fragments gisent accumulés à flanc de colline ou en pied de versant. Ce sont des dépôts colluvionnaires formant des nappes discontinues d'épaisseur variable. Soumis à l'action des eaux, les colluvions peuvent être emportés par les rivières (figure 3.7., étape 4). Ils constituent le second type de gisement: les alluvions. Les graviers et cailloux ferrugineux sont déposés dans le fond des vallées, avec des sables, des argiles et des galets d'origine diverse. Dans la Forêt gaumaise et le Pays d'Arlon, les alluvions ferrugineuses qui occupent les replats des collines sont les vestiges d'anciennes terrasses alluviales de la Meuse, du Rhin et de leurs affluents principaux (Bélanger *et al.*, 2002, p. 17). Les alluvions récentes de la Vire, du Ton et du Ruisseau de Ruelle renferment également des graviers ferrugineux provenant du remaniement des concrétions de fer, des colluvions et alluvions anciennes mais aussi de l'érosion de la couche de minette. Alluvions et colluvions forment de vastes nappes de cailloutis ferrugineux à la surface du sol comme en témoignent les relevés de Delhez (2004, pp. 36-37; figure 3.4.).

<sup>4</sup> Sources d'eau ferrugineuse.

Des gisements alluvionnaires de minerai de fer existent également dans le Hainaut. Delmer (1913, p. 336) en signale à Aulnois et Quévy. Ils découlent probablement du remaniement de concrétions ferrugineuses des sables tertiaires.

→ *Fiches concernées: les Ardennes, la Forêt gauloise, les vallées de la Vire et du Ton, le Pays d'Arlon, le Hainaut.*

## Gisements d'altération

Les gisements d'altération sont à la fois les plus communs et les plus vastes de Wallonie. Comme leur nom l'indique, ils se sont formés dans un contexte d'altération. Il s'agit soit de l'altération de gisement existants (filons) ou de la dégradation de minéraux ferrifères dispersés dans les roches (glauconie, par exemple). Dans tous les cas, le minerai résulte de la remobilisation du fer sous forme ionique. Les eaux météoriques acides – devenues acides au contact des humus végétaux ou par la libération d'acide sulfurique lorsque la pyrite se dégrade – s'enrichissent en fer en lessivant les roches. Les solutions qui en résultent contiennent des ions ferreux  $Fe^{2+}$ . Ceux-ci précipitent sous forme  $Fe^{3+}$  dès que survient un changement dans les conditions physico-chimiques: pH, Eh, concentration, pression, apport d'ions, présence de matière organique, etc.

### Les amas cryptokarstiques et les abannets

Ce type de gisement est très répandu dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, particulièrement dans la Calestienne, de Chimay à Olloy-sur-Viroin. Les Abannets se présentent comme de larges et profondes cavités aux formes compliquées. La plus emblématique de ces cavités à ciel ouvert est, sans conteste, le Fondry des Chiens, à Nismes. Ses voisins de Dourbes, Pétigny et Couvin sont moins connus mais tout aussi intéressants et spectaculaires, bien qu'ils soient la plupart du temps envahis par la végétation (et les déchets!).

Si, à l'heure actuelle, les abannets et autres Fondrys ont l'aspect de gouffre, c'est à cause des diverses exploitations (minières et sablières) qui les ont vidés de leur contenu.

Les abannets sont des amas cryptokarstiques, c'est-à-dire des cavités karstiques fossiles remplies de sédiments sableux et argileux dans lesquelles des minéralisations se sont développées. Sur le terrain, aucune direction préférentielle n'a pu être mise en relation avec des fractures ou des failles particulières. Cependant, à grande échelle, on peut clairement voir que les gîtes présentent des alignements nord-sud,

parallèles à la direction de la fracturation régionale. On peut attribuer cette caractéristique au fait que les abannets sont avant tout des karsts développés selon les directions de moindre résistance de la roche, dans la direction des fractures, plus soumises à l'érosion.

Leur origine a toujours été sujet de débat parmi les géologues, géographes et karstologues. La première interprétation générale des gouffres de la Calestienne est donnée par Van den Broeck *et al.* (1910) et fait intervenir trois étapes. Premièrement, à la fin de l'Ere Primaire ( $\pm 200$  millions d'années), les roches dévoniennes ont été rabotées par l'érosion et une végétation tropicale occupe le continent. Les eaux météoriques acidifiées au contact de l'abondant humus végétal, ont attaqué et dissout les calcaires, créant grottes et autres réseaux souterrains. La karstification et l'érosion ayant rongé la roche, le toit des cavités a fini par s'effondrer. La seconde étape fait intervenir la mer, de retour à la fin de l'Ere Tertiaire ( $\pm 5$  millions d'années), qui a déposé sur le continent sables et argiles. Enfin, durant le Quaternaire (1-2 millions d'années), l'érosion des rivières a décapé les sédiments tandis que le fer contenu dans ceux-ci a été lessivé par les eaux d'infiltration. Le fer, emporté par les eaux, a précipité dans le fond des cavités effondrées et a formé d'important gisements de minerais. Finalement, l'enlèvement des sables, des argiles et du minerai est attribué à l'activité extractrice des Celtes et des Gallo-romains.

L'explication de Van den Broeck *et al.* (1910) a été revue maintes fois, par comparaison avec des phénomènes semblables observés en Afrique et en Asie, et des théories plus abouties ont ainsi été présentées. Celle de Quinif (1993) comprend cinq stades de formation (figure 3.5.).

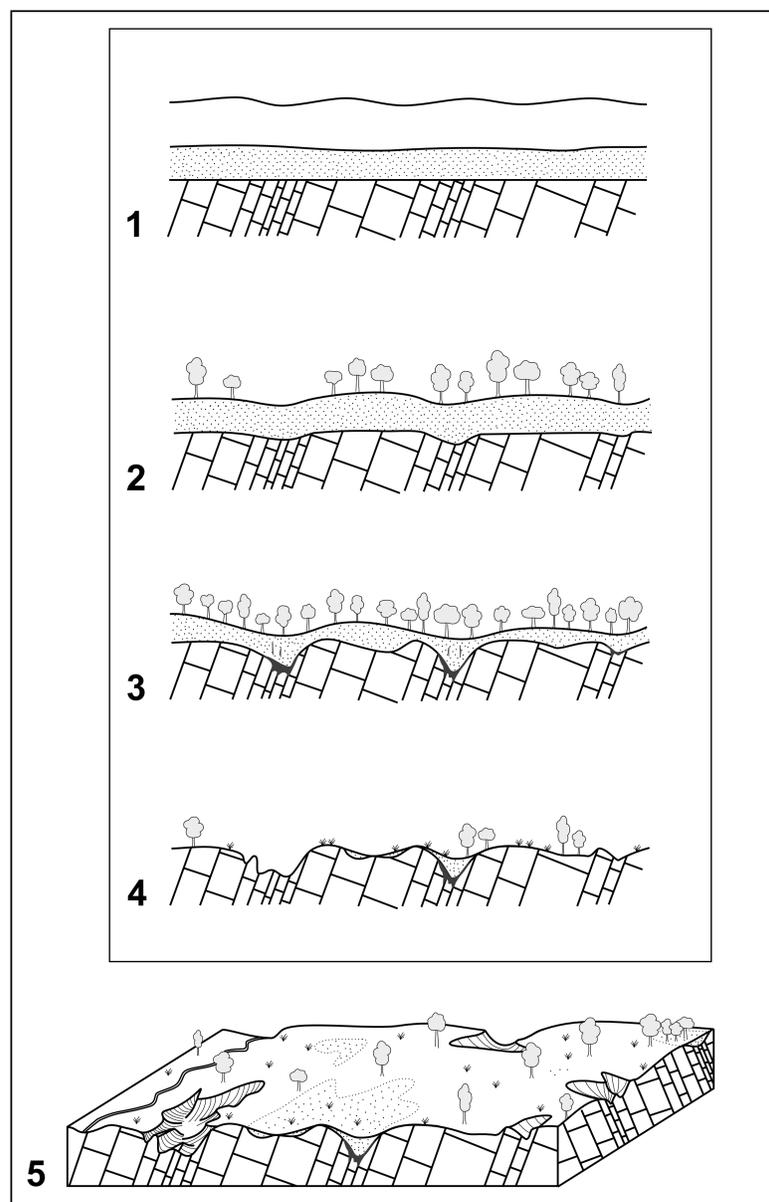
1. À la fin du Miocène ( $\pm 5$  millions d'années), les calcaires eiféliens et givetiens de la Calestienne, plissés à la fin de l'ère primaire ( $\pm 200$  millions d'années), et aplanis par l'érosion ont été recouverts par la mer qui a déposé des sédiments sablo-argileux riches en glauconie (5-10% selon Ancion, 1952, p. 76).
2. La mer s'étant retirée, une végétation tropicale s'est développée sur les sédiments miocènes. Les eaux rendues acides au contact des humus se sont infiltrées en altérant la glauconie et ont attaqué les calcaires, créant des cuvettes au droit des zones de faiblesse de la roche (cryptokarstification).
3. L'altération des calcaires s'est poursuivie sous un climat tropical humide, créant de larges dépressions limitées par des lames et pitons de calcaire plus résistant. Le fer libéré par l'altération de la glauconie a été lessivé par les eaux d'infiltration et déposé sous forme de placage de limonite contre les parois calcaires.

4. Au début du Quaternaire ( $\pm 2$  millions d'années), le climat ayant radicalement changé, l'altération chimique des calcaires et de la glauconie s'arrête. L'érosion mécanique a pris le relais, les cours d'eau ont balayé les sédiments meubles et ont creusé les vallées. Seuls les sables piégés dans les cavités ont été conservés.
5. L'aspect actuel des gouffres résulte du creusement des vallées qui a isolé les massifs calcaires en collines et de l'enlèvement des sables par les mineurs gallo-romains.

Dans la Caestienne, la plupart des cavités ont été exhumées et vidées de leurs sédiments. À l'inverse, dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, la majorité des poches sableuses sont restées intactes car le minerai n'y a pas été exploité à ciel ouvert. C'est le cas à Florennes, Fraire et Denée. Le sable a également fait l'objet d'exploitation dans les sablières de Mettet, Onhaye, etc.

Cependant, plusieurs points demeurent non résolus, tant par l'explication de Van den Broeck *et al.* (1910)

FIGURE 3.5. : modèle de formation des gisements paléokarstiques de type abannet, d'après l'explication de Quinif (1993). Explication dans le texte.



que par celle de Quinif (1993). La première concerne la minéralisation ferrugineuse. Quinif considère que la limonite forme des placages et des croûtes au contact sable-calcaire dans le fond des cavités. Par contre Van den Broeck *et al.* (1910, pp. 292-293), recueillant le témoignage d'anciens mineurs, indiquent que le minerai était presque exclusivement composé de veines limonitiques traversant les sables.

La présence de deux types de minéralisation dans les sables et sur les parois n'est pas incompatible et peut s'expliquer par la combinaison de deux phénomènes, comme l'indique Van den Broeck *et al.* (1910, p. 216):

- La limonite en placage et les argiles rougeâtres proviendrait de la corrosion chimique et de la dissolution du calcaire. En effet, Ancion (1952, p. 78) signale une teneur en fer de 0,14 à 3,50% pour les calcaires de l'Eifelien et du Givetien. Une concentration des ions ferreux de 10 fois suffit à produire un minerai de type limonite.
- La limonite présente dans les sables sous forme de veines ou de concrétions trouverait son origine dans la précipitation du fer lessivé par les infiltrations. En effet, soumise à des eaux oxydantes, la glauconie peut complètement disparaître par dissolution et ne laisser «*qu'un résidu de sable pur, blanc comme neige!*» (Van den Broeck *et al.*, 1910, p. 201).

Dans les zones profondes des abannets, le minerai ne semble pas (entièrement) composé de limonite mais de sidérite, révélant des conditions de formation assez réductrices (Krauskopf, 1979; figure 3.3.). Cette influence réductrice pourrait être liée à l'incursion d'eau douce dans les sables glauconifères. Cependant, la proportion de carbonate de fer par rapport aux hydroxydes étant inconnue – à défaut d'observation – on ne peut rien conclure quant au lien génétique entre les deux types de minéralisation: la limonite a-t-elle précipité la première pour se transformer en sidérite au contact de l'eau douce ou bien est-ce la sidérite initiale qui s'est transformée en limonite par altération?

Mailleux (1906, p. 154) signale que la limonite a parfois un aspect fibroradié, comme si elle dérivait de marcassite. Cette limonite serait-elle issue du recoupement d'un filon sulfuré par le gouffre? Cauet (1985) a prouvé par l'analyse isotopique du plomb que le minerai de fer des abannets a une origine distincte des sulfures métalliques composant les filons si communs dans la région. Par ailleurs, on a découvert des filons sulfurés dans certains abannets qui ont parfois donné lieu à de véritables travaux miniers, indépendamment de l'exploitation de la limonite (Van den Broeck *et al.*, 1910, p. 186). Le recoupement de filons par les abannets ne serait que le fruit du

hasard, facile à comprendre quand on voit la densité de filons et d'abannets des collines calcaires de la Calestienne.

Malheureusement, les explications de la genèse des gouffres et du minerai de fer restent du domaine de l'hypothèse car on ne connaît aucune cavité ouverte qui contienne encore du minerai pouvant corroborer les interprétations. Les abannets conserveront donc encore longtemps cet aspect énigmatique qui renforce leur charme.

Les gîtes de fer fort de Ruelle, en Gaume, font également partie des amas à affinité karstique – ou de substitution dans les calcaires (Delmer, 1913, p. 375). Il s'agit de vastes cavités et crevasses résultant de l'élargissement de fractures et diaclases dans les calcaires bajociens de la Formation de Longwy. Leurs dimensions varient de 10-40 m de long pour 2-6 m de large et 4-15 m de profondeur (Belanger, 2006a, p. 16). Le minerai composé de fragments de limonite et goethite, est disposé en lits de 60-120 cm d'épaisseur, d'aspect lenticulaire et intercalés entre des couches d'argiles et de blocs calcaires. Lucius (1952) fait intervenir trois étapes pour la formation de ces dépôts ferrugineux.

1. À l'Oligocène, sous un climat tropical chaud et humide, les calcaires bajociens ont subi une importante karstification par dissolution, laissant au fond des crevasses des argiles résiduelles ferrugineuses.
2. En surface, les résidus de dissolutions ont été lessivés par les eaux et le fer a précipité à la fois sous forme de latérite (en surface) et en placage contre les parois calcaires du gouffre.
3. Les cuirasses latéritiques ont été démantelées par l'érosion et accumulées dans les dépressions du calcaire, en association avec de l'argile et des cailloux divers, conférant au minerai son aspect bréchiq.

La différence avec les abannets de l'Entre-Sambre-et-Meuse tient principalement à l'absence de dépôts sableux continentaux et au faciès colluvionnaire du minerai, associé aux placages contre le calcaire.

→ *Fiches concernées: Biesme, Mettet et Graux; les vallées de l'Eau Noire et du Viroin; Florennes et Morialmé; Lustin, Gesves et Assesse; Onhaye et Hastière; Oret, Stave et Biesmerée; Saint-Aubin et Fraire; Yves, Daussois et Jamiolle; les vallées de la Vire et du Ton.*

## Les amas couchés ou amas de contact

Les amas de contact sont des gisements développés entre deux types de roches de nature différente. Ils sont appelés stratoïdes car leur géométrie suit plus ou moins la stratification<sup>5</sup>.

On attribue leur origine à l'altération des roches par les eaux d'infiltration. Ce sont donc des gisements dit d'altération. En effet, les roches calcaires, gréseuses ou argileuses renferment des quantités variables de fer (voir tableau 3.1.) dispersé dans divers minéraux communs: pyrite, dolomite ferrifère, hématite, sidérite, glauconite, chamosite, chlorites, etc. Au contact des eaux météoriques acides, les minéraux ferrifères s'altèrent et se décomposent, libérant dans le milieu des ions ferreux, de la silice, des sulfates, de l'alumine, etc. La décomposition de la pyrite libre, en plus, de l'acide sulfurique qui renforce le caractère acide des eaux et leur capacité à altérer les roches. Les ions ferreux sont transportés sous forme solubilisée et s'infiltrent. Si les solutions rencontrent des eaux douces ou si elles passent d'un milieu acide (siliceux) à un milieu basique (calcaire), les conditions de stabilité des ions en solution sont modifiées, le fer précipite sous forme de pyrite si la roche contient suffisamment de soufre, ou sous forme de sidérite, si elle en est dépourvue. Les deux minéralisations peuvent néanmoins cohabiter dans le même gîte: si l'on en croit la description des gisements, la pyrite occupe le fond des gîtes et la sidérite se trouve par dessus.

Dans les minéraux carbonatés et sulfurés, le fer se trouve à l'état réduit ( $Fe^{2+}$ ) et, tant que les roches sont saturées en eau, ils sont stables car isolés de l'action oxydante de l'atmosphère. Dès que le niveau de la nappe phréatique s'abaisse, l'oxydation des minéraux ferreux est amorcée. Elle est même renforcée par le battement de la nappe lors d'alternance de saisons sèches et humides. Dejonghe (2009, p. 98) propose un âge Crétacé inférieur pour cette altération, en parallèle avec la formation des chapeaux de fer sur les filons plombo-zincifères. La minéralisation originelle, soumise périodiquement à l'oxygène et à l'eau, se transforme en nouveaux minéraux: la goethite et la limonite, deux minerais de fer hydroxydé. Ils remplacent la sidérite et la pyrite dans les zones superficielles des gisements. Dans pratiquement toutes les minières du pays, les exploitations se sont arrêtées au niveau de la nappe car en dessous, le minerai était composé de carbonate («teux» des mineurs) ou de pyrite («kisses»). Evidemment le passage entre la zone saine et la zone oxydée du gisement n'est pas une

<sup>5</sup> Stratoïde s'oppose à stratiforme et souligne bien que l'origine du minerai n'est pas sédimentaire, comme c'est le cas des couches de minerai oolithique.

surface tranchée mais une zone de transition où la goethite et la limonite se chargent progressivement en carbonates et en sulfures de fer jusqu'à être entièrement remplacées par eux.

Résumons la formation des amas couchés en trois étapes (figure 3.6.):

1. Le fer dispersé dans les roches est lessivé par les eaux météoriques qui s'infiltrent et passe en solution sous forme d'ions ferreux ( $Fe^{2+}$ ).
2. Au contact entre des roches calcaires et grésoschisteuses, les paramètres physico-chimiques du milieu changent brutalement et le fer de la solution précipite sous forme de pyrite ( $Fe_2S$ ) et de sidérite ( $FeCO_3$ ).
3. L'érosion des massifs rocheux et les variations climatiques provoquent le battement des nappes phréatiques. La pyrite et la sidérite, au contact de l'oxygène, s'altèrent en goethite et limonite.

L'amas couché est le gisement le plus répandu en Wallonie, on le rencontre dans pratiquement tous les domaines, tantôt dans les roches dévoniennes, tantôt dans les roches carbonifères ou encore le long de failles. Les principaux contacts géologiques concernés par les minéralisations en amas couchés sont :

- le contact entre les schistes eiféliens et les calcaires givetiens ;

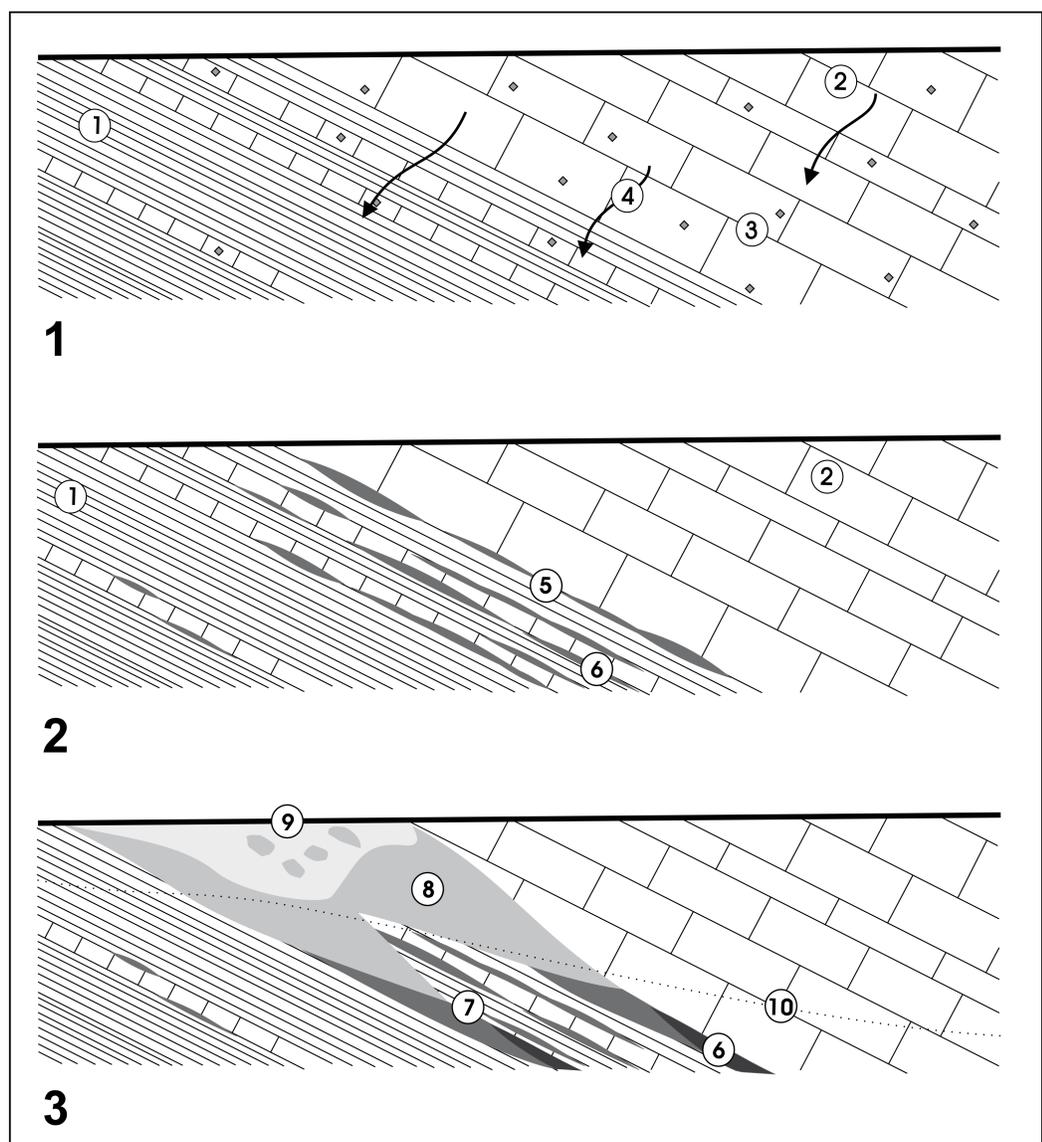
- le contact entre les calcaires frasniens et les schistes du Frasnien supérieur ou du Famennien ;
- le contact entre les schistes et grès famenniens et les calcaires dinantiens ;
- le contact entre les calcaires dinantiens et les grès et schistes houillers.

Le contact Famennien-Dinantien est particulièrement important car la succession des roches à proximité de ce contact est telle que cela a favorisé le développement maximum des gisements. En effet, le sommet des roches famenniennes (désignées sous le terme « Strunien ») est composé d'une alternance de grès, schistes et calcaires surmontés des calcaires de la Formation d'Hastière, eux-mêmes séparés des calcaires de la Formation de Landelies par plusieurs mètres de schistes constituant la Formation du Pont d'Arcole. Le contact schiste-calcaire est donc répété sur une courte distance, ce qui explique le développement important des amas couchés le long de ce contact dans l'Entre-Sambre-et-Meuse.

Les amas couchés entre les schistes eiféliens et les calcaires givetiens sont le second gisement le plus important, les gisements au sommet des calcaires frasniens et dinantiens viennent ensuite.

Dans le cas où le contact entre les deux types de roche est faillé, un gisement peut tout de même exister. De cette manière, on rencontre des amas couchés entre des roches schisteuses et calcaires qui ne sont

FIGURE 3.6. : genèse des amas couchés entre des roches carbonatées et grésoschisteuses. Explication des étapes 1 à 3 dans le texte. Légende: 1: roche grésoschisteuse; 2: roche carbonatée (calcaire, dolomie, calcaire argileux); 3: minéraux ferrifères dispersés dans les roches; 4: infiltrations acides, enrichies en fer; 5: concrétions de sidérite et de pyrite par précipitation du fer dissout; 6: pyrite; 7: sidérite; 8: goethite; 9: zone superficielle altérée formée de limonite et goethite; 10: niveau de la nappe phréatique.



pas stratigraphiquement superposées: Dinantien et Dévonien inférieur, par exemple, dans la région de Theux.

→ *Fiches concernées: Aiseau, Fosses-la-Ville et Malonne; de Banneux à Harzée; Biesme, Mettet et Graux; Ciney, Natoye et Hamois; de Cour-sur-Heure à Gourdinne; Dinant et Lisogne; Dison et Olne; Dolembreux, Esneux et Beaufays; d'Erquelettes à Thuin; Ferrières et Xhoris; Gerpennes, Acoz et Gougnyes; de Kinkempois à Trooz; Limbourg, Welkenraedt et Eupen; Lustin, Gesves et Assesse; de Nannine à Faulx-les-Tombes; Onhaye et Hastière; Oret, Stave et Biesmerée; le Pays de Beaumont; Saint-Aubin et Fraire; de Saint-Gérard à Rivière; de Tavier à Comblain; Theux et la Pays de Franchimont; Thy-le-Bauduin et Hanzinne; la vallée du Hoyoux; Yves, Daussois et Jamiolle.*

### Les concrétions ferrugineuses des sables tertiaires

Les sables thanétiens et yprésiens sont localement riches en glauconie qui, soumise à l'altération météorique, libère son fer. Celui-ci a pu précipiter sous forme de limonite. Il en résulte des concrétions ferrugineuses plus ou moins indurées, composées de limo-

nite. La plupart du temps, il s'agit de sable ou grès ferrugineux plus que d'un réel minerais, les plus riches titrent au maximum 30% de fer (Dejonghe, 1985, p. 292). Les sables tertiaires du Hainaut et du Brabant contiennent localement des concrétions de ce type. Les sables glauconifères du Pliocène de Flandre (bassin du Demer) ont également été transformés en grès ferrugineux par les mêmes processus (Ancion, 1952, p. 82). Le minerais, très siliceux, contenait 20 à 30% de fer et assez peu de phosphore et de soufre. Les gisements d'Aerschot, Louvain, etc. ont donné lieu à des exploitations intenses mais de courte durée.

→ *Fiches concernées: le Hainaut; le Brabant, Bruxelles et la Flandre.*

### La limonite du Dévonien inférieur

Il n'est pas rare de rencontrer de petits gisements de minerais de fer dans les roches du Dévonien inférieur. En effet, certaines formations (Pesche, Saint-Hubert, Villé) comportent des niveaux, des nodules ou des lentilles calcaires intercalées dans des grès et des schistes. Le calcaire est généralement dissout et les cavités créées dans la roche sont tapissées d'argiles ferrugineuses accompagnées de concrétions limonitiques. Localement, la limonite imprègne les

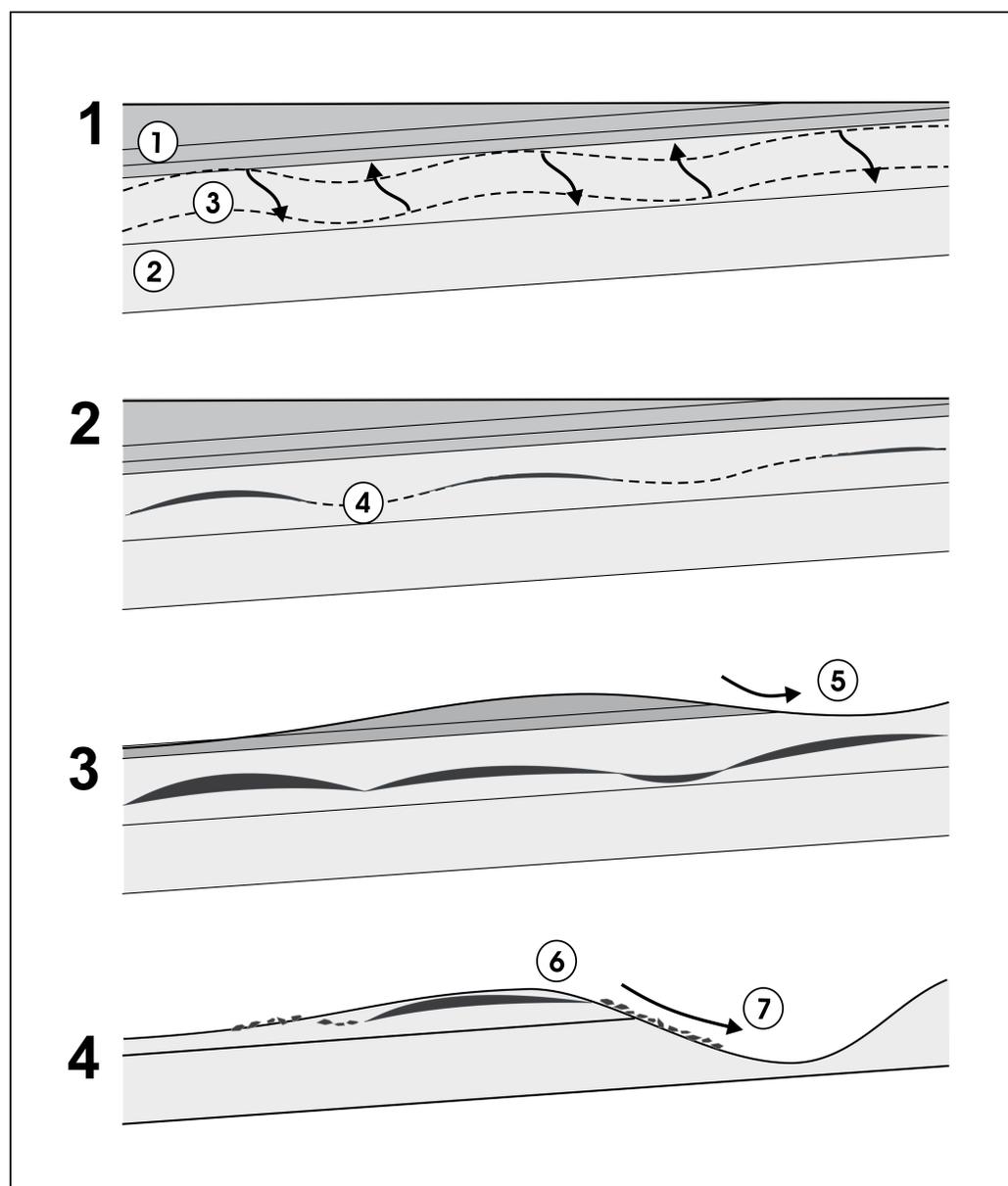


FIGURE 3.7.: modèle de formation des cuirasses de fer de la Lorraine belge. Légende: 1: formation argileuse; 2: formation sableuse; 3: zone de battement de la nappe phréatique; 4: précipitation des oxydes de fer dans la zone de battement de la nappe; 5: érosion des formations rocheuses; 6: cuirasse ferrugineuse conservée au sommet des collines; 7: fragments de croûte démantelée et accumulés sous forme de colluvions et d'alluvions. Explication des étapes 1 à 4 dans le texte.

roches, formant des gisements de minerai plus ou moins étendus. Ils ont fait l'objet d'exploitations très modestes mais les caractéristiques du minerai ne sont pas connues.

→ *Fiches concernées: les Ardennes; le Pays de Durbuy.*

### **Les cuirasses ferrugineuses de la Lorraine belge**

Le sous-sol de la Lorraine belge est composé de roches peu indurées d'âge triasique et jurassique parmi lesquelles les formations de Luxembourg, d'Arlon et d'Ethe qui sont composées d'une alternance de dépôts sableux (ou gréseux) et argileux.

Durant le Miocène et le Pliocène, il régnait un climat tropical à contraste saisonnier très prononcé (saisons sèches alternant avec des saisons humides). Les apports en eaux dans les nappes phréatiques étaient donc saisonniers et produisaient des variations du niveau des eaux dans le sol (figure 3.7., étape 1). Ces variations d'humidité et l'exposition saisonnière à l'atmosphère ont provoqué l'altération chimique de minéraux ferrifères dispersés dans les roches. Chamosite, glauconie, chlorites et autres silicates de fer ont été décomposés et leur fer emporté sous forme ionique ( $Fe^{2+}$ ). Au moindre changement physico-chimique (variation de pression, d'acidité, de concentration, etc., figure 3.7., étape 2) le fer dissout a précipité sous forme de goethite et de limonite. Lorsque la précipitation s'est déroulée dans les sables, elle a produit un grès à ciment ferrugineux. Lorsque celle-ci s'est faite au sein des argiles, des croûtes et des concrétions se sont formées (Souchez-Lemmens, 1968, p. 146). Les concrétions forment par endroit de vastes cuirasses continues sur plusieurs dizaines de mètres carrés, sur une épaisseur décimétrique et limitées par des surfaces ondulantes. Le contact avec les roches encaissantes est toujours net, on n'observe jamais de passage progressif de la roche saine vers la croûte ferrugineuse.

La position des concrétions a été dictée soit par le contexte géologique, soit par le contexte géographique. Dans le premier cas, les concrétions se situent le long de contacts entre des sables (ou grès) et des argiles. C'est le cas des croûtes développées entre les formations d'Ethe (argile) et Luxembourg (grès), et entre les membres de Stockem (sable) et Hondelange (argile; Bélanger *et al.*, 2002, p. 19). Cependant, on a observé des cuirasses qui ne suivent pas ces contacts géologiques. C'est l'argument développé par Souchez-Lemmens (1966, 1967) pour qui les indurations ferrugineuses matérialiseraient le niveau des nappes phréatiques durant le Miocène et le Pliocène. La position des cuirasses serait donc liée au relief de la région à cette époque. Evidemment, le

relief en question a disparu, modifié par l'action de l'érosion (figure 3.7., étapes 3 et 4). Les cuirasses ont été démantelées et seuls quelques lambeaux sont demeurés en place. Les croûtes ferrugineuses intactes ne sont d'ailleurs observables qu'au sommet des hautes collines du Pays d'Arlon (butte de Stockem, Hirtzenberg) dont l'altitude est comprise entre 350 et 400 m (Hufty, 1959, p. 73). Souchez-Lemmens (1968, pp. 154-155) indique une succession verticale de cuirasses dans ces collines – chacune caractérisée par son altitude. La plus haute se trouve à 410-415 m d'altitude, une autre à 395-400 m, une autre entre 385 et 390 m, une autre encore à 370-375 m et la plus basse vers 365 m. Elles correspondraient à des phases successives de cuirassement liées aux variations climatiques de la fin de l'Ere Tertiaire (Souchez-Lemmens, 1968, p. 156).

→ *Fiches concernées: le Pays d'Arlon; la Forêt gauthoise.*

### **Gisements liés aux minerais de plomb et zinc**

Outre le fer, il existe, en Wallonie, des gisements de minerais de plomb et de zinc qui ont donné lieu à des travaux dans plus de 200 localités (Dejonghe, 1998, p.331). Tous sont situés dans les roches paléozoïques: Dévonien moyen, Frasnien et Dinantien, principalement, mais aussi Dévonien inférieur et plus rarement Famennien et Houiller. Dejonghe (1981, p.285) distingue, en fonction des associations minérales, trois districts métallifères principaux (figure 3.8.):

- district du Synclinorium de Namur – Verviers minéralisé en plomb, zinc et fer dont les gisements sont enchâssés dans les roches dinantiennes;
- district du Synclinorium de Dinant (bord sud) minéralisé en plomb, zinc, fer et baryte, avec un noyau central comportant de la fluorite, le tout soutenu par des roches du Dévonien moyen et du Frasnien;
- district de l'Ardenne caractérisé par des minéralisations en plomb, zinc, fer et cuivre situées dans les roches du Dévonien inférieur.

Les différents districts et gisements ont été abondamment étudiés. Voici une liste non exhaustive des principaux travaux les concernant:

- district du Synclinorium de Namur – Verviers: Timmermans (1905), Lespinneux (1905), Dewez (1947), de Magnée (1967), Bartholomé & Gérard (1976), Dimanche *et al.* (1980), Dejonghe *et al.* (1980), Balcon (1981), Cauet *et al.* (1982),

Dejonghe (1985), Dejonghe (1990), Dejonghe & Ladeuze (1995), Dejonghe *et al.* (1993), Muchez *et al.* (1994), Dejonghe (2009);

- district du Synclinorium de Dinant : Dewez (1947), Calembert & Van Leckwijck (1947), de Magnée (1947 et 1967), Dejonghe *et al.* (1980), Balcon (1981), Cauet *et al.* (1982), Prétat *et al.* (1983), Dejonghe (1985);
- district de l'Ardenne : Dewez (1947), Legrand (1970).

Tous les gisements de minerais de plomb-zinc-pyrite de Wallonie, dans les trois districts, appartiennent à l'une des trois catégories de gisements décrites ci-dessous :

- Les gisements syndiagénétiques stratiformes ;
- Les gisements filoniens et les amas associés ;
- Les gisements paléokarstiques

### Les gisements syndiagénétiques stratiformes

On parle de minéralisation syndiagénétique lorsque la mise en place s'est effectuée durant la diagenèse, c'est-à-dire simultanément aux processus de transformation des sédiments qui ont suivi leur dépôt.

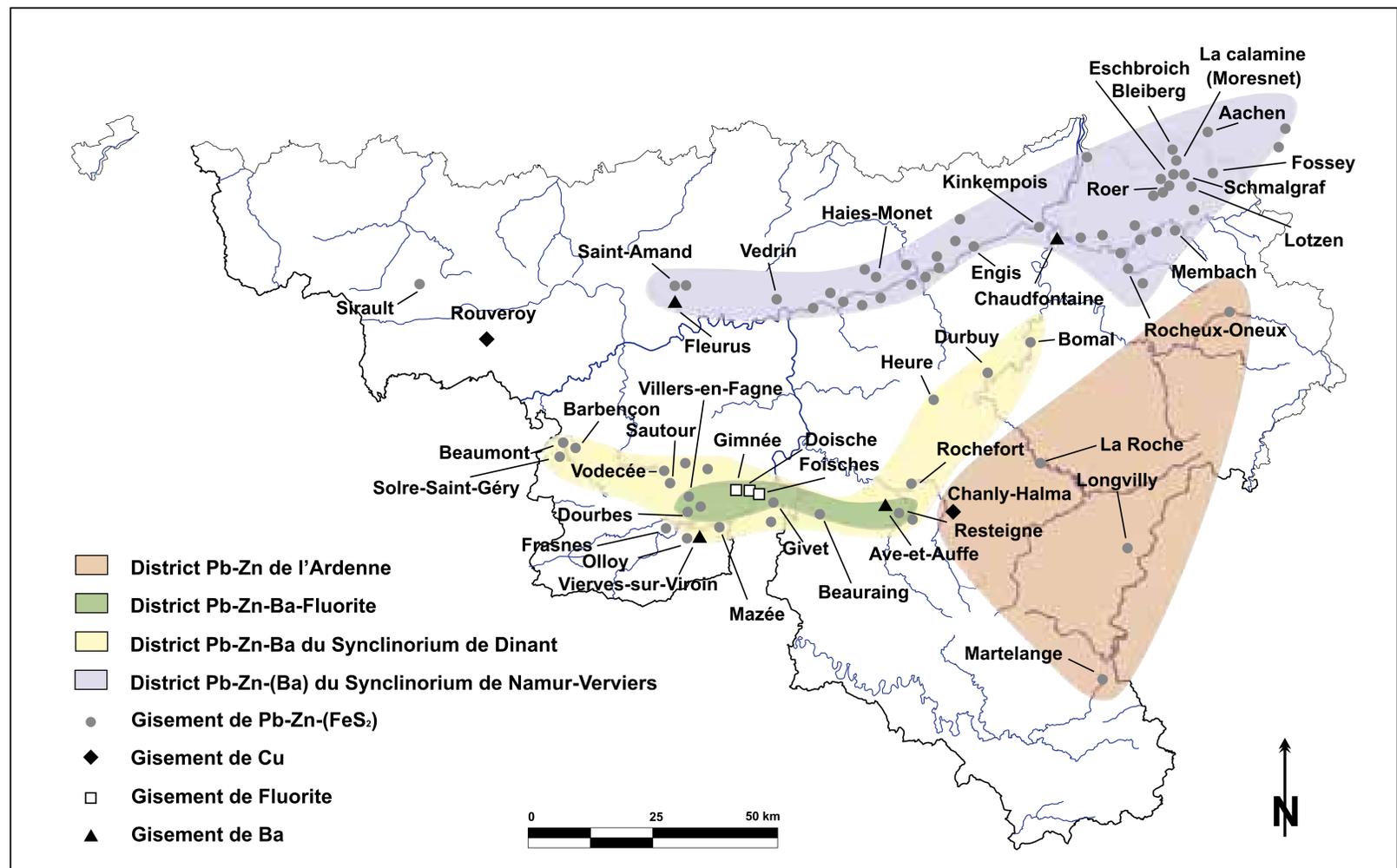
Les métaux étant naturellement présents dans l'eau de mer<sup>6</sup>, ils ont été intégrés aux sédiments (figure 3.9., étape 1). Plusieurs processus expliquent leur sédimentation :

- l'adsorption du plomb sur les particules argileuses,
- l'adsorption du zinc sur la matière organique en suspension,
- l'assimilation du fer par les organismes marins,
- le piégeage des ions dans l'eau occupant la porosité des sédiments (eaux connées).

Les teneurs qui en résultent sont évidemment très faibles, aussi faut-il faire intervenir les processus diagenétiques pour concentrer les métaux (figure 3.9., étape 2). La compaction des sédiments, l'expulsion des eaux connées, la circulation d'eaux météoriques, etc., ont entraîné la remobilisation des métaux et leur précipitation sous forme de sulfures : galène, marcasite, sphalérite. Ce sont les « concentrations initiales » de Balcon (1981, p. 16).

Dans le cas de gisements syndiagénétiques, la minéralisation est presque toujours associée aux roches carbonatées, surtout aux calcaires récifaux et aux dolomies (Dejonghe *et al.*, 1980). Le minéral se pré-

FIGURE 3.8. : districts métallifères de Wallonie. Explications dans le texte. Modifié d'après Dejonghe (1985).



<sup>6</sup> A très faible concentration. Ils proviennent de l'altération des continents ou des retombées volcaniques.

sente en mouchetures millimétriques dispersées dans la masse rocheuse. C'est le cas pour les dolomies de la Formation de Philippeville (Frasnien) qui montrent de faibles concentrations en sphalérite et galène à Barbençon, Solre-Saint-Géry et Vodecée (Dejonghe, 1998, p. 334). Localement, et à petite échelle, les minéraux ont pu se concentrer le long d'un contact (entre les dolomies et les calcaires, par exemple). Habituellement, les teneurs sont faibles et le minerai de fer est pratiquement absent.

→ *Fiches concernées: de Philippeville à Villers-en-Fagne; le Pays de Beaumont.*

## Les gisements filoniens et les amas associés

Les gisements filoniens de plomb-zinc sont les principaux gisements de Wallonie. Les six plus grands gisements de plomb et zinc sont situés dans le Synclinorium de Namur et le Nappe de la Vesdre, ce sont les filons de Schmalgraf, Bleyberg, Fossey, Eschbroich, Engis et des Hayes Monet.

Leur formation suit celle des dépôts syndiagénétiques. L'étape 3 de la figure 3.9., ainsi que la figure 3.10. exposent la manière dont les fluides, enrichis en métaux, peuvent circuler dans la roche

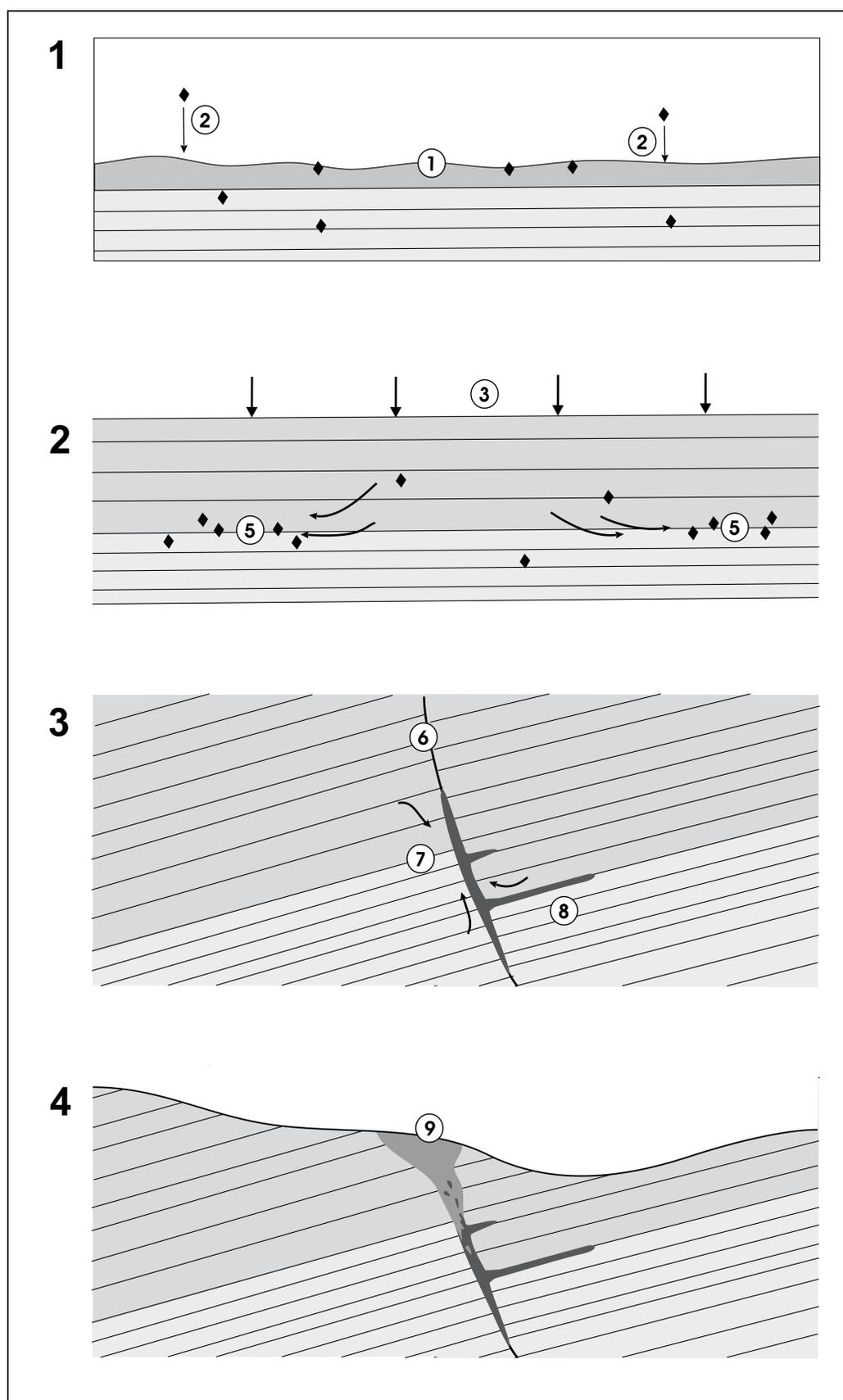


FIGURE 3.9.: genèse des minéralisations sulfurées en contexte sédimentaire carbonaté. Légende: 1: sédiments carbonatés; 2: sédimentation des particules et des métaux; 3: diagenèse et compaction des sédiments; 4: expulsion des fluides piégés dans les sédiments; 5: concentrations initiales en métaux (sulfures disséminés); 6: plissement et fracturation des roches (failles); 7: remobilisation des métaux et des fluides dans les fractures et formation de filon; 8: amas stratoïde associé au filon; 9: altération de la tête du filon et formation du chapeau de fer.

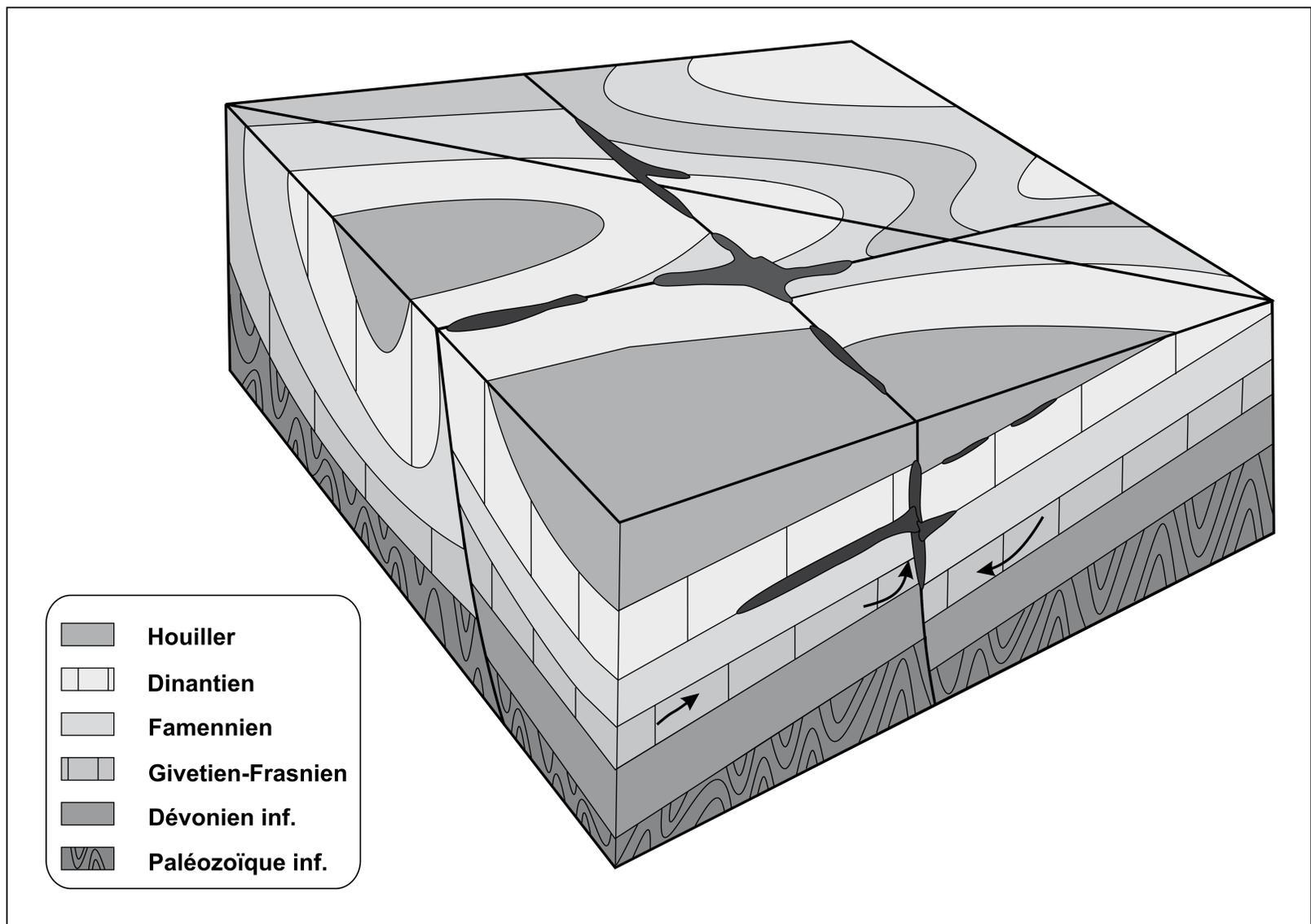


FIGURE 3.10.: migration des fluides minéralisateurs au travers des roches plissées et faillées et formation de filons et amas associés. Modifié d'après Dejonghe (1998, p. 344).

au lieu de précipiter sous forme dispersée. Cauet & Weis (1982) et Cauet *et al.* (1983) ont montré que les roches carbonatées du Givetien et du Frasnien sont les sources principales des métaux constituant les gîtes filoniens. Il a été clairement établi que les fluides proviennent du lessivage et de la remobilisation des concentrations initiales de métaux présentes dans ces roches, et non de venues hydrothermales liées à des intrusions magmatiques profondes comme le supposait Fourmarier (1933, p. 204). L'âge des venues minéralisatrices dans les roches est compris entre la fin du Paléozoïque (car les minéralisations recoupent des structures varisques – 250 millions d'années) et le Crétacé (car la couverture meuble surmontant les gisements n'est pas affectée par les filons). On considère généralement que la minéralisation s'est produite à la fin du Jurassique ou au début du Crétacé (c'est-à-dire il y a environ 135 millions d'années; Dejonghe, 1998, pp. 343-344).

Après la diagenèse, la tectonique est le phénomène primordial qui a dicté le comportement des fluides. En effet, la fracturation des roches a créé des vides qui ont servi de voies de migration aux solutions

minéralisatrices et aux eaux météoriques qui s'infiltrèrent (Balcon, 1981, p. 12; figure 3.9., étape 3). Le mélange des deux fluides, modifiant leurs propriétés physico-chimiques respectives, provoque la précipitation des métaux. La galène est toujours le premier minéral à se former, suivie de la sphalérite puis de la marcassite. Baryte, calcite et fluorite précipitent éventuellement si le fluide contient baryum, calcium et fluor.

La composition du fluide minéralisateur se modifie donc dans le temps et dans l'espace: une fois la galène formée, le fluide est plus pauvre en plomb, mais proportionnellement plus riche en zinc. Il peut dès lors précipiter la sphalérite sur place ou circuler dans les fractures et précipiter sphalérite et marcassite plus loin. Les gisements sont donc plus ou moins riches en plomb ou en zinc en fonction de l'éloignement de la source de métaux. Les fluides ayant parcouru le plus long chemin sont les plus riches en fer puisqu'ils se sont petit à petit appauvris en plomb et en zinc (figure 3.11.).

De plus, un même gîte est souvent formé de dépôts successifs de minéraux (minerai rubané, «schalblende» des mineurs), prouvant de multiples venues

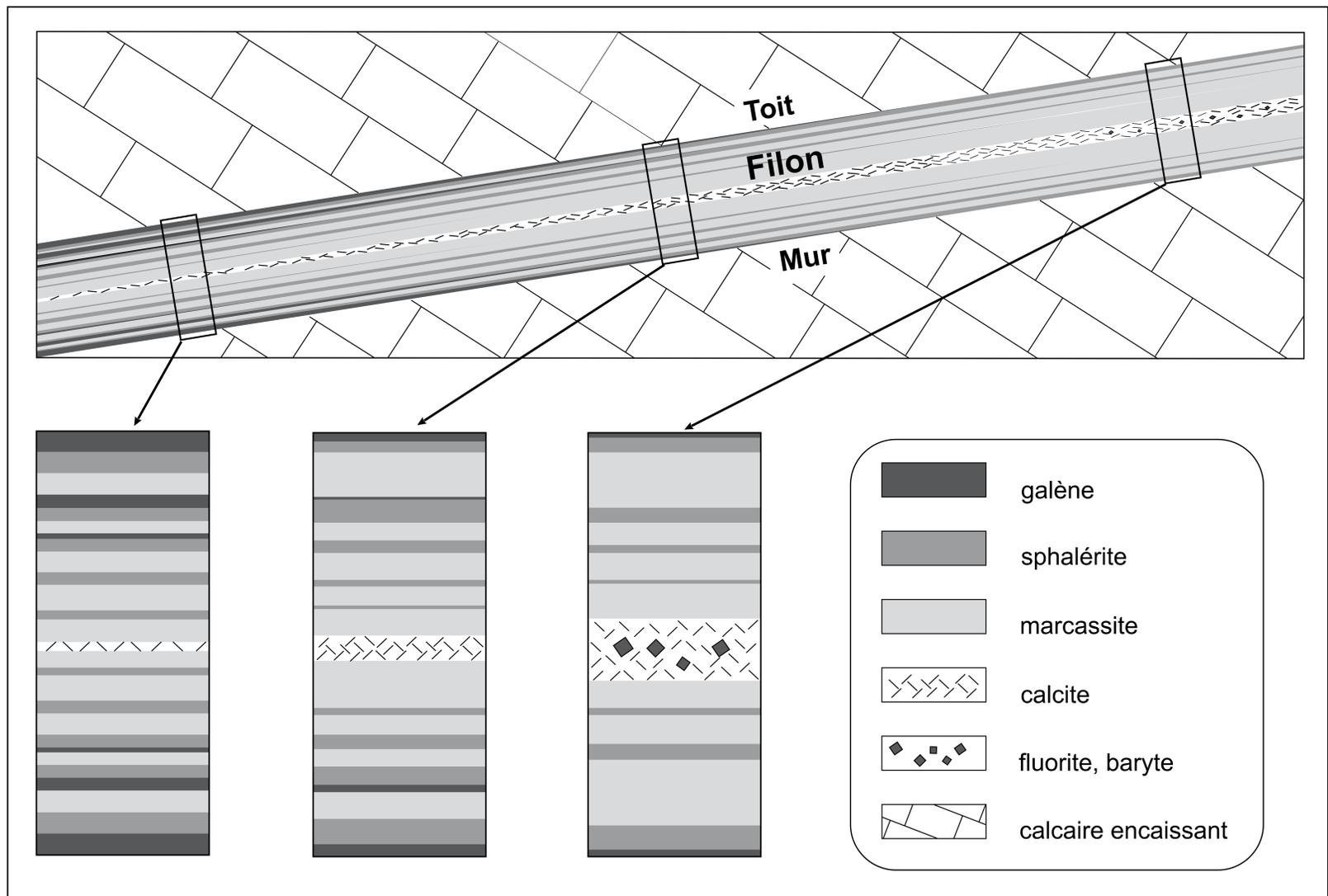
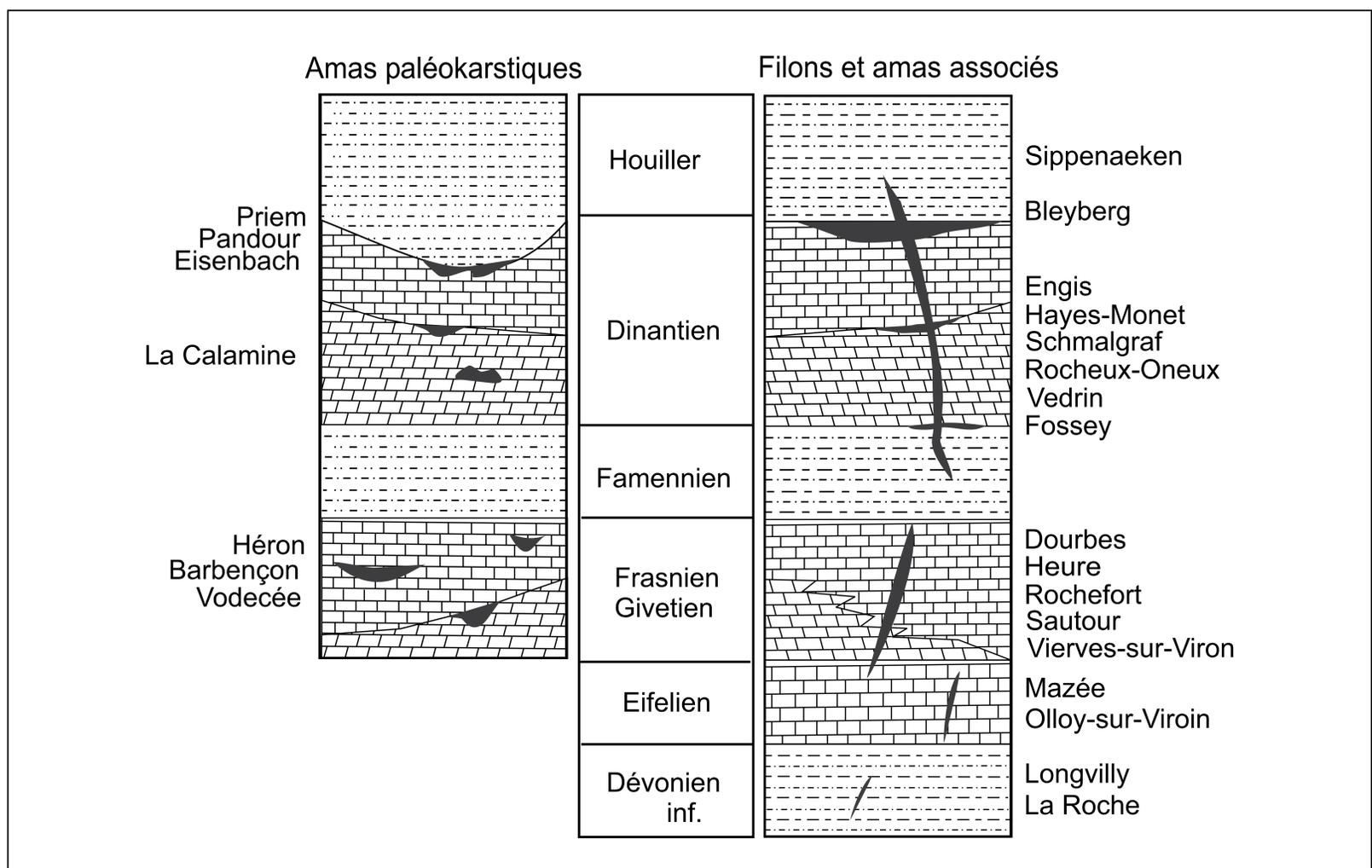


FIGURE 3.11. : variation de composition dans un filon en fonction de l'éloignement à la source de fluide minéralisateur. La texture rubanée du minerai résulte de précipitations successives de minéraux.

FIGURE 3.12. : position stratigraphique schématiques des minéralisations plombo-zincifères de Wallonie. La colonne de gauche représente les gisements paléokarstiques, celle de droite montre les filons et amas associés. Modifié d'après Dejonghe (1998, p. 336).



de fluides (Dejonghe, 1998, p. 339). Il n'est pas rare de rencontrer des passées bréchiques dans les filons, où le minerai est brisé en fragments qui sont cimentés par de la calcite et de la marcassite. Ce dernier fait s'explique par le rejeu des failles le long desquelles le minerai s'est formé (Evrard, 1943, p. 193).

Les fluides circulant dans les fractures des roches (diaclasses et failles) peuvent être localement piégés par des contact géologiques particuliers. Les contacts entre les roches gréseuses, schisteuses et calcaires sont généralement minéralisés. Ce sont des amas stratoïdes connectés aux filons (voir figure 3.9., étape 3). Leurs formes sont souvent capricieuses car elles suivent les irrégularités de la roches (fissuration, porosité, karstification). La morphologie quelconque des amas a toujours posé problème aux mineurs car il était difficile de prévoir le prolongement du gisement.

Le contact Dinantien-Houiller comporte des amas particulièrement importants tandis que les contacts Tournaisien-Viséen et Famennien-Tournaisien en montrent de moindres (Dejonghe, 1998, p. 338; Dejonghe, 2009, p.p. 6-7). La figure 3.12. présente, de manière synthétique, la position stratigraphique qu'occupent les filons et les amas minéralisés de Wallonie. On voit clairement l'importance des filons traversant le Dinantien et le Givetien-Frasnien (Dejonghe, 1998, p. 336). Notons aussi les quelques filons connus dans le Dévonien inférieur (La Roche, Longvilly, etc.).

Soumise à l'érosion et l'altération, la tête des filons a fini par être en contact avec l'atmosphère et les eaux météoriques, ce qui a provoqué l'oxydation et la décomposition des minerais sulfurés. La pyrite et la marcassite se sont décomposés en limonite et en goethite, la sphalérite s'est altérée en calamine, la galène, plus stable, se retrouve souvent dans la zone altérée. La décomposition des sulfures a libéré dans le milieu de l'acide sulfurique qui contribue à l'altération des minerais sous-jacents et des roches encaissantes. C'est ainsi que la décomposition des dolomies et calcaires encaissants a produit les argiles et les sables si communs dans les gîtes métalliques. Le passage de la zone oxydée (chapeau de fer) à la zone saine des filons n'est jamais nette, il s'agit d'une zone de transition irrégulière dans laquelle la limonite se charge progressivement en sulfures jusqu'à ce que ces derniers soient dominants. La profondeur des chapeaux de fer dépend du niveau de la nappe phréatique et de l'amplitude de ses battements (De Vaux, 1856, p. 73; voir figure 3.9., étape 4). Dejonghe & Dewalque (1981), Dejonghe & Boni (2005) et Dejonghe (2009) considèrent que l'altération météorique conduisant à la formation des chapeaux de fer date principalement du Crétacé inférieur, bien que les climats chauds et humides du Tertiaire aient pu approfondir ces même chapeaux de fer.

→ *Fiches concernées: le Hainaut; Ligny et Onoz; Fleurus et Velaine; Rhisnes; Vedrin; de Champion à Marche-les-Dames; Marches-les-Dames, Vezin et Landenne; de Lives à Andenne; de Huy à Engis; Couthuin; de Kinkempois à Trooz; Dison, Rechain et Olne; Theux et le Pays de Franchimont; Limbourg, Welkenraedt et Eupen; Plombières et La Calamine; de Philippeville à Villers-en-Fagne; les vallées de l'Eau Noire et du Viroin; les vallées de la Lesse et de la Lhomme; le Pays de Durbuy.*

## Les gisements paléokarstiques

Lorsqu'ils sont soumis à l'altération météorique, les calcaires se dissolvent et sont affectés par la karstification. Les minéralisations disséminées que renferment les calcaires ne disparaissent pas lors de cette dissolution, elles sont remaniées par les eaux et peuvent s'accumuler dans des dépressions karstiques.

Les paléokarsts «infra-namurien» (contact Dinantien-Houiller) et «infra-viséen» (contact Tournaisien-Viséen) sont les plus conséquents (Balcon, 1981, pp. 21-23). Lors de l'émersion des roches à la fin du Tournaisien (il y a 350 millions d'années) et du Viséen (330 millions d'années), les sulfures se sont concentrés dans les karsts (figure 3.13.). Les principaux gîtes paléokarstiques se rencontrent dans le Synclinorium de Namur (Seilles, Corphalie, Engis; Dejonghe, 2009, p. 7). Dans la Nappe de la Vesdre (La Calamine), les minéralisations sont associées à des paléokarsts plus tardifs qui affectent les roches paléozoïques sous la couverture crétacée (Dejonghe & Boni, 2005, p. 6).

La karstification des massifs calcaires durant le Tertiaire et le Quaternaire a également conduit à la formation de gisements paléokarstiques remaniant du minerai. C'est le cas des «cheminées karstiques» de Seilles et du Rocheux (Balcon, 1981, pp. 27-29).

→ *Fiches concernées: Marches-les-Dames, Vezin et Landenne; de Huy à Engis; Theux et le Pays de Franchimont, Limbourg, Welkenraedt et Eupen; Plombières et La Calamine.*

## Autres gisements filoniens

La Wallonie compte, en plus des filons de plomb-zinc, plusieurs minéralisations filoniennes remarquables: des filons de baryte, de fluorite, d'hématite, d'arséno-pyrite, et des filons cuprifères.

Les filons de baryte et de fluorite sont regroupés dans un district métallifère s'étendant de Dourbes à Avel-et-Auffe et centré sur Givet (voir figure 3.8.). Ce sont des cas particuliers de filons sulfurés. La fluorite est également connue à Engis et Seilles, la baryte, quant

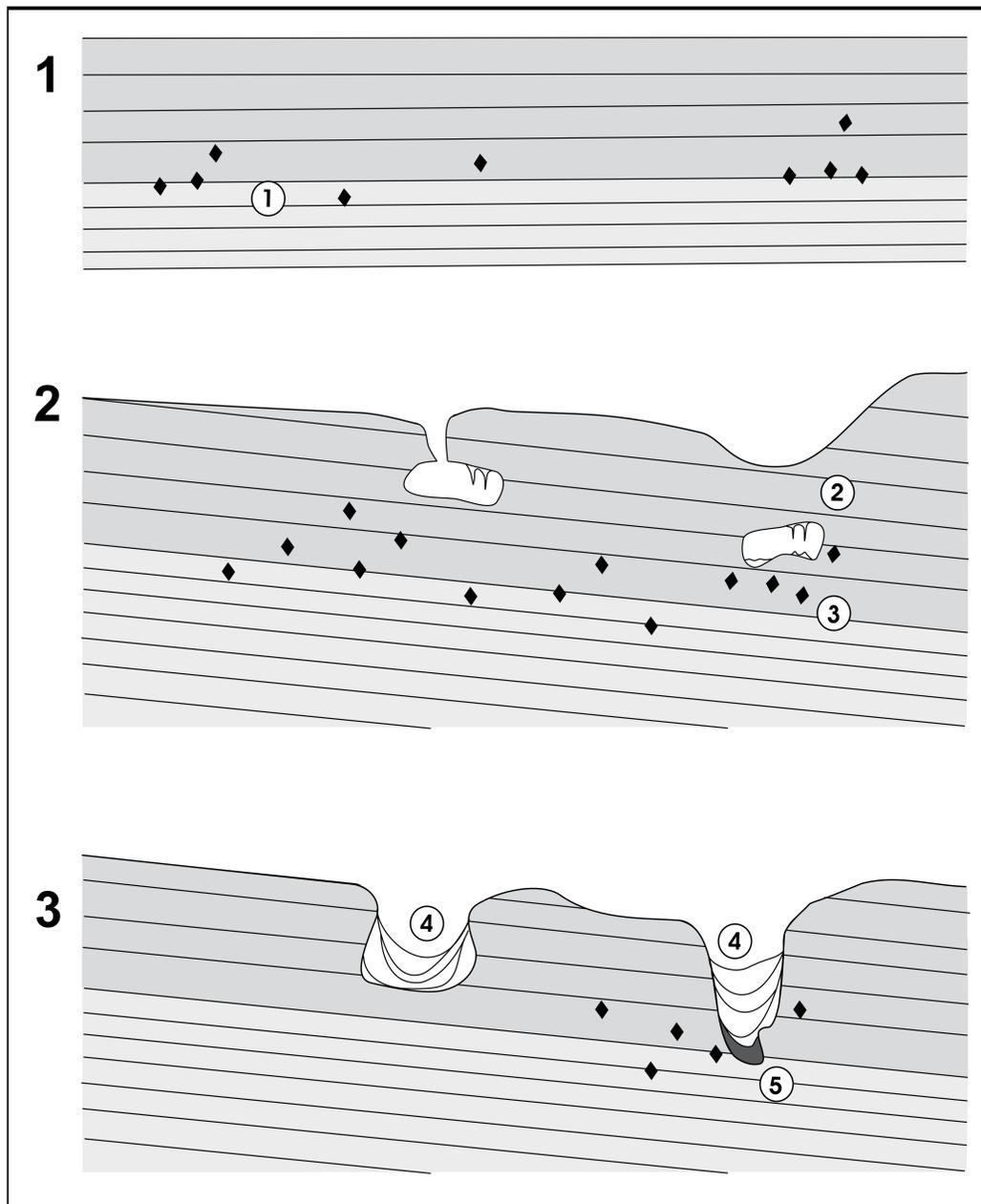


FIGURE 3.13.: genèse des gisements paléokarstiques à partir des concentrations initiales en métaux de la roche. Légende: 1: concentrations initiales (voir figure 3.9.); 2: érosion et karstification des calcaires après plissement et fracturation; 3: reprise des concentrations initiales en métaux par la karstification; 4: karst où s'accumulent les minerais et les sédiments; 5: gisement karstique.

à elle, est connue à Fleurus (gisement paléokarstique crétacé) et à Chaudfontaine (gisement sédimentaire frasien).

Les filons cuprifères de Wellin, Halma et Chanly sont aussi des cas particuliers de filons métallifères du district de l'Ardenne. En plus de cela, on connaît dans une dizaine de localités des indices ou gisement de cuivre: Dolembreux (indices dans des calcaires givetiens); Régissa, dans la vallée du Hoyoux (en imprégnation dans les grès emsiens); à Rouveroy, près d'Erquelinnes (en imprégnation dans les schistes emsiens); à Vielsalm (en imprégnation dans les phyllades ordoviciennes, etc.

Des filons d'hématites sont connus à Tubize (dans les phyllades ordoviciennes), à Graide (filons de Porcheresse dans les schistes lochkoviens) et dans plusieurs localités autour de Vielsalm et Stavelot.

Enfin, on connaît des filons d'arsénopyrite dans les phyllades ordoviciennes du Massif de Brabant à Enghien et Court-Saint-Etienne.

→ *Fiches concernées: les vallées de l'Eau Noire et du Viroin; les vallées de la Lesse et de la Lhomme; Fleurus et Velaine; le Hainaut; le Brabant, Bruxelles et la Flandre.*