



**La sidérurgie proto-industrielle  
dans le bassin de la Lienne**





Initialement, cette étude a été menée dans le but d'analyser la dynamique et l'évolution des rivières ardennaises au cours des derniers siècles (HOUBRECHTS & PETIT, 2004). Pour ce faire, nous avons développé une méthode qui consiste à utiliser les scories, résidus de la sidérurgie ancienne, comme traceurs pour dater la mise en place des dépôts fluviatiles, enfouis et conservés dans les plaines alluviales. Mais, avant de pouvoir les utiliser, il est impératif de connaître leur lieu de production ainsi que les périodes durant lesquelles elles ont été produites. Les monographies historiques locales répondent imparfaitement à cette attente : la localisation des sites n'est pas suffisamment précise et les périodes d'activités ne sont pas toujours bien définies. Une prospection archéologique minutieuse nous occupa donc longuement. Nous livrons ici les observations particulièrement fécondes faites dans le bassin de la Lienne.

C'est à partir du XIV<sup>e</sup> siècle que les métallurgistes commencent à utiliser la roue hydraulique et installent leurs fourneaux et leurs forges à proximité des cours d'eau. Des scories sont donc présentes en grande quantité dans les alluvions de la Lienne depuis cette époque.

La méthode développée pour localiser les anciens sites sidérurgiques est relativement simple mais particulièrement efficace. Les scories produites dans ces établissements étaient en général déversées sur les plaines alluviales à proximité des cours d'eau, le moins loin possible du lieu de production. Lors des crues débordantes, les rivières peuvent les emporter et les transporter sur de grandes distances. La taille des scories charriées par les cours d'eau dépend de leur compétence. Ainsi, la Lienne, qui est une des rivières wallonnes présentant la plus grande énergie en période de crue (PETIT & AL., 2005), a transporté sur plusieurs kilomètres des scories dont la taille est supérieure à 10 cm. Par contre, les scories plus grosses ne peuvent pas être mobilisées par la rivière et se trouvent toujours à proximité des crassiers\*. En analysant la taille des scories dispersées dans le lit des cours d'eau, il est donc possible de localiser l'emplacement des sites sidérurgiques.

Pour en être simple, la méthode n'en est pas pour autant de tout repos : de nombreuses journées de terrain furent consacrées à cette prospection, et c'est parfois avec difficulté que nous avons retrouvé les différents sites mentionnés dans la littérature. C'est en analysant de manière systématique la taille des scories présentes dans ces rivières que nous avons pu découvrir plusieurs sites inédits et, même pour certains d'entre eux, des vestiges. Plusieurs sortes de scories sont présentes dans les alluvions de la Lienne. Cette diversité résulte principalement du fait qu'elles ont été produites au cours de différentes étapes de la production du fer et cela à des époques diverses. Il nous a donc semblé nécessaire de dresser une typologie inédite des scories présentes dans les cours d'eau ardennais, qui devrait valoir pour d'autres régions géographiques. Cette classification a permis d'identifier le site d'origine de nombreuses scories et, dans certains cas, de déterminer leur période de production.

D'impressionnantes quantités de scories sont présentes dans le lit de certains cours d'eau. Dans la Chavanne, un affluent de la Lienne, des dépôts

de crue en contiennent jusqu'à 20%. Pour expliquer ces fortes concentrations, il nous a semblé nécessaire d'évaluer la quantité de scories produites par les sites sidérurgiques anciens.

Par ailleurs, les contraintes de localisation de ces sites méritaient d'être analysées. Il était notamment tentant de déterminer l'impact écologique de la sidérurgie sur les forêts.

### La Lienne et ses affluents

La Lienne prend sa source à Hébronval, sur le rebord septentrional du plateau des Tailles, à une altitude de 495 m. Elle coule ensuite vers Lierneux, traverse les localités de Villettes, Trous de Bra, Neucy, Les Forges, et se jette finalement dans l'Amblève à Targnon, à une altitude de 185 m. À la confluence, la taille du bassin versant est de 148 km<sup>2</sup>.

Du point de vue géologique, la source de la Lienne se situe dans le massif cambro-ordovicien de Stavelot. Elle descend ensuite vers la grande dépression lithologique de Lierneux, constituée essentiellement de phyl-lades\* relativement tendres de l'Ordovicien inférieur (Salmien). En aval, la rivière traverse plusieurs formations géologiques (Revinien, Salmien, Gedinnien) de résistance différente (VANEETVELD, 1959), ce qui explique la succession de rétrécissements et d'élargissements de la vallée ainsi que la variabilité de la pente des versants (GULLENTOPS & AL., 1966).

Les caractéristiques morphométriques de la rivière (pente, sinuosité, largeur) sont également fortement influencées par la résistance différentielle des formations géologiques traversées. Ainsi, dans la dépression de Lierneux, la rivière développe de nombreux petits méandres. Plus en aval, lorsqu'elle traverse les roches plus résistantes du Revinien et du Gedinnien, le tracé devient nettement plus rectiligne, la pente reste forte (comprise entre 0,85 et 0,64%) et de nombreux blocs de taille décimétrique parsèment lit de la rivière, ce qui engendre des rapides et lui confèrent un aspect de torrent en période de crue.

Le long de son cours, la Lienne reçoit des affluents issus principalement de la partie occidentale de son bassin versant (ruisseau de Groumont, ruisseau de la Follerie, la Chavanne et le ruisseau de Grand Mont). Les affluents de la partie orientale sont beaucoup moins importants. Le principal affluent de rive droite est le ruisseau de Mierdeux.

Parmi ces différents cours d'eau, seuls le ruisseau de Groumont, la Chavanne et la Lienne contiennent des scories dans leurs alluvions. Dans celles du ruisseau de Groumont, nous avons constaté que les concentrations en scories sont très faibles. Ceci s'explique notamment par le fait qu'elles proviennent d'un site sidérurgique situé en tête de bassin et qu'elles ont été dispersées dans les alluvions au cours de leur transport. Par ailleurs, il semble que les crassiers n'ont pas fourni de grandes quantités d'éléments à la rivière. Dans la Chavanne, par contre, nous avons retrouvé de très nombreuses scories produites par plusieurs sites sidérurgiques situés entre Vaux-Chavanne et la confluence avec la Lienne. Enfin, dans cette dernière, se trouvent les scories injectées par ces deux affluents ainsi que celles provenant des nombreux sites implantés jadis le long de son cours.

La Chavanne prend sa source au sud de Manhay à une altitude de 475 m. Elle descend ensuite vers ce village, traverse Vaux-Chavanne, passe à l'ouest de Bra et se jette dans la Lienne en amont des Trous de Bra, à une altitude de 284 m. À la confluence, la taille du bassin versant est de



21 km<sup>2</sup>. Comme la Lienne, la Chavanne traverse des roches du Salmien et du Gedinnien. Mais, dans cette vallée, la résistance différentielle de ces roches à l'érosion se marque encore plus nettement dans la morphologie. Les caractéristiques de la rivière ainsi que la taille de la charge de fond sont également fortement influencées. Ainsi, la pente passe de 1,1 % dans le Salmien à environ 2 %, plus en aval, dans la traversée du Gedinnien.

D'un point de vue historique, avant la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le bassin de la Lienne faisait essentiellement partie de la principauté de Stavelot-Malmedy. Seule la partie amont de certains de ses affluents (Chavanne, ruisseau de la Follerie) se situait dans le duché de Luxembourg.

## Les mentions dans la littérature

C'est dans un guide touristique du début du XX<sup>e</sup> siècle que nous avons trouvé les premières mentions d'activités sidérurgiques dans la vallée de la Lienne. L'auteur signale la présence de résidus d'anciennes forges gallo-romaines sur les rives de la Lienne, au niveau du moulin de Rahier (RAHIR, 1909). D'après nos observations de terrain, il s'agit plutôt de scories denses, riches en fer, produites par les nombreuses forges d'affinage réparties le long de la Lienne entre le XIV<sup>e</sup> et le XVIII<sup>e</sup> siècle. RAHIR mentionne également l'existence d'une activité industrielle assez considérable dans cette région aux XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles. Enfin, il souligne l'exploitation de crassiers de scories dans la vallée de la Lienne par l'industrie contemporaine pour en récupérer le fer qu'elles contiennent encore. À la même époque, TAHON (1909) précise que ces scories font l'objet de recherches et de demandes de la part des sidérurgistes liégeois en raison de la diminution des coûts de transport à la suite de l'ouverture des lignes de chemin de fer dans la région.

En 1938, JAMAR confirme que des crassiers de la vallée de la Lienne ont été exploités par la Société Cockerill. Dans son étude sur l'histoire de la région de Chevron, l'auteur consacre un chapitre à la sidérurgie ancienne de la vallée de la Lienne. Il est tout d'abord interpellé par la présence de scories de couleur vert émeraude dans le lit de la rivière, ainsi que par les toponymes évoquant la présence d'établissements sidérurgiques disparus. Il consulte donc les archives de l'abbaye et de la principauté de Stavelot-Malmedy ainsi que celles des communes avoisinantes. Il y découvre l'existence de nombreux sites sidérurgiques, et relève plusieurs informations sur l'histoire de ces sites dont le plus ancien serait antérieur à 1393, ainsi que des renseignements sur les maîtres de forges et l'exploitation des mines et des forêts. Malheureusement, il faut regretter que cet auteur n'ait pas mentionné ses sources, ni cherché à localiser avec précision ces établissements.

Cette étude est complétée par deux articles consacrés essentiellement à l'histoire du site de Neucy-Marteau (YERNAUX, 1963<sup>a</sup>; 1963<sup>b</sup>). On y trouve de nombreuses informations sur les maîtres de forges qui s'y sont succédé de 1393 au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, ainsi que les périodes de prospérité et de déclin, souvent liées aux guerres, aux pillages et aux successions.

PIROTTE publie en 1967 une monographie très détaillée sur l'industrie métallurgique dans la Terre de Durbuy. Les établissements sont principalement situés dans le bassin de l'Aisne, mitoyen de la Lienne. On y trouve également des informations sur un fourneau qui fonctionna à Vaux-Chavanne en Terre de Durbuy.

HANSOTTE consacre en 1968 un article sur la métallurgie des vallées de l'Amblève et de l'Ourthe, dans la partie de son cours située dans l'ancienne principauté de Stavelot-Malmedy. L'histoire de quatre sites implantés le long de la Lienne y est présentée. Une forge et un fourneau de la vallée de la Chavanne sont également brièvement mentionnés.

À la fin des années '70, LEESTMANS se passionne pour la sidérurgie ancienne de la vallée de la Lienne. Il consulte les archives, parcourt la région et se lance dans plusieurs prospections archéologiques. Plusieurs articles sont publiés dans une revue locale (LEESTMANS, 1975; 1978 & 1979) et toutes les données recueillies sont rassemblées en 1980 dans une synthèse sur l'histoire de la vallée de la Lienne (LEESTMANS, 1980). Plusieurs sites sont ainsi découverts et localisés de manière précise.

Enfin, en 1986, un site inédit est épinglé par ROUXHET près de Bra, sur la Chavanne. Il localise également sur cette même rivière l'emplacement du marteau érigé en 1537 au confluent de la Lienne.

Depuis lors, l'attrait pour la sidérurgie de cette région semble être retombé et plus aucune information n'a été publiée.

Le recensement et la description des sites que nous présentons ci-dessous reposent sur une synthèse critique de ces différents articles ainsi que sur les découvertes que nous avons réalisées au cours de nos prospections de terrain. Par la suite, les sites sidérurgiques sont numérotés en fonction de leur localisation dans le bassin, de l'amont vers l'aval (**Fig. 1**). Nous rappelons enfin que cette étude n'a pas été menée dans un but purement archéologique mais qu'elle visait essentiellement à connaître l'origine des scories présentes dans les alluvions des rivières du bassin de la Lienne et à dater leur période de production, de manière à pouvoir les utiliser comme marqueurs stratigraphiques pour étudier l'évolution des plaines alluviales au cours des derniers siècles.

## L'inventaire archéologique

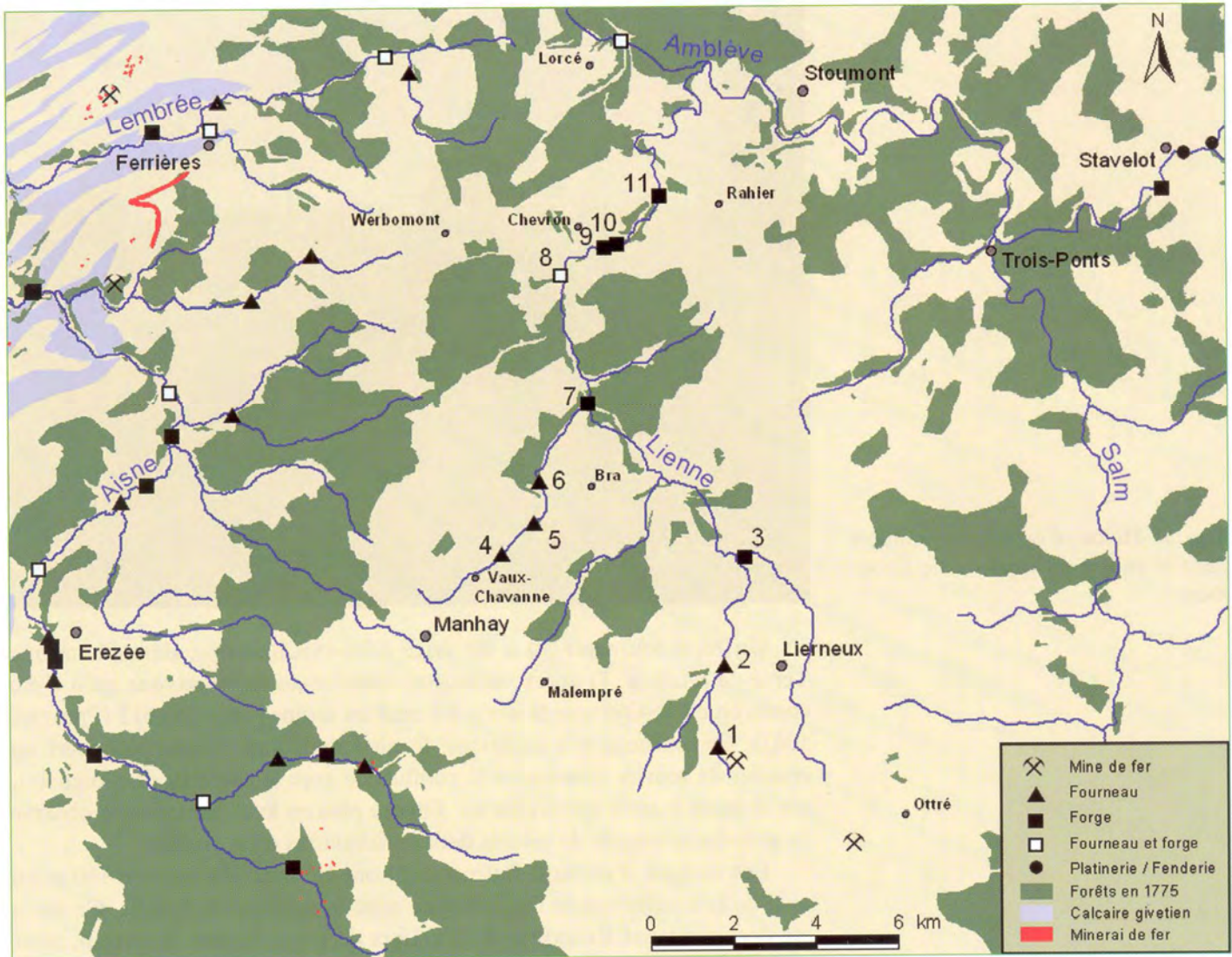
Le site sidérurgique situé le plus en amont dans le bassin de la Lienne se trouve 500 m en amont du moulin de Regné, sur le ruisseau de Groumont (**Fig. 1**).

À cet endroit, nous avons localisé un crassier de scories de haut fourneau (**1**) à proximité d'une importante butte qui s'étend sur plus de 100 m de longueur, 40 m de largeur et atteint à l'extrémité aval une hauteur de 5 m (**Fig. 2**). Il s'agit vraisemblablement d'une halde\* constituée de roches stériles issues de l'extraction du minerai de fer ou de manganèse. Deux entrées de galeries sont encore visibles à proximité dans le versant droit de la vallée. D'après le faible volume de scories, il semble que ce fourneau ait été rapidement abandonné.

Par ailleurs, entre les deux étangs du moulin de Regné, les vestiges d'un second crassier beaucoup plus volumineux témoignent également de l'activité d'un haut fourneau (**1**). D'après l'aspect des scories retrouvées, nous pensons qu'il s'agit d'un fourneau plus récent que celui découvert en amont. Il semble également qu'une grande partie de ce crassier ait été exploitée entre-temps.

Enfin, il est intéressant de signaler que malgré la présence de ces deux crassiers, très peu de scories de taille centimétrique ont été retrouvées dans le lit du ruisseau de Groumont.





**Fig. 1.** Sites sidérurgiques du bassin de la Liègne par rapport aux forêts de l'époque de Ferraris (vers 1775) et aux principales mines de fer de la région.

Sur le même ruisseau, un site sidérurgique (2) est mentionné à proximité du moulin d'Ecdoval à Lierneux (LEESTMANS, 1975). Des scories auraient été retrouvées lors de sondages réalisés par le *Cercle d'Histoire et d'Archéologie de la Région de la Liègne*. D'après le laboratoire du *Musée du Fer* de Nancy (Jarville), il s'agirait de scories mal vitrifiées provenant d'un haut fourneau (LEESTMANS, 1975). Nous avons tenté de localiser le crassier mais nous n'avons pas trouvé de scories à l'emplacement indiqué. Il se peut donc qu'elles aient été produites par le fourneau de Regné et qu'elles aient été transportées jusque-là par le ruisseau.

À Hierlot (3), au niveau du confluent du ruisseau de Groumont et de la Liègne, nous avons localisé le crassier de scories mentionné par LEESTMANS (1979). Toutefois, contrairement à cet auteur, nous pensons qu'il s'agit de résidus d'une forge d'affinage et non pas de scories produites dans un bas fourneau. Une forge y est d'ailleurs signalée en 1547 et le toponyme *Li Marté* est suffisamment évocateur (LEESTMANS, 1979).

Le crassier de scories denses se trouve à plusieurs dizaines de mètres de la Liègne, en dehors de la plaine inondable (Fig. 3). Nous n'avons pas trouvé de scories dans la Liègne en aval de ce site.

Plus en aval, la Liègne reçoit un affluent, la Chavanne, sur lequel ont fonctionné plusieurs établissements sidérurgiques (4-7).





**Fig. 2.** Halde d'extraction minière dans le vallon du ruisseau de Groumont.

Un haut fourneau (4) a été érigé à Vaux-Chavanne, dans l'ancienne Terre de Durbuy. D'après les sources historiques, nous savons qu'il a été construit en 1542 et que le site a été actif au moins jusqu'en 1612 (PIROTTE, 1967). Ce fourneau n'a jamais été localisé mais nous avons découvert un crassier de scories vitreuses à la confluence avec le ruisseau du Coignelot, qui doivent y avoir été produites. Encore plus en aval, nous avons observé de grandes quantités de scories dans les alluvions de la rivière.

Les vestiges d'un haut fourneau (5) ont été localisés environ 160 m en aval de la confluence de la Chavanne avec le ruisseau de Préalles. Ce site a été découvert par ROUXHET (1986). Lors de prospections de terrain, nous avons repéré un amoncellement de blocs adossés au versant de rive droite de la Chavanne, qui doit correspondre à la base du fourneau, ainsi qu'un crassier de scories vitrifiées à proximité immédiate des ruines (Fig. 4).

Nous avons également trouvé des petits morceaux de minerai de fer sur un replat de versant, derrière les ruines. D'après la topographie du site, nous pensons que la roue hydraulique était actionnée par un petit ruisseau qui longe le chemin qui vient de Bra. Il devait être dévié à hauteur du fourneau et l'eau amenée au-dessus de la roue par une coursière aérienne parallèle à la pente du versant. Ce site présente de nombreuses similitudes avec le haut fourneau de *Hola* à Spa peint par Bruegel en 1612 (Fig. 5, page 43). Nous ne connaissons pas la période d'activité du fourneau; toutefois, les scories ressemblent très fort à celles produites par les fourneaux de Vaux-Chavanne (1542) et de Bra (1539). Nous avons découvert de nombreuses scories dans la charge de fond de la rivière ainsi que dans les berges.

À l'ouest du village de Bra, un site sidérurgique (6) a été localisé par LEESTMANS (1980). Ce fourneau a été construit en 1539 au *Whe* [sic] *des Passons*. Le site est encore mentionné en 1630 et 1644 mais il semble qu'il ne soit plus en activité à cette époque (HANSOTTE, 1968). Nous avons repéré un ancien étang de retenue alimenté par un affluent de la Chavanne, un bief, un amoncellement de blocs correspondant vraisemblablement aux vestiges d'un haut fourneau ainsi que plusieurs crassiers de scories vitreuses dans la





**Fig. 3.** Site de l'ancienne forge de Hierlot. Un crassier de scories denses est entouré en blanc sur la photographie.

parcelle cadastrée 1813<sup>a</sup>, au lieu-dit *Sous Jean de Bodeux en Chavan* (**Fig. 6**). Les ruines de l'ancien moulin de Bra, qui fonctionnait sur la Chavanne quelques dizaines de mètres en amont du site sidérurgique, sont erronément dénommées *Vieux-Fourneaux* sur la carte de Van der Maelen (1850), sur le plan Popp (1870) et sur l'Atlas des cours d'eau (*circa* 1880) (**Fig. 6**). Ce dernier document fournit aussi des indications très intéressantes sur les caractéristiques du bief et de la roue à auget de l'ancien moulin de Bra.

Des vestiges d'un site sidérurgique auraient été découverts par LEESTMANS au confluent du ruisseau des Tannières et de la Chavanne (COLLECTIF, 1986). Quelques scories signaleraient l'emplacement de ce site. Nous avons effectué plusieurs recherches dans ce secteur mais aucun vestige n'a été découvert, uniquement quelques scories transportées par la Chavanne et provenant des sites situés plus en amont.



**Fig. 4.** Crassier de scories vitreuses de l'ancien haut fourneau (5) de la vallée de la Chavanne.





**Fig. 5.** Jan Bruegel de Velours, Le haut fourneau de Hola à Spa en août 1612 (coll. Galleria Doria Pamphili, Roma)

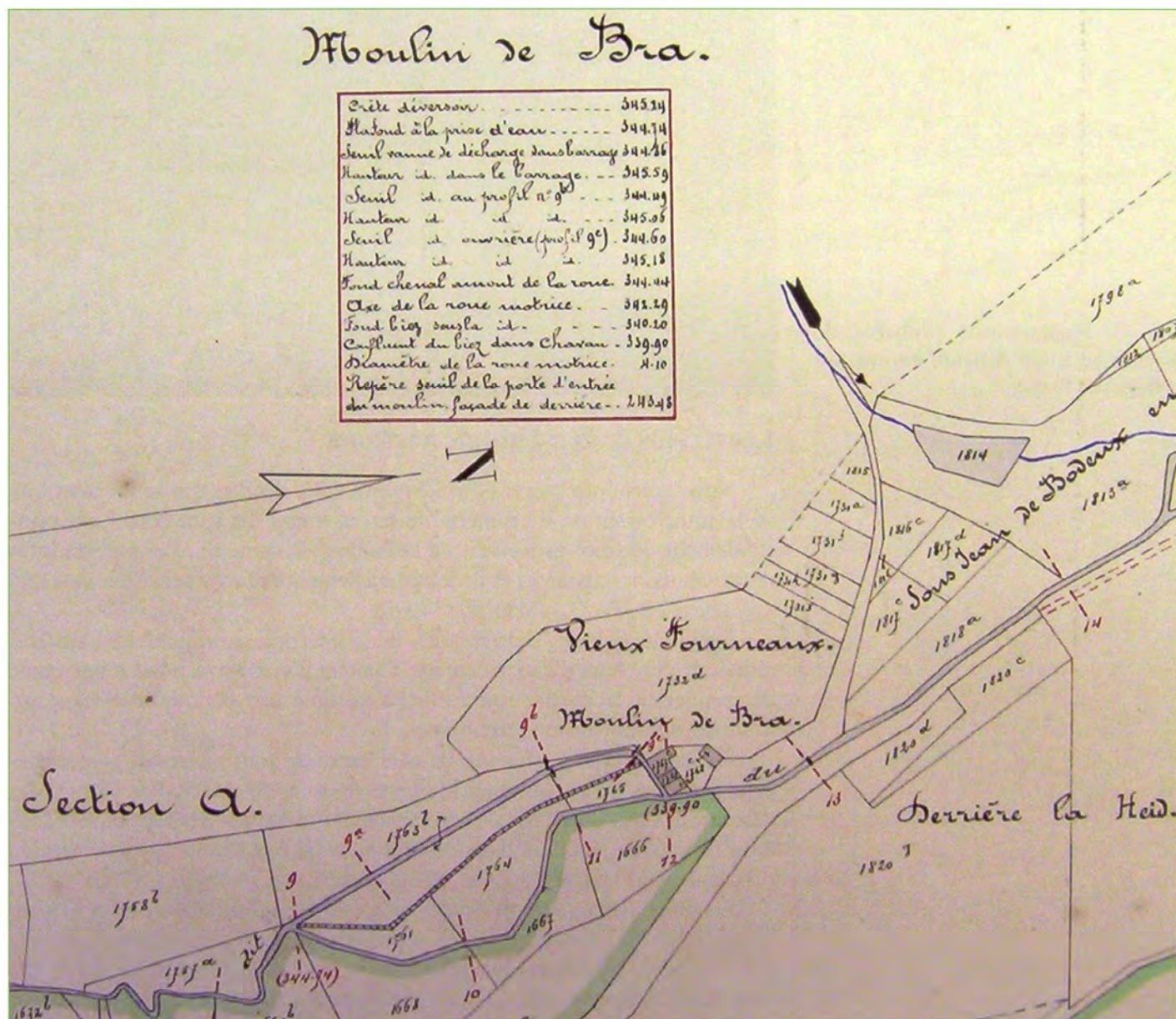
À hauteur du confluent de la Chavanne et de la Lienne, une forge (7) a été construite en 1537 (LEESTMANS, 1980). Nous avons retrouvé de grandes quantités de scories riches en fer dans la Chavanne et dans la Lienne, quelques dizaines de mètres en amont de la confluence. Le crassier s'étend sur plusieurs dizaines de mètres carrés et injecte des scories dans les deux rivières.

Le site suivant se trouve sur la Lienne à Neucy (8). Nous avons localisé deux injections de scories. Le premier crassier, constitué de résidus de forge, se situe au confluent du ruisseau de Grand Mont et de la Lienne. L'injection suivante a été localisée juste en amont du manège, en rive gauche. Il s'agit d'un crassier de haut fourneau perché au-dessus de dépôts fluviaux (HOUBRECHTS & PETIT, 2004). Ce crassier qui injectait de grandes quantités de scories vitreuses dans la Lienne, par érosion latérale, a été récemment protégé par un mur de pierre et des remblais.

La plus ancienne mention connue de la forge de Neucy remonte à 1393 (YERNAUX, 1963<sup>a</sup>; 1963<sup>b</sup>). Quant au fourneau, il est mentionné pour la première fois en 1421. La fin de l'activité sidérurgique du site est comprise entre 1738 et 1753 (HANSOTTE, 1968).

En aval du village des Forges (9), dans la prairie située en face de la carrière de schiste, nous avons localisé un crassier de scories riches en fer, qui ont vraisemblablement été produites par la forge Amand signalée par HANSOTTE (1968). La construction de cette usine est antérieure à 1425. La dernière mention date de 1747 mais on ignore si elle est encore en activité. Un fourneau a été construit en 1538 juste à côté mais il semble qu'il ait disparu assez rapidement (HANSOTTE, 1968). Par ailleurs, il est intéressant de signaler qu'en période de hautes eaux, les remontées phréatiques en plaine





alluviale inondent une dépression de forme carrée (Fig. 7, page suivante) qui correspond vraisemblablement à l'emplacement d'un ancien bâtiment de forge.

Environ 550 m en aval, nous avons localisé un second crassier de scories de forge (10). À notre connaissance, ce site est inédit. Toutefois, les scories ont les mêmes caractéristiques que celles trouvées dans le crassier de la forge Amand (9). Par conséquent, nous pensons que ces deux sites peuvent être contemporains.

Une forge aurait existé au lieu-dit *È Hwèvevè* à Rahier (11) (HANSOTTE, 1968). Elle est citée pour la première fois en 1551 mais est sans doute plus ancienne. La dernière mention date de 1613 (HANSOTTE, 1968). Malgré plusieurs prospections, nous n'avons pas trouvé de crassier à proximité des ruines du moulin de Rahier.

D'après les historiens, ce site serait le plus en aval de la vallée de la Lienne. Toutefois, nous avons retrouvé plusieurs grosses scories de forge, juste à la confluence avec l'Amblève: une forge aurait donc pu fonctionner à Targnon.

**Fig. 6.** Tronçon de la Chavanne, dans le secteur de l'ancien moulin de Bra et du lieu-dit *Vieux Fourneaux* (Atlas des cours d'eau, circa 1880).





**Fig. 7.** Emplacement probable de l'ancienne forge Amand, en aval du village des forges.

### Les résidus de la sidérurgie ancienne

Nous entendons par résidus l'ensemble des déchets qui se forment lors de la transformation du minerai de fer en métal. Ils sont constitués principalement de silice provenant de la gangue du minerai, d'impuretés (alumine, chaux, manganèse) et de fer partiellement réduit sous différentes formes (Fe, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) (SERNEELS, 1993).

Différents types de scories issues de la sidérurgie sont présents parmi les alluvions des cours d'eau ardennais. Chacun d'eux correspond à une étape déterminée de la production du fer, ainsi qu'à une période historique, en fonction des innovations techniques.

À l'heure actuelle, très peu de chercheurs se sont intéressés aux scories produites lors de la réduction indirecte du minerai de fer. Par contre, des descriptions très détaillées et des typologies ont été publiées sur base d'analyses de scories récoltées dans des crassiers de bas fourneaux de Lorraine (MAHÉ-LE CARLIER & PLOQUIN, 1999) et de Suisse (SERNEELS, 1993).

En nous basant sur ces études et sur le travail de HENROTTAY (1973), nous avons dressé une typologie sommaire des différents types de scories que l'on peut rencontrer dans les alluvions des cours d'eau ardennais. Cette classification repose principalement sur une description de l'aspect extérieur des scories, car pour notre étude, la majorité de nos analyses était basée sur l'identification visuelle.



**Fig. 8.** Scories vitreuses émoussées prélevées sur un dépôt de la Lembrée à Vieuxville.



### *Les scories vitreuses (ou laitiers)*

Les scories, les plus fréquentes dans les alluvions des rivières, présentent des couleurs variées (vert bouteille, bleu turquoise, beige, blanc, noir) et sont généralement vacuolaires (Fig. 8).

Ces scories, également appelées laitiers, se sont formées dans les hauts fourneaux lors de la réduction du minerai de fer. Le laitier, principalement constitué de silice provenant de la gangue des matières premières, surnageait sur la fonte en fusion dans le creuset. Ensuite, les ouvriers écrémaient le laitier sous forme liquide, puis attendaient qu'il refroidisse (Fig. 9).

C'est la présence d'une forte proportion de silice et le refroidissement rapide du laitier qui confèrent aux scories leur aspect vitreux. Par ailleurs, sur certaines scories, des traces d'écoulement ont été pétrifiées lors de la solidification du laitier. Au même moment, des vacuoles\* se sont formées suite au piégeage des gaz à l'intérieur des scories. Cette porosité explique la faible densité des scories vitreuses (2,2 à 2,5).

La couleur des scories dépend principalement de la température de fusion, de la composition de la gangue et de la teneur en fer. Ainsi, l'oxyde ferreux colore les laitiers en vert, de fortes teneurs en fer donnent des scories noires, de fortes teneurs en oxyde manganéux accompagnées de faibles teneurs en oxyde de fer colorent les scories en bleu, etc. (CORBION, 2003).

D'autre part, sur la surface des scories bleues, nous avons fréquemment observé des différences de teintes (du blanc au bleu) qui se manifestent sous forme de lignes parallèles. Il semble que ces différentes teintes proviennent d'un début de dévitrification de la partie bleue qui serait liée aux conditions de refroidissement du laitier (CORBION, 2003).

Les métallurgistes transportaient ensuite les déchets de fusion durcis à proximité du fourneau et les déversaient sur des crassiers. Là, des ouvriers



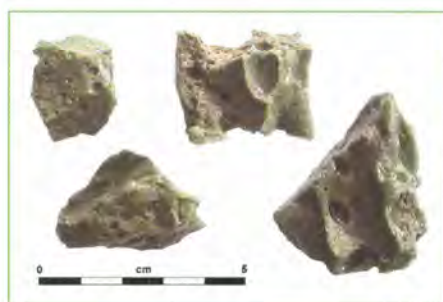
**Fig. 9.** Extraction de scories par écrémage de l'avant-creuset. Scène extraite d'un intérieur de fonderie peint par Léonard Defrance (coll. particulière).



concassaient et triaient les scories afin de récupérer les nodules de métal (WEBER, 1992) (Fig. 10). Le concassage des scories était réalisé soit à la masse, soit à l'aide d'un bocard\*, le même que celui utilisé pour concasser le minerai. Cette opération explique pourquoi nous retrouvons dans les crassiers des scories à arêtes vives présentant de nombreuses traces de fracture.



**Fig. 10.** Tri de scories. Scène extraite de la peinture du haut fourneau de Bruegel (coll. Galleria Doria Pamphili, Roma).



**Fig. 11.** Scories vitreuses vertes avec arêtes vives prélevées dans le crassier du haut fourneau de Vaux-Chavanne (4).

En plus de la silice, les scories vitreuses contiennent une part importante de fer, d'alumine et de calcium (SERNEELS, 1993). Ces scories sont également caractérisées par la présence de reliques de minerai non fondu et contiennent une multitude de billes de fer microscopiques (MAHÉ-LE CARLIER & PLOQUIN, 1999). Dans certaines scories, nous avons retrouvé des morceaux de charbon de bois incrustés et des billes métalliques de plus de 5 mm de diamètre.

Étant donné leur couleur et la présence de nombreuses vacuoles, les scories vitreuses sont très faciles à identifier parmi les sédiments naturels. Nous présentons ci-dessous un exemple de scories vitreuses prélevées dans un crassier de la vallée de la Chavanne (Fig. 11).

### *Les scories denses*

Des scories noires, plus denses que les scories vitreuses, sont également fréquentes dans les alluvions. Ces scories, riches en fer, ont été produites à des époques successives, avec différentes techniques (réduction directe et indirecte), dans différents types d'établissements (fourneaux, forges, platineries\*, etc.). Il ressort des travaux consultés qu'il est très difficile de distinguer les scories de réduction directe des scories formées lors des étapes de travail postérieur à la réduction (affinage, forgeage) (SERNEELS, 1993). Néanmoins, nous avons décrit quelques scories denses trouvées à proximité de sites sidérurgiques pour lesquels nous connaissons l'époque et le type d'activité.

### *Les scories denses de bas fourneau*

Des bas fourneaux ont été découverts dans des fonds de vallée de Lorraine (LEROY, 1993). Il se pourrait donc que des scories denses de bas fourneaux soient aussi présentes dans les rivières de Wallonie. Les scories denses de bas fourneaux peuvent être groupées en deux catégories: les scories



coulées et les scories en calotte, en fonction du type de fourneau qui les a produites (SERNEELS, 1993). Les scories coulées présentent sur leur surface supérieure des cordons lisses entrelacés tandis que leur surface inférieure (plane ou concave) est rugueuse et possède généralement un faible relief. Ceci résulte du fait que ces scories étaient évacuées du fourneau sous forme liquide, qu'elles coulaient sur un léger plan incliné et se refroidissaient en conservant les traces de coulure et de dégazage (SERNEELS, 1993). Les plus volumineuses pèsent plusieurs kilos et peuvent mesurer jusqu'à 25 cm de diamètre (LEROY, 1993).

Les scories en calotte, également appelées scories internes, ont été produites dans des « bas fourneaux à scorie piégée » (LEROY, 1993; SERNEELS, 1993). Elles se sont formées à l'intérieur du fourneau et ont conservé la forme concave du fond de la cuve. Des fragments de paroi, des petits charbons et des morceaux de minerai sont fréquemment incrustés dans ces scories. De plus, les faces sont lisses et ne présentent pas de trace d'écoulement. Ces scories pèsent généralement moins de 500 g mais les plus volumineuses peuvent dépasser 1,5 kg (SERNEELS, 1993). Ces scories présentent une faible porosité et leur densité est supérieure à 3,5.

#### *Les scories denses de haut fourneau*

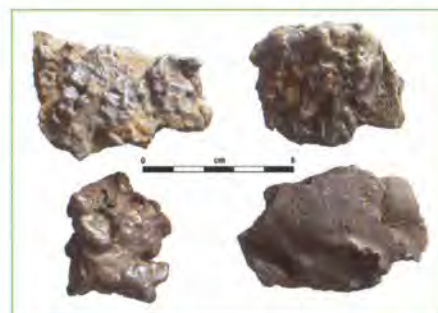
Dans les crassiers des hauts fourneaux, nous avons également ramassé des scories denses qui ressemblaient à des « éponges de fer ». Comme les scories vitreuses, elles présentent de nombreuses vacuoles; toutefois, elles s'en distinguent par leur forte teneur en fer, leur couleur noire et l'absence de cassures conchoïdales. Ces scories surnageaient sur la fonte en fusion. Elles étaient retirées avant la coulée et étaient vraisemblablement refondues vu leur forte teneur en fer. Il semble que ces scories se formaient principalement lorsque la température au sein du fourneau n'était pas assez élevée (CORBION, 2003).

Un autre type de scories denses, semblables à de la lave durcie, était produit par les hauts fourneaux. Il s'agit des « scories de plancher de coulée » (HOUBRECHTS, 2000). Elles se formaient lors de la coulée des gueuses\* de fonte ou bien lors de débouchages accidentels du trou de coulée. Elles se caractérisent par une densité élevée (de l'ordre de 3), une couleur noire et la présence de cordons d'écoulements sur leur surface supérieure.

#### *Les scories denses de forge d'affinage*

C'est près des sites de forge d'affinage que nous avons retrouvé le plus grand nombre de scories denses. Elles étaient produites lors de la décarburation de la fonte. Ces scories de couleur gris noir sont de taille et de forme variées (Fig. 12).

Leur surface est lisse ou légèrement rugueuse. Elles présentent des traces d'écoulement, des vacuoles de dégazage et parfois des empreintes de charbon de bois. Ces scories possèdent généralement une faible porosité, ce qui leur confère une densité assez élevée. Ainsi la densité moyenne des scories produites par la forge de Neucy (Lienne) est de 3,4. La plupart des scories denses ont été brisées avant d'être rejetées; toutefois, il arrive que l'on trouve des scories entières de grande taille (> 20 cm). Elles contiennent de 40 à 50% de fer et sont plus riches que la plupart des minerais (CORBION, 2003). Malgré cette teneur élevée en fer, nous avons découvert de nombreux crassiers



**Fig. 12.** Scories denses prélevées dans le crassier de la forge de Hierlot (3).



de scories denses dans les vallées ardennaises (Lienne, Aisne, etc.). Étant donné que ces scories contiennent un concentré d'impuretés, il semble que les métallurgistes préféraient les rejeter que de les refondre dans les hauts fourneaux primitifs. Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle que les crassiers ont été exploités intensivement (RAHIR, 1909; TAHON, 1909). Ainsi, les hauts fourneaux de Charleroi consommèrent en vingt-cinq années, de 1860 à 1885, plus d'un million de tonnes de scories (MICHOTTE, 1932).

### *Les morceaux de paroi de fourneau, de charbon, de minerai*

En plus des scories *stricto sensu*, les établissements sidérurgiques produisaient des déchets variés. Ces déchets étaient rejetés avec les scories sur les crassiers. Ainsi, nous avons trouvé à proximité de nombreux sites, des morceaux de pierre de construction, des minerais mal fondus, du charbon de bois, ainsi que des déchets domestiques (tessons de vaisselle, etc.).

La campagne de fonte terminée, le fourneau était vidé et réparé. Il semble que cette opération devait se faire régulièrement à cause des dégâts occasionnés par la chaleur intense du foyer et par les explosions éventuelles dues à l'humidité ou au bouchage accidentel de la cheminée par les charges de minerai et de charbon (WEBER, 1992). La fragilité des hauts fourneaux est également confirmée par la peinture de Bruegel, sur laquelle on peut voir une énorme lézarde dans la façade du fourneau (Fig. 5).

Les morceaux de paroi sont généralement rubéfiés par la chaleur et présentent sur une des faces une croûte vitrifiée et scoriacée. Depuis l'époque des bas fourneaux, les sidérurgistes protégeaient les parois de la chaleur en les recouvrant d'une couche d'argile (SERNEELS, 1993). Toutefois, il apparaît que des hauts fourneaux du XVI<sup>e</sup> siècle, tels que celui de Marsolle (Libin), n'étaient pas protégés par un chemisage\* (WEBER, 1992). Le chemisage systématique des cheminées serait plus récent.

Certains charbons de bois consolidés par les oxydes de fer peuvent également être considérés comme des résidus de la sidérurgie. Étant donné leur faible densité, ils pouvaient être emportés lors des crues sur de longues distances. Ils sont relativement nombreux dans les sédiments fins de certaines plaines alluviales (Chavanne, etc.) et sont généralement accompagnés de scories. Il est toutefois difficile de se baser sur ces charbons durcis pour dater la mise en place de sédiments, car ils sont difficilement reconnaissables des charbons produits par d'autres activités (déforestation, incendies, etc.).

Finalement, des morceaux de minerai mal fondus et scorifiés peuvent également être utilisés comme traceurs en dynamique fluviale. Toutefois, ces déchets sont relativement peu et sont moins évidents à reconnaître que les scories *stricto sensu*.

### *Les sphérules et battitures lamellaires*

Parmi les sous-produits de la sidérurgie, nous devons encore signaler l'existence d'éléments de taille microscopique se présentant sous la forme de billes ou de plaquettes. Ces particules ont été utilisées par HENROTTAY (1972) et par SLUSE (1996) pour étudier l'évolution récente de certaines plaines alluviales, ainsi que par RICARDEAU (1974, 1977) lors de ses recherches



sur le transport éolien des poussières produites par les industries sidérurgiques de la région liégeoise.

Les billes, parfaitement sphériques, sont magnétiques et ont un diamètre qui peut atteindre plusieurs millimètres. Leur surface, généralement lisse, peut être de couleur noire, grise ou dorée avec des reflets métalliques (Fig. 13).

D'après nos observations, il semble que les billes dorées soient produites par les aciéries modernes, lors du soufflage, alors que les billes noires et grises ont été produites par des établissements sidérurgiques anciens. Ainsi, SERNEELS (1993) a fréquemment observé des sphérules métalliques à l'intérieur des scories de bas fourneau. Nous avons également trouvé des billes de fer microscopiques dans des scories vitreuses de haut fourneau. Mais, la plupart des billes ont été produites dans les forges d'affinage lors du réchauffage de la fonte et lors du martelage de la loupe de fer\* chauffée au rouge blanc (950°C). De nombreuses petites étincelles en fusion étaient alors expulsées et durcissaient sous forme de globules et de lamelles (CORBION, 2003).

Les lamelles, également appelées battitures\* de fer, ressemblent à de petites plaques fines et anguleuses, et peuvent atteindre quelques millimètres de longueur. Elles sont également magnétiques. Leur surface est de couleur gris noir et présente des reflets métalliques (Fig. 13). Malgré ces différentes caractéristiques, nous avons estimé qu'il était préférable de ne pas les utiliser pour dater la mise en place de sédiments car elles pourraient être facilement confondues avec de petits cristaux de magnétite.

Par ailleurs, RICHARDEAU (1977) a montré que les sphérules pouvaient être transportées par le vent. L'aire de retombée varie en fonction de plusieurs paramètres (hauteur de la cheminée, orientation et vitesse des vents, relief et végétation). Ainsi, l'aire d'influence d'une usine sidérurgique moderne est de l'ordre de vingt à vingt-cinq kilomètres autour du point d'émission. Quant aux projections des anciennes forges de la vallée de la Lienne, elles se sont déposées dans un rayon inférieur à dix kilomètres. Par ailleurs, des microscories retombées sur les plaines alluviales peuvent être mobilisées par les rivières et être transportées relativement loin du point d'émission.

## L'importance des rejets de scories

Nous l'avons dit, les usines de production et de transformation du fer étaient installées à proximité des cours d'eau. Les scories, qui étaient rejetées près de ces établissements, pouvaient donc être emportées par les rivières, lors des crues débordantes, et se mélanger avec les alluvions naturelles. Le recensement de 1764 des grandes fabriques des Pays-Bas autrichiens signale des destructions importantes survenues à des établissements sidérurgiques suite à des crues violentes (MOUREAUX, 1981). Il va de soi que ce genre de crues devait injecter de grandes quantités de scories dans les rivières. Toutefois, à partir du moment où le site était abandonné, le crassier devait se végétaliser et être progressivement recouvert par les sédiments. En conséquence, les apports de scories devaient diminuer considérablement et devenir pratiquement nuls même lors des crues débordantes (crassier du fourneau de Préalles sur la Chavanne). Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée

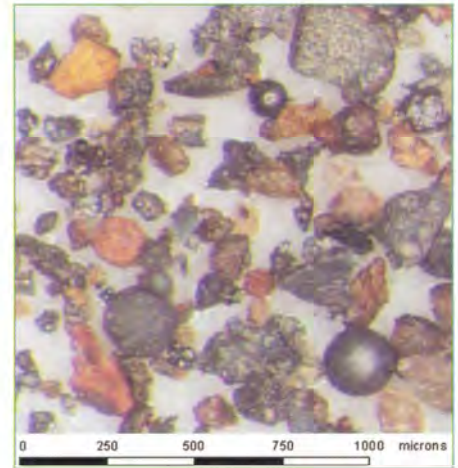


Fig. 13. Éléments magnétiques (billes et lamelles) prélevés dans les alluvions de l'Aisne à Juzaine.



par les mesures de concentration en scories réalisées sur les échantillons prélevés dans les plaines alluviales de plusieurs cours d'eau.

Dans certaines rivières, l'érosion latérale des crassiers a également pu contribuer à la fourniture de scories. Dans ce cas, ces dernières ont pu être injectées en grand nombre depuis une époque inconnue, parfois largement postérieure à la période d'activité sidérurgique (crassier de Neucy sur la Lienne).

Afin de nous faire une idée des quantités de scories susceptibles d'être injectées dans les rivières, nous avons calculé les productions de scories des hauts fourneaux au charbon de bois et des forges d'affinage. Les données que nous avons utilisées proviennent des registres de maîtres de forges, des redevances payées sur les productions et des manuels techniques anciens (**Encadré**).

Les fourneaux, qui fonctionnaient «en marche continue», étaient beaucoup plus productifs que les forges. Dès lors, les maîtres de forges durent limiter leur production en fonction de la quantité de fonte que la forge pouvait absorber pendant l'année (HANSOTTE, 1969). Pour que le fourneau fonctionne sans interruption, il aurait fallu lui associer trois forges d'affinage (HANSOTTE, 1972). Par ailleurs, certains hauts fourneaux, spécialisés dans la fabrication d'objets moulés en fonte, n'étaient pas limités par le traitement de la fonte et pouvaient donc fonctionner pendant une période plus longue.

Les comptes des receveurs de la Terre de Durbuy, dépouillés par PIROTTE (1967), indiquent que les fourneaux du XVI<sup>e</sup> siècle étaient actifs en moyenne 130 jours/an. Toutefois, certains fourneaux n'ont fonctionné que 14 jours (fourneau de Blier en 1508) alors que d'autres ont été productifs pendant 251 jours (fourneau de Nivarlet en 1599). En considérant une période d'activité annuelle moyenne de 130 jours, on peut évaluer la production d'un fourneau du XVI<sup>e</sup> siècle de la Terre de Durbuy à 114 400 kg de fonte/an.

D'autre part, sur base du registre du fourneau de Largenterie (vallée de la Hoëgne, 1655-1667), HANSOTTE (1969) propose une production moyenne de 93 280 kg de fonte/an, ce qui représente, d'après lui, 24% de la capacité de production théorique du fourneau.

Ainsi, il semble que les fourneaux wallons des XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles produisaient environ 100 000 kg de fonte par an, ce qui correspond à une production annuelle de 125 000 kg de scories, soit un volume de 83,3 m<sup>3</sup> en considérant une densité de 1,5 (qui tient compte des vides entre les scories dans le crassier).

Par la suite, la production des fourneaux wallons augmenta sensiblement et dépassa, au début du XIX<sup>e</sup> siècle, 500 tonnes/an (fourneau de Dieupart) (HANSOTTE, 1968). La quantité de scories produites par année devait alors être de 625 tonnes.

La fonte devait ensuite être affinée. D'après HANSOTTE (1969), il faut considérer une perte de 26% lors de l'affinage de la fonte. Des scories étaient produites lors du réchauffage de la fonte et des battitures étaient expulsées lors du martelage des loupes de fer (LEBOUTTE, 1979). Nous pouvons donc estimer que la quantité de déchets produits dans une forge, qui traitait annuellement 10 000 kg de fonte, était de 26 000 kg. Comme nous l'avons signalé plus haut, ces scories n'étaient pas réutilisées car elles contenaient un concentré d'impuretés. Par contre, elles furent récupérées dans de nombreux endroits à partir de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle.



Pour conclure, nous signalons que des estimations de production de scories ont également été obtenues en nous basant sur les compositions chimiques (HOUBRECHTS, 2005). Avec cette méthode, il apparaît que le rapport entre le métal produit et les scories est compris dans une fourchette de 1,1 à 1,6. Cet intervalle est du même ordre de grandeur que le rapport que nous avons obtenu sur la base des sources historiques (1,2).

Pour produire 1 000 kg de fonte dans un haut fourneau du XVIII<sup>e</sup> siècle, il fallait utiliser 2 250 kg de minerai et 1 250 kg de charbon de bois (LEBOUTTE, 1979). Ce rapport des charges ainsi que le rendement des hauts fourneaux au charbon de bois évolua peu entre le début du XVI<sup>e</sup> et le début du XIX<sup>e</sup> siècle (HANSOTTE, 1969).

D'après un manuel technique de 1829, nous connaissons la quantité de matières premières déversée dans le fourneau toutes les heures (LEBOUTTE, 1979):

- 310 kg de minerai (54%);
- 168 kg de charbon de bois (30%);
- 93 kg de castine\* (calcaire ou silice concassée, en fonction de la nature du minerai) (16%).

Sur la base de ces proportions, nous pouvons calculer la quantité de castine nécessaire pour la production de 1 000 kg de fonte. En effet, sachant qu'il faut 2 250 kg de minerai et que la quantité de castine nécessaire correspond environ à un tiers de la quantité de minerai, il fallait donc déverser dans le fourneau 675 kg de castine pour produire 1 000 kg de fonte.

D'après SERNEELS (1993), la combustion du charbon de bois donne des cendres qui représentent 2 à 3% du poids enfourné. Par conséquent, la production de 1 000 kg de fonte générerait de 20 à 30 kg de cendres.

Par ailleurs, lors de la réduction du minerai de fer, de l'oxygène est libéré sous forme de gaz de combustion ( $\text{CO}_2$ ) et ne se retrouve pas dans les déchets. Pour 1 000 kg d'oxyde de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) qui subissent une réduction, on produit environ 700 kg de fonte et 300 kg d'oxygène (SERNEELS, comm. pers.), ce qui représente donc une perte de 30%. Ainsi, pour 2 250 kg de minerai, qui donnent 1 000 kg de fonte, on a réduit 1 430 kg d'oxyde de fer avec une perte de 430 kg d'oxygène. Il reste donc 820 kg de gangue ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , etc.) qui se retrouvent dans les scories.

D'autre part, la perte au feu du calcaire pur est de 40% (JUVIGNÉ & PISSART, 1999). Par conséquent, hors des 675 kg de  $\text{CaCO}_3$  déversés dans le fourneau, 270 kg sont éliminés sous forme de gaz et 405 kg de CaO sont piégés dans les scories.

Sur base de ces données, on peut estimer que la production de 1 000 kg de fonte dans un haut fourneau engendrait 1 250 kg de scories. D'après HANSOTTE (1969), on peut considérer que les fourneaux de la région liégeoise produisaient au XVII<sup>e</sup> siècle environ une gueuse et demie par jour (une coulée toutes les seize heures) d'un poids moyen de 587 kg, ce qui correspond à une production journalière de 880 kg de fonte. Cette valeur doit toutefois être nuancée car les différences de température, la qualité variable des minerais et l'équilibre approximatif des charges alternées influençaient considérablement la qualité et la quantité de fonte produite (HANSOTTE, 1969).

La quantité de scories produite quotidiennement par un haut fourneau était donc de 1 100 kg.



## Les contraintes de localisation

De nombreux facteurs ont influencé la localisation des sites sidérurgiques anciens. Toutefois, les principales contraintes étaient l'énergie hydraulique et la proximité des sites de production des matières premières : charbon de bois et minerai de fer (HANSOTTE, 1986). Les conjonctures politiques et économiques permettent également d'expliquer les périodes d'essor et de déclin de la sidérurgie dans certaines régions.

### *L'énergie hydraulique*

À partir du <sup>xiv</sup><sup>e</sup> siècle, les métallurgistes utilisent l'énergie hydraulique pour actionner les soufflets et les marteaux des forges. Les établissements sidérurgiques doivent donc être construits à proximité de cours d'eau et être équipés de roues à eau. Dans la vallée de la Lienne, la plus ancienne mention de forge remonte à 1393 (YERNAUX, 1963<sup>a</sup>; 1963<sup>b</sup>).

Les cours d'eau appartiennent à la puissance publique et toute utilisation doit faire l'objet d'une autorisation, d'un « octroi de coup d'eau », émanant des princes territoriaux ou des seigneurs locaux (DISCRY, 1971). Ces octrois sont payants et les bénéficiaires doivent respecter toute une série de contraintes (respect des autres usagers, hauteur de la retenue, etc.). Ces demandes et autorisations écrites sont des indications précieuses pour notre étude car elles nous permettent de dater précisément le début de l'activité des établissements et donc de dater le début des rejets de scories.

Certains établissements sont dotés de roues à augets (alimentation par le haut) tandis que d'autres sont munis de roues à aubes (alimentation par le bas). Le type de roue dépend principalement de la pente de la rivière mais également du débit disponible (DEVOS, 1996).

Dans certains cas, les roues sont installées directement sur le cours d'eau. Mais, plus généralement, elles sont alimentées par des biefs qui sont creusés dans les plaines alluviales ou en pied de versants. En fonction du type de roue utilisée, la pente et la longueur du bief sont plus ou moins importantes. Ainsi, pour faire tourner une roue à augets, il faut créer une chute d'eau de plusieurs mètres. Par conséquent, le bief présente une pente nettement plus faible que la rivière, de manière à créer un dénivelé suffisant sur la distance la plus courte possible. Ce type de roue (dont le diamètre est généralement compris entre 2 et 6 m) n'est donc utilisé que sur des rivières à pente forte, telles que la Lienne et ses affluents. Sur la Chavanne par exemple, le moulin situé au lieu-dit *Les Vieux-Fourneaux* est équipé d'une roue de 4,1 m de diamètre alimentée par un bief d'environ 210 m de long (Atlas des cours d'eau, circa 1880) (Fig. 6).

Ces biefs doivent être entretenus et curés régulièrement. Dans le cas contraire, il arrive que des campagnes de fondage\* doivent être interrompues à cause de débit trop faible (WEBER, 1992). L'ensablement des biefs est dû à la diminution du courant qui entraîne la sédimentation d'une partie de la charge en suspension.

Un déversoir est généralement installé sur la rivière au niveau de la prise d'eau ; il permet de surélever le plan d'eau et d'alimenter le bief, même en période d'étiage. Par ailleurs, le maître de forges peut maintenir un débit constant dans le bief au moyen de plusieurs vannes. Grâce à ces aménagements, il est possible de faire tourner la roue uniformément, avec un débit constant (DEVOS, 1996).



Il semble que les débits nécessaires pour actionner les roues hydrauliques des fourneaux ne doivent pas être importants. Nous avons, par exemple, localisé un crassier de scories à Regné, sur un petit affluent du ruisseau de Groumont. À l'emplacement du crassier, le bassin versant est de 1,1 km<sup>2</sup>. Le débit du ruisseau a été étudié par COSAN (1976). Il ressort de cette étude que les débits moyens mensuels sont compris entre 4,3 l/sec (octobre et novembre) et 35,6 l/sec (février) et que le débit moyen mensuel est supérieur à 20 l/sec pendant 5 mois (décembre à avril). Ce débit doit donc être suffisant pour actionner la roue du fourneau pendant quelques mois de l'année.

Par ailleurs, nous avons localisé dans la vallée de la Chavanne deux autres fourneaux qui ont fonctionné sur des ruisseaux dont le bassin versant est inférieur à 10 km<sup>2</sup> (Vaux-Chavanne et Bra). Il semble toutefois que ces quelques exemples constituent des exceptions et que les usines, surtout les forges, aient été installées sur des rivières plus importantes (Lienne, Aisne, Ourthe, etc.). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les fourneaux demandent moins d'eau que les forges où deux roues sont actionnées: une pour la soufflerie et l'autre pour le martinet.

D'autre part, sur certains ruisseaux à faible débit, les métallurgistes installent des barrages ou creusent des étangs de retenue afin de fournir aux biefs un complément d'eau pendant les périodes d'étiage. Des digues de retenue sont par exemple visibles sur le ruisseau du Grand Ry (Bra). Dans les sites, qui ne fonctionnent pas en continu, les métallurgistes remplissent la retenue pendant la nuit et utilisent l'eau stockée durant la journée.

Des vestiges d'un barrage ont également été découverts sur le ruisseau de Préalles, au confluent avec la Chavanne (ROUXHET, 1986). Il se peut que cet aménagement ait été utilisé dans le but d'alimenter le bief du fourneau en période de basses eaux mais, comme nous l'avons présenté ci-dessus, nous pensons plutôt que la roue était actionnée par un petit ruisseau qui longe le chemin qui vient de Bra.

Enfin, dans la réserve des «Prés de la Lienne» (Hierlot), au niveau du confluent du ruisseau de Groumont et de la Lienne, nous avons parcouru l'ancien bief de la forge à Bayard (DE SLOOVER & AL., 1980). Celui-ci est particulièrement large et a été creusé sur une distance d'environ 400 m. Vu la largeur, plusieurs roues devaient vraisemblablement être actionnées. D'après LEESTMANS (1980), un étang de retenue aurait également été aménagé dans ce secteur et expliquerait la nature fangeuse de ces prés humides. D'après nos observations, aucune trace de digue ne permet de confirmer cette hypothèse.

### *Le minerai*

Les hauts fourneaux consomment de grandes quantités de minerai. Ainsi, dans un haut fourneau du XVII<sup>e</sup> siècle, qui produit une gueuse et demie de fonte par jour, il faut utiliser de l'ordre de 2 t de minerai de fer (HANSOTTE, 1969; LEBOUTTE, 1979).

En Wallonie, les gisements de fer sont extrêmement nombreux dans les terrains primaires et secondaires mais ils sont généralement de faible importance (DELMER, 1913; FOURMARIER & DENOËL, 1930).

Les minerais de fer sont soit des oxydes ou oligistes [Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hématite), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnétite)], soit des hydroxydes ou limonites\* [FeO(OH) (goethite)], soit des sulfures FeS<sub>2</sub> [pyrite, marcassite], plus rarement des carbonates FeCO<sub>3</sub> [sidérite] et des silicates.



La qualité du fer fabriqué est fortement influencée par celle du minerai. Les métallurgistes évitent d'utiliser du minerai contenant du soufre ou du phosphore car ces éléments rendent le fer cassant et donc impropre au forgeage. Il est toutefois possible d'éliminer le soufre du minerai par une opération de « grillage ». Au XIX<sup>e</sup> siècle, un procédé de déphosphoration de la fonte est également mis au point, ce qui permet l'exploitation des minerais riches en phosphore (DELMER, 1913 ; CORBION, 2003).

Dans le bassin de la Lienne, aucun site d'extraction de minerai de fer n'est représenté sur la carte de Ferraris (*circa* 1775). Toutefois, il faut préciser que les sites sidérurgiques du bassin de la Lienne se sont éteints plusieurs décennies avant la confection de cette carte. Il se peut que des gisements de faible importance aient été exploités mais il semble que cette activité n'ait laissé aucune trace dans les archives. Un seul document daté de 1667 mentionne une autorisation de recherche de minerai dans le bois « Saint-Remacle » à Bra mais rien ne prouve que du fer y ait été découvert (JAMAR, 1938).

Un gisement relativement important se situe entre Bihain et Ottré, quelques centaines de mètres au-delà de la limite du bassin versant de la Lienne. Il s'agit, entre autres, d'une couche d'hématite incluse dans les roches du Salmien supérieur.

Plusieurs sites d'extraction de minerai sont représentés sur la carte de Ferraris à cet endroit (planchette I<sup>10</sup>). Des documents attestent la présence de minières sur ce site depuis au moins 1609 (LEJEUNE, 1978). D'après un document de 1738 analysé par LEESTMANS (1980), ces minières comportent au moins deux galeries. Une fois extrait, le minerai est trié et lavé, vraisemblablement dans les eaux du ruisseau de Saint-Martin dans lequel se trouvent encore de nombreux petits morceaux d'hématite. À cette époque, une raffinerie de minerai et une forge sont également en fonction à Ottré. On peut constater sur la carte de Ferraris que ces minières se situent de part et d'autre de la frontière entre la principauté de Stavelot-Malmedy et les Pays-Bas autrichiens. Cette localisation particulière entraîne d'ailleurs un litige en 1742 car une des galeries, dont l'ouverture se situe dans la seigneurie de Bihain (Pays-Bas autrichiens), se prolonge au-delà de la frontière, sous la seigneurie d'Ottré (principauté de Stavelot-Malmedy).

D'après LEJEUNE (1978), ce site fournit au XVIII<sup>e</sup> siècle du minerai de fer de très bonne qualité au fourneau de Roche-à-Frêne (vallée de l'Aisne), ainsi qu'aux fonderies de Ferot (vallée de la Lembrée) distants d'environ 30 km. Le minerai peut donc être transporté par voie terrestre sur des distances relativement importantes, malgré le relief accentué, et le mauvais état de la voirie.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, c'est le minerai de manganèse qui intéresse plus particulièrement les industriels. Le coticule\* et le schiste sont également extraits (FRAIPONT, 1911 ; LESSUISE, 1980).

Dans la vallée de la Lienne, un gisement ferro-manganésifère intercalé dans des phyllades du Salmien supérieur est également exploité de 1856 à 1934 (ROBASZYNSKI & DUPUIS, 1983). Trois concessions minières sont successivement mises en exploitation en 1886 et 1887, suite à la construction de la route reliant Rahier à Stoumont où se trouve une toute nouvelle gare de chemin de fer (LIBERT, 1905).

D'après LIBERT, la teneur du minerai en manganèse est comprise entre 17 et 21 %, tout comme celle en fer, ce qui donne une teneur totale moyenne de l'ordre de 40 %. La teneur en silice et en alumine est d'environ 30 %, ce



qui est très élevé pour le traitement dans les hauts fourneaux. Ce minerai est néanmoins largement utilisé en sidérurgie comme agent désulfurant pour la fabrication des fontes «Thomas» (N. & J. DUSSART, 1991).

Ce minerai est également employé pour la fabrication d'un grand nombre de produits chimiques, et principalement pour la préparation du chlorure de chaux, qui est utilisé comme désinfectant et pour la décoloration des verres colorés (RAHIR, 1909; N. & J. DUSSART, 1991).

En 1909, RAHIR rapporte que deux importantes mines sont encore en pleine activité; elles emploient chacune une centaine d'ouvriers. À l'origine, l'extraction se fait à ciel ouvert; mais déjà à cette époque, les couches de surface sont épuisées et l'exploitation doit se poursuivre en souterrain. Certaines galeries ont d'ailleurs été creusées à plus de 100 m de profondeur et environ 180 000 t de minerai ont été extraites (ROBASZYNSKI & DUPUIS, 1983).

À l'heure actuelle, nous ne savons pas si ce gisement a été exploité à une époque plus ancienne. Toutefois, vu les caractéristiques chimiques du minerai, il semble qu'il n'ait pas été utilisé pour alimenter les fourneaux de la vallée de la Lienne.

Sur la carte géologique, plusieurs gisements de minerai de fer sont représentés en dehors du bassin de la Lienne, principalement dans la région de Ferrières et d'Aywaille. Ces gisements se localisent en bordure du massif ardennais, le long de la bande calcaire. Il s'agit par exemple des gîtes de limonite situés au contact des calcaires du Givetien et des grès du Couvinien (vallon des Chantoirs à Remouchamps, etc.) (DIMANCHE & TOUSSAINT, 1977), voire au sein même de ces grès (Izier, My, etc.). Dans plusieurs de ces sites, des dépressions et des haldes sont encore visibles dans la topographie. Nous disposons de très peu d'informations sur les échanges commerciaux qui pouvaient exister à l'époque de la métallurgie dans la vallée de la Lienne mais nous pouvons supposer, vu l'absence de gisement dans le bassin, que les sidérurgistes devaient importer du minerai.

### *Le combustible*

Le charbon de bois, dont l'utilisation remonte à l'époque romaine (GILLARD, 1971), reste le seul combustible utilisé dans les hauts fourneaux jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle. Il est fabriqué par des charbonniers sur des «aires de faulde» (DUSSART & WILMET, 1970; CATTELAINE, 1981). Différents types de charbon de bois sont produits en fonction des commandes. Le charbon, réalisé avec du bois dur (chêne, charme, hêtre), convient particulièrement bien à la fusion des minerais dans les hauts fourneaux. Quant au charbon produit à partir de bois tendres, le «mors bois», tels que le bouleau, le peuplier, le tilleul et le pin, il est utilisé de préférence dans les forges d'affinage (GILLARD, 1971; WEBER, 1992).

La sidérurgie ancienne exige de grandes quantités de charbon de bois. Ainsi, pour produire 1000 kg de fonte, dans un fourneau du XVIII<sup>e</sup> siècle, il faut brûler 1250 kg de charbon de bois et l'affinage de cette fonte nécessite encore 1250 kg de charbon de bois (LEBOUTTE, 1979). D'après FELTZ & INCOURT (1995), un stère de bois débité donne environ 80 kg de charbon et la production d'une forêt, en rotation de coupe (de 15 à 20 ans), est de 80 à 90 stères/ha. Par conséquent, pour produire une tonne de fonte, il faut utiliser 15,6 stères de bois, soit défricher environ 18 ares de taillis. En considérant



qu'un fourneau produit annuellement 100 tonnes de fonte et que cette dernière est purifiée par une seule affinerie\*, nous pouvons évaluer la consommation d'un fourneau ou d'une affinerie du XVIII<sup>e</sup> siècle à 18 ha par année, ce qui signifie que la superficie forestière nécessaire pour alimenter un fourneau (ou une affinerie) était de 270 à 360 ha (en considérant une période minimale de régénération de 15 à 20 ans).

Ces quantités énormes de charbon sont produites dans les forêts ardennaises et doivent être transportées vers les sites sidérurgiques par voie terrestre ou fluviale (DALEM & NELISSEN, 1973). Lorsque l'on convertit en volume le poids des matières premières utilisées dans les fourneaux, il apparaît alors que le volume de charbon de bois est environ dix fois plus important que le volume de minerai. Par conséquent, pour diminuer les coûts de transport, il doit être préférable d'installer les fourneaux à proximité des forêts plutôt que des minières.

Le recensement de 1764 des grandes fabriques des Pays-Bas autrichiens nous donne une idée du nombre de personnes employées à l'approvisionnement en charbon de bois (MOUREAUX, 1981). Le complexe sidérurgique (fourneau, forge et platinerie) de Berchiwé (sur la Chevratte) occupe par exemple 150 bûcherons, quatre charbonniers et un nombre indéterminé et variable de voituriers. À la même époque, le site sidérurgique de l'abbaye d'Orval (fourneau, forges, platinerie et fenderie) emploie 460 bûcherons pendant la saison des coupes forestières (environ trois mois) et 34 charbonniers (JULIN, 1903).

Cette exploitation intensive de la forêt pour la sidérurgie entre en conflit avec de nombreux autres usages (essartage, écobuage, chauffage, pâturage, panage, chasse, tannerie, etc.) (GOBLET D'ALVIELLA, 1927; TULIPPE, 1942). Ainsi, en 1519, dans le marquisat de Franchimont, les usines métallurgiques ont consommé tant de bois que les habitants sont menacés de manquer de chauffage (BOUTRY, 1920). Plusieurs mesures sont alors prises à partir du début du XVII<sup>e</sup> siècle pour réglementer la coupe de bois (BILLEN, 1993).

Dans le bassin de la Liègne, à l'époque de Ferraris (vers 1775), les plus importants massifs forestiers se situent au sud de Werbomont (bois de Noiremont et de Grandmont), à l'est du hameau de Grand Heid (bois Tier Lagrande Haye), à l'est des Trous de Bra (bois de Beleu et de Chapeau), au nord-est de Malemprez (bois domanial appartenant au souverain), près du moulin de Regné (bois de Groumont), et au nord d'Arbrefontaine (bois de Hodinfosse) (Fig. 1). L'ensemble des forêts du bassin de la Liègne occupe une superficie d'environ 3 000 ha, ce qui correspond à 20% de la superficie totale du bassin versant. En comparaison, à l'heure actuelle, les forêts occupent 8 250 ha, soit 56% de la superficie totale. Il est également important de préciser que 75% de ces forêts sont plantées en résineux. Afin de se faire une idée de l'impact de la sidérurgie sur les forêts de la vallée de la Liègne, nous avons calculé pour une période de forte activité la superficie nécessaire pour alimenter les sites sidérurgiques en charbon de bois. Ainsi, d'après notre inventaire archéologique, il apparaît que cinq fourneaux et six forges sont en activité vers 1550 dans le bassin de la Liègne. Sur la base de la consommation en charbon de bois présentée ci-dessus, nous pouvons estimer qu'environ 220 ha de taillis doivent être coupés annuellement dans la région pour alimenter ces sites. Par ailleurs, en considérant une rotation de coupe de 20 ans, 4 400 ha de forêts doivent être consacrés à la production de charbon de bois pour la sidérurgie locale. Cette valeur est donc



supérieure à la superficie forestière disponible en 1775 dans le bassin. Lorsque l'on regarde aux alentours, il apparaît que onze fourneaux et quasiment autant de forges, fonctionnaient à la même époque dans la vallée de l'Aisne (PIROTTE, 1967 : en 1547). Les massifs forestiers de ce bassin devaient donc également être fortement exploités. Aucun site sidérurgique n'est par contre mentionné dans la vallée de la Salm. Les forêts situées autour de Trois-Ponts et Vielsalm ont donc probablement alimenté la sidérurgie de la vallée de la Liègne.

L'exploitation intensive de la forêt entraîne au début du XVII<sup>e</sup> siècle une augmentation importante du prix du bois. PIROTTE (1967) signale d'ailleurs que la sidérurgie de la Terre de Durbuy s'éteint presque totalement en 1626 car elle ne peut plus concurrencer les usines situées au sud du duché de Luxembourg et du comté de Chiny (vallée de la Rulles, etc.), là où les forêts sont encore intactes (HANNICK & MULLER, 1993-1994).

Plusieurs sites de la vallée de la Liègne sont également mentionnés pour la dernière fois vers 1620, vraisemblablement pour la même raison.

Les bois ne sont pas uniquement coupés pour produire du charbon. Ainsi, LEESTMANS (1980) rapporte le récit d'une coupe d'un arbre de bonne taille dans le bois de Fays en 1584 par les maîtres de forges de Bra pour fabriquer un arbre de roue et de marteau.

L'exploitation intensive de la forêt entraîna une érosion des sols relativement importante dans le bassin de la Liègne. L'étude de l'évolution de la Chavanne par le biais des microscories indique par exemple que 80 cm de limon de crues se sont déposés sur l'ensemble de la plaine alluviale depuis l'apparition de la sidérurgie dans ce bassin (HOUBRECHTS & PETIT, 2004).

### *Les facteurs politiques et économiques*

Les usines sidérurgiques de nos régions produisent entre autres des armes, dont des boulets de canon en fonte. Certaines guerres contribuent donc à la prospérité de la sidérurgie. Par contre, lors des invasions, des régions entières sont pillées et les sites sidérurgiques saccagés. Lors de nos lectures, nous avons relevé plusieurs événements qui ont influencé l'activité sidérurgique de Wallonie et donc de la vallée de la Liègne. Cette liste n'est pas exhaustive mais donne un aperçu de l'impact de certains conflits.

En 1430, les Liégeois détruisent les établissements métallurgiques du comté de Namur (GILLARD, 1971). En 1465, ils détruisent également les quelques usines à fer du Limbourg. En représailles, Charles le Téméraire rase les forges du marquisat de Franchimont (HANSOTTE, 1963 ; DEN DOOVEN, 1982). D'après YERNAUX (1963<sup>a</sup>), les usines de la Liègne peuvent également avoir été détruites par l'armée du Bourguignon. Un octroi atteste qu'une forge a été démolie ou détruite à cette époque.

Entre 1485 et 1490, les bandes armées des La Marck saccagent plusieurs établissements métallurgiques de la Terre de Durbuy (PIROTTE, 1967).

À partir de 1566, la révolte des Pays-Bas contre le régime espagnol et une conjoncture économique défavorable entraînent de graves répercussions sur la métallurgie wallonne. Cette crise conduit à la disparition quasi-définitive des fourneaux dans les régions de Stavelot et de Durbuy et touche gravement toutes les régions (HANSOTTE, 1972 & 1986 ; WEBER, 1992). Pour faire face à cette crise, les métallurgistes de la région de Liège et de Franchimont développent de nouvelles techniques (fenderies, etc.) et se spécialisent



dans la fabrication d'objets métalliques élaborés. À partir de cette époque, la qualité du métal devient un facteur prépondérant. Ainsi, les clouteries liégeoises importent «du fer tendre» produit notamment dans la vallée de la Rulles avec la minette\* (HANSOTTE, 1986).

En 1595, Henri IV envahit les Pays-Bas, traverse le Luxembourg, détruit les usines du pays de Chimay et s'empare de Huy (HANSOTTE, 1972). À partir de 1609, la Trêve de Douze Ans (entre les Pays-Bas espagnols et les Provinces-Unies) entraîne la perte d'un débouché important pour la métallurgie wallonne (HANSOTTE, 1955). Par la suite, la production d'armes connaît un essor important pendant la Guerre de Trente Ans (1618-1648). Toutefois, cette guerre entraîne de nombreuses destructions ainsi que des épidémies de peste : celle de 1636 est désastreuse.

Dans la seconde moitié du XVII<sup>e</sup> siècle, la sidérurgie wallonne, et plus spécialement liégeoise, connaît un nouvel essor suite au développement de la clouterie. Les clous sont principalement destinés aux chantiers navals hollandais (YERNAUX, 1939). D'après HANSOTTE (1986), les barrières douanières n'influencent pas réellement son développement jusqu'en 1670. À cette époque, des mesures protectionnistes sont prises par les Pays-Bas et la principauté de Liège sur le commerce du fer ; cela entraîne diverses répercussions sur les différentes régions métallurgiques.

Par la suite, d'autres facteurs politiques et économiques influencèrent encore la sidérurgie de nos régions. Toutefois, nous n'en parlerons pas, car comme nous l'avons signalé ci-dessus, le dernier site de la vallée de la Lienne s'est éteint entre 1738 et 1753 (HANSOTTE, 1968).



## Conclusion

Malgré l'apparence sauvage et naturelle du bassin de la Lienne, une douzaine d'établissements sidérurgiques y ont fonctionné entre la fin du xiv<sup>e</sup> siècle et le milieu du xviii<sup>e</sup> siècle.

Nous avons montré que les scories retrouvées dans les alluvions des rivières sont d'excellents indicateurs pour localiser des sites sidérurgiques anciens. En fonction des caractéristiques de celles-ci, il est possible de déterminer l'activité des sites implantés en bordure des cours d'eau. Grâce à nos prospections de terrain, nous avons découvert des sites inédits et localisé la plupart des crassiers des sites mentionnés dans la littérature.

D'après nos estimations, un haut fourneau du xvi<sup>e</sup> siècle, qui produisait annuellement de l'ordre de 100 t de fonte, engendrait 125 t de scories vitreuses. L'affinage de cette fonte devait ensuite produire environ 26 t de scories denses.

Les facteurs de localisation de la sidérurgie proto-industrielle ont été analysés. Il apparaît ainsi que les fourneaux situés le long de la Lienne et de ses affluents devaient être alimentés par des gisements de minerai de fer situés en dehors du bassin, parfois sur une distance de plusieurs dizaines de kilomètres. Par ailleurs, les bois du bassin de la Lienne n'étaient pas suffisamment étendus pour subvenir aux besoins des forges et des fourneaux de la vallée. En 1550, nous avons estimé que 4400 ha de forêts devaient être consacrés à la production de charbon de bois pour alimenter les cinq fourneaux et les six forges du bassin. La forte augmentation du prix du bois vers 1620 explique d'ailleurs vraisemblablement la fermeture de plusieurs sites. L'atout le plus intéressant du bassin de la Lienne semble avoir été ses cours d'eau, avec leur pente forte et leur débit soutenu. Toutefois, à l'exception du site de Neucy, qui connut une occupation particulièrement longue, il apparaît que les nombreux établissements sidérurgiques du bassin de la Lienne furent abandonnés rapidement, après quelques décennies d'activité discontinuée, ne pouvant faire face à la concurrence des usines implantées à proximité d'importants gisements de minerai et de charbon de bois ou situés le long de cours d'eau plus puissants (Ourthe, Amblève et Vesdre).

Geoffrey HOUBRECHTS  
Chargé de recherches du F.R.S. – F.N.R.S.  
*Université de Liège*  
Département de Géographie  
Bâtiment B 11 – Sart-Tilman  
B – 4000 Liège

avec la collaboration de  
Jean-Pol WEBER  
rue du Chenet 17  
B – 6870 Saint-Hubert



## Bibliographie

- BILLEN C., 1993. De la forêt domestique à la forêt commerciale: les bois du Luxembourg avant l'ordonnance des archiducs (1617), *Le Luxembourg en Lotharingie. Mélanges Paul Margue*, Luxembourg, pp. 43-64.
- BOUTRY L., 1920. La forêt d'Ardenne, dans *Annales de Géographie*, 160, pp. 261-279.
- CATTELAÏN P., 1981. Reconstitution d'un métier d'autrefois: le faudreux, dans *Bulletin du Centre Paul Brien de Treignes*, 4, pp. 7-10.
- COLLECTIF, 1986. Monographie archéologique. Communes de Lierneux et de Trois-Ponts, dans *Glain et Salm. Haute-Ardenne (G.S.H.A.)*, 24, pp. 39-58.
- CORBION J., 2003. *Le Savoir... Fer, Glossaire du Haut-Fourneau*. 4<sup>e</sup> édition, 4 vol., Florange, 3 442 p.
- COSAN Y., 1976. Étude de la nappe aquifère de Regné, dans *Annales de la Société géologique de Belgique (A.S.G.B.)*, 99, pp. 67-79.
- DALEM R. & NELISSEN A., 1973. *Mille ans de navigation sur l'Ourthe et ses affluents*. Bomal-sur-Ourthe, 192 p.
- DELMER A., 1913. *La question du minerai de fer en Belgique. Annales des Mines de Belgique (A.M.B.)*, Première partie: Les gisements de minerai de fer en Belgique, Ixelles-Bruxelles, 108 p.
- DEN DOOVEN P., 1982. *La métallurgie au Pays de Franchimont. Sart, Jalhay et Polleur, Stavelot*. Stavelot, 88 p.
- DE SLOOVER J. R., DUMONT J.-M., GILLARD V., ISERENTANT R. & LEBRUN J., 1980. *La Réserve naturelle domaniale des Prés de la Lienne (Lierneux)*. Publication du Service de Conservation de la Nature, Travaux n° 12, s.l., 117 p.
- DEVOS A., 1996. *Hydrologie et aménagements hydrauliques de la Saulx et de l'Ornain (Lorraine)*. Thèse de doctorat, Université de Metz, Mention Géographie, 443 p.
- DIMANCHE F. & TOUSSAINT G., 1977. Gisement de fer au contact Givetien/Couvinien (Esneux, Province de Liège). *A.M.B.*, pp. 533-540.
- DISCRY F., 1971. L'ancien statut de l'énergie hydraulique. 40<sup>e</sup> Congrès de la Fédération des Cercles d'Archéologie et d'Histoire, 6-12 septembre 1968, Liège, pp. 523-528.
- DUSSART F. & WILMET J., 1970. Les "aires de faille" dans les défrichements du XIX<sup>e</sup> siècle en Thiérarchie (Entre-Sambre-et-Meuse). Leur repérage par photo-interprétation, dans *Bulletin de la Société géographique de Liège (B.S.G.Lg)*, 6, pp. 169-178.
- DUSSART N. & J., 1991. *Les mines de Chevron et de Rahier. Le manganèse de la basse vallée de la Lienne. 1857-1934*, s.l., 170 p.
- FELTZ C. & INCOURT A.-F., 1995. *Itinéraire de la sidérurgie du XVI<sup>e</sup> siècle au XX<sup>e</sup> siècle en Sud-Ardenne et Gaume. 128 km d'archéologie industrielle de Habay à Longwy*. Hommes et Paysages, n° 26. Bruxelles & Arlon, 56 p.
- FOURMARIER P. & DENOËL L., 1930. *Géologie et industrie minérale au Pays de Liège*. Paris & Liège, 235 p.
- FRAIPONT C., 1911. De l'exploitation des ardoises et du coticule au comté de Salm antérieurement à l'an 1625, dans *A.S.G.B.*, 38, pp. BB3-BB5.
- GILLARD A., 1971. *L'industrie du fer dans les localités du comté de Namur et de l'Entre-Sambre-et-Meuse de 1345 à 1600*. Histoire Pro Civitate, Série in-8°, n° 29. Bruxelles, 263 p.
- GOBLET D'ALVIELLA F., 1927-1930. *Histoire des bois et forêts de Belgique. Des origines à la fin du régime autrichien*. Paris & Bruxelles, 4 vol., 489, 349, 140 & 442 p.
- GULLENTOPS F., MULLENDERS W., SCHAILLÉE L., GILOT E. & BASTIN-SERVAIS Y., 1966. Observations géologiques et palynologiques dans la vallée de la Lienne, dans *Acta Geographica Lovaniensia*, 4, pp. 192-204.
- HANNICK P. & MULLER J.-C., 1993-1994. Marcel Bourguignon (1902-1971). L'Ère du Fer en Luxembourg (XV<sup>e</sup>-XIX<sup>e</sup> siècles). Études relatives à l'an-



- cienne sidérurgie et à d'autres industries au Luxembourg, dans *Annales de l'Institut archéologique du Luxembourg*, 124-125, 720 p.
- HANSOTTE G., 1955. L'industrie sidérurgique dans la vallée de l'Ourthe liégeoise aux Temps modernes, dans *La Vie wallonne*, 29, pp. 116-124.
- HANSOTTE G., 1963. L'industrie métallurgique dans le bassin de la Hoëgne aux Temps modernes, dans *Bulletin de l'Institut archéologique liégeois (B.I.A.Lg)*, 76, pp. 5-44.
- HANSOTTE G., 1968. La métallurgie dans les bassins de l'Amblève et de l'Ourthe stavelotaine et limbourgeoise (1393-1846), dans *Folklore Stavelot-Malmedy – Saint-Vith*, 32, pp. 97-128.
- HANSOTTE G., 1969. Comment fonctionnait un fourneau liégeois au XVII<sup>e</sup> siècle, dans *40<sup>e</sup> Congrès de la Fédération des Cercles d'Archéologie et d'Histoire, 6-12 septembre 1968*, Liège, pp. 159-166.
- HANSOTTE G., 1972. La métallurgie wallonne au XVI<sup>e</sup> siècle et dans la première moitié du XVII<sup>e</sup> siècle. Essai de synthèse, dans *B.I.A.Lg*, 84, pp. 21-42.
- HANSOTTE G., 1986. L'implantation géographique de l'industrie métallurgique des Pays-Bas et du Pays de Liège, et son évolution aux temps modernes. In: DORBAN M. & PETIT R. (édit.), *Implantations industrielles, mutations des sociétés et du Paysage*. Bruxelles, pp. 39-49.
- HENROTTAY J., 1972. *Étude de la sédimentation récente de quelques rivières au cours des sept derniers siècles par l'observation de résidus de l'industrie du fer ancienne*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 103 p.
- HENROTTAY J., 1973. La sédimentation de quelques rivières belges au cours des sept derniers siècles, dans *B.S.G.Lg*, 9, pp. 101-115.
- HOUBRECHTS G., 2000. *Utilisation des macroscories comme indicateurs du transport de la charge de fond des rivières de la "Terre de Durbuy"*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 137 p.
- HOUBRECHTS G., 2005. *Utilisation des macroscories et des microscories en dynamique fluviale : application aux rivières du massif ardennais*. Thèse de doctorat, Université de Liège, 328 p.
- HOUBRECHTS G. & PETIT F., 2004. Étude de la dynamique fluviale des rivières ardennaises grâce aux scories métallurgiques, dans *De la Meuse à l'Ardenne*, 36, pp. 57-67.
- JAMAR W., 1938, *Chevron dans le passé*, Liège, 401 p.
- JULIN A., 1903. *Les grandes fabriques en Belgique vers le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle (1764). Contribution à la statistique ancienne de la Belgique*. Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique. Bruxelles, 81 p.
- JUVIGNÉ E. & PISSART A., 1999. *Quelques méthodes d'étude des formations détritiques continentales*. Université de Liège. Notes de cours de spécialisation en Géographie physique, 75 p.
- LEBOUTTE R., 1979. *La grosse forge wallonne (du XV<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle)*. Liège, 53 p.
- LEESTMANS C., 1975. Sondages à Ecdoval, dans *G.S.H.A.*, 2, pp. 57-58.
- LEESTMANS C., 1978. Une taque de cheminée aux armes des d'Huart (1607) au moulin d'Ecdoval (Lierneux), dans *G.S.H.A.*, 9, pp. 179-181.
- LEESTMANS C., 1979. Un bas fourneau au lieu-dit "Li Mârtê" à Hièrlot (Lierneux), dans *G.S.H.A.*, 11, pp. 93-94.
- LEESTMANS C., 1980. *Histoire d'une vallée. La Lienne en Haute Ardenne*. Stavelot, 360 p.
- LEJEUNE Ph., 1978. La commune d'Ottre et ses minières, dans *G.S.H.A.*, 9, pp. 100-108.
- LEROY M., 1993. *La sidérurgie ancienne en Lorraine avant le haut fourneau. Étude du développement historique et des conditions techniques de l'utilisation du minerai oolithique lorrain (la minette) en métallurgie de réduction directe*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 447 p.



- LESSUISE A., 1980. *Le coticule. Situation géographique et géologique des gisements. Exploitation et préparation des pierres abrasives. Valorisation des déchets d'exploitation*. Département mines et carrières, Institut national des industries extractives, Liège, 37 p.
- LIBERT J., 1905. Les gisements ferro-manganésifères de la Lienne, dans *A.S.G.B.*, 32, pp. B143-B154.
- MAHÉ-LE CARLIER C. & PLOQUIN A., 1999. Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du fer, dans *Revue d'Archéométrie*, 23, pp. 59-69.
- MICHOTTE P. L., 1932. Localisation de la grosse sidérurgie belgo-luxembourgeoise avant et après 1830, dans *Bulletin de la Société belge d'Études géographiques*, 2, pp. 43-73.
- MOUREAUX Ph., 1971. Les préoccupations statistiques du gouvernement des Pays-Bas autrichiens, Université libre de Bruxelles. Faculté de Philosophie et Lettres, tome 48. Bruxelles, 535 p.
- MOUREAUX Ph., 1974-1981. *La statistique industrielle dans les Pays-Bas autrichiens à l'époque de Marie-Thérèse. Documents et cartes*. Publications de la Commission royale d'Histoire. Bruxelles, 1 352 p.
- PETIT F., HALLOT E., HOUBRECHTS G., MOLS J., 2005. Évaluation des puissances spécifiques de rivières de moyenne et de haute Belgique, dans *B.S.G.Lg.*, 46, pp. 37-50.
- PIROTTE F., 1967. L'industrie métallurgique de la Terre de Durbuy de 1480 à 1625. Ses rapports avec la métallurgie liégeoise, dans *B.I.A.Lg.*, 79, pp. 145-210.
- RAHIR E., 1909. *L'Amblève et l'Ourthe*, Bruxelles, 306 p.
- RICHARDEAU C., 1974. *Étude de la répartition de poussières provenant de l'industrie sidérurgique. Contribution à l'étude de la pollution*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 113 p.
- RICHARDEAU C., 1977. Distribution des sphérules magnétiques provenant de la sidérurgie liégeoise, dans *B.S.G.Lg.*, 13, pp. 155-165.
- ROBASZYNSKI F. & DUPUIS C., 1983. *Guides géologiques régionaux: Belgique*. Paris, 204 p.
- ROUXHET S., 1986. Contribution à l'inventaire archéologique de la commune de Lierneux, dans *G.S.H.A.*, 25, pp. 88-90.
- SERNEELS V., 1993. *Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale*. Cahiers d'Archéologie romande, Lausanne, 61, 240 p.
- SLUSE P., 1996. *Évolutions de la Rulles, de la Semois et de la Mellier au cours des cinq derniers siècles grâce aux résidus métallurgiques de l'industrie du fer et par l'étude des cartes anciennes*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 206 p.
- TAHON V., 1909. La métallurgie du fer au pays de Liège, au Luxembourg et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse (Période médiévale), dans *Annales du XX<sup>e</sup> Congrès d'Archéologie et d'Histoire de Belgique (Liège, 1909)*, 2, pp. 383-410.
- TULIPPE O., 1942. L'Homme et la Forêt tempérée en Belgique, dans *Bulletin de la Société royale belge de Géographie*, 66, pp. 157-259.
- VANEETVELD P., 1959. *L'évolution morphologique du bassin de la Lienne*. Mémoire de licence en Sciences géographiques, Université de Liège, 135 p.
- WEBER J.-P., 1992. Documents du XVI<sup>e</sup> siècle relatifs à la forge de Mirwart, dans *Bulletin de la Commission royale d'Histoire*, 158, pp. 153-326.
- WEBER J.-P., 1997. *Marsolle: un complexe sidérurgique du XVI<sup>e</sup> siècle dans la Terre de Mirwart. Bilan de neuf années de recherches (1984-1992)*. Les Notes du Fourneau Saint-Michel et du Musée de la Vie rurale en Wallonie. Saint-Hubert, 20 p.
- YERNAUX J., 1939. *La métallurgie liégeoise et son expansion au XVI<sup>e</sup> siècle*. Liège, 388 p.



YERNAUX J., 1963<sup>a</sup>. Retour sur notre passé industriel. La sidérurgie ancienne dans la vallée de la Lienne, dans *Revue du Conseil économique wallon (R.C.E.W.)*, 63, pp. 62-65.

YERNAUX J., 1963<sup>b</sup>. Retour sur notre passé industriel. La sidérurgie ancienne dans la vallée de la Lienne, dans *R.C.E.W.*, 64, pp. 69-72.

## Glossaire

**AFFINERIE**: bâtiment de forge dans lequel la fonte est affinée. L'affinage consiste à épurer la fonte en oxydant ses impuretés dans la chaleur intense d'un foyer.

**BATTITURE**: lamelle de fer produite lors du martelage de la loupe de fer.

**BOCARD**: marteau pilon employé pour broyer le minerai ou les scories de haut fourneau. Ces dernières concassées, les parties riches en fer sont récupérées pour être refondues.

**CASTINE**: pierre calcaire employée comme fondant dans les hauts fourneaux pour rendre plus fusibles les minerais siliceux (CORBION, 2003).

**CHEMISAGE**: protection destinée à protéger de la chaleur les parois à l'intérieur du haut fourneau.

**COTICULE**: roche à grains très fins de couleur jaune beige qui se présente sous forme de mince veine intercalée dans des phyllades mauves du Salmien (formation d'Ottré). Les grenats microscopiques qu'elle contient la rendent abrasive. Le coticule était jadis exploité dans la région de Salmchâteau pour produire des pierres à aiguiser.

**CRASSIER**: lieu de stockage de résidus d'origine métallurgique également appelés crasses ou scories.

**FONDAGE**: transformation du minerai de fer en fonte dans un haut fourneau. Synonyme de fondée (CORBION, 2003).

**GUEUSE**: barre de fonte d'une longueur de 5 à 6 mètres (environ 600 kg), effilée aux deux extrémités. Cette forme résulte de la solidification de la fonte dans un moule creusé préalablement à la coulée dans le sable devant la sortie du haut fourneau. Cette fonte est destinée à être refondue et purifiée dans une affinerie.

**HALDE**: terme minier employé pour désigner le site de stockage des déchets de mines.

**LIMONITE**: minerai constitué d'oxydes de fer hydratés et d'hydroxydes de fer. Il se rencontre essentiellement dans la zone d'altération des filons.

**LOUPE DE FER**: agglomérat de fer pâteux produit lors de l'affinage de la fonte.

**MINETTE**: minerai de fer dont le gisement se situe en Lorraine, à la base des couches du Bajocien. En Belgique, la formation ferrugineuse, de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, affleure au sud de Musson et de Halanzy. La teneur en fer du minerai est d'environ 40% et la proportion de phosphore est relativement élevée (de l'ordre de 0,6%) (DELMER, 1913; LEROY, 1993, CORBION, 2003).

**PHYLLADE**: roche métamorphique, proche de l'ardoise, se débitant en feuillets. En Ardenne, cette roche se rencontre essentiellement dans les formations du Paléozoïque inférieur (Cambrien et Ordovicien).

**PLATINERIE**: forge spécialisée dans la fabrication d'objets métalliques plats (poêles, bêches, etc.).

**VACUOLE**: cavité de forme sphérique à la surface des scories formée par le piégeage de gaz lors de la solidification.