

# Etude du transport de la charge de fond des rivières grâce aux résidus de la sidérurgie ancienne

HOUBRECHTS Geoffrey, MOLS Julien, LEVEcq Yannick, PETIT François

Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviale – Département de Géographie – Université de Liège

[G.Houbrechts@ulg.ac.be](mailto:G.Houbrechts@ulg.ac.be) ; [jmols@ulg.ac.be](mailto:jmols@ulg.ac.be) ; [Yannick.Levecq@ulg.ac.be](mailto:Yannick.Levecq@ulg.ac.be) ; [francois.petit@ulg.ac.be](mailto:francois.petit@ulg.ac.be)

En dynamique fluviale, différentes techniques de marquage sont couramment utilisées dans le but de cerner les critères de mise en mouvement de la charge de fond, de déterminer la compétence des cours d'eau et d'estimer les distances de charriage. Toutefois, ces résultats sont généralement basés sur des mobilisations d'éléments isolés et sur des pas de temps relativement courts. Il est donc difficile d'extrapoler ces données au déplacement de l'ensemble de la charge de fond vu l'existence au sein même du lit mineur de sites de piégeage qui peuvent immobiliser les éléments pendant de très longues périodes.

Une méthode originale a été développée au laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviale (ULg), pour étudier le transport de la charge de fond sur un pas de temps nettement plus long. Cette méthode consiste à utiliser les scories, résidus de la sidérurgie ancienne, comme traceur de la progression de la charge de fond.

Entre 1350 et 1850, environ trois cents établissements sidérurgiques ont été construits à proximité des cours d'eau du massif ardennais de manière à utiliser l'énergie hydraulique pour actionner les soufflets et les marteaux des forges (Houbrechts et Petit, 2004). Lors des différentes étapes de la transformation du minerai de fer en métal, de nombreux déchets contenant les impuretés du minerai étaient produits et étaient ensuite rejetés en grande quantité sur les plaines alluviales. D'après nos estimations, environ 80 m<sup>3</sup> de scories étaient produits annuellement dans un haut fourneau du XVI<sup>e</sup> ou du XVII<sup>e</sup> siècle (Houbrechts, 2005).

Ces résidus, rejetés à proximité des cours d'eau, pouvaient ensuite être emportés lors des crues débordantes, ou par érosion latérale, et se mélanger avec les alluvions naturelles des rivières. À l'heure actuelle, 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 récents en contiennent jusqu'à 20 %.

Les scories, les plus fréquentes dans les alluvions, présentent des couleurs variées (vert bouteille, bleu turquoise, beige, blanc, noir) et sont généralement vacuolaires. Elles se sont formées dans les hauts fourneaux lors de la réduction du minerai de fer et sont principalement constituées de silice provenant de la gangue des matières premières.



Scories vitreuses émoussées prélevées sur un dépôt de la Lembrée

Des scories noires, plus denses que les scories vitreuses, sont également fréquentes dans les alluvions. Ces scories, riches en fer, ont généralement été produites dans des forges d'affinage ou des platineries, usines de transformation de la fonte ou du fer.

Pendant plusieurs siècles, les scories se sont intimement mélangées avec les éléments naturels de la charge de fond et ont progressé conjointement. Nous pouvons donc considérer ces résidus comme un traceur pour analyser le transport de la charge de fond.

Étant donné que les tensions de cisaillement sont plus faibles sur les seuils que dans les mouilles en période de crue, les seuils jouent le rôle de filtre dans la progression des sédiments (Petit, 1987). Les plus grosses scories présentes en surface sur les seuils émergés nous renseignent donc sur la compétence effective des rivières sur une période de plusieurs siècles.

Au cours de notre étude, nous avons analysé le transport des scories dans une vingtaine de cours d'eau du massif ardennais : Aisne, ruisseau du Vieux Fourneau, Lembrée, Somme, Ourthe, Chavanne, Lienne, Ambève, Hoëgne, Wayai, Rulles, Mellier, Claireau, Ruisseau de Grandvoir, Vierre, Semois (en aval de la confluence avec la Vierre), ruisseau des Eploux, Antrogne, ruisseau des Aleines, ruisseau de Saint-Jean et le ruisseau de l'Ours, Eau Noire, Viroin.

Pour ce faire, nous avons mesuré l'axe intermédiaire des dix plus grosses scories ( $M_{10}$ ) présentes sur les seuils des différents rivières et nous avons rassemblé ces mesures sous la forme de graphiques représentant l'évolution longitudinale de la taille des scories récoltées. L'analyse de ces courbes fournit un nombre utile d'informations relatives au transport de la charge de fond.

Les sites d'injection de scories se remarquent par une augmentation importante de la taille des scories d'amont en aval. Les scories qui n'ont jamais été mobilisées et qui se trouvent toujours sur les sites d'injection nous renseignent sur la taille maximale des éléments transportés depuis l'apparition de l'activité métallurgique.

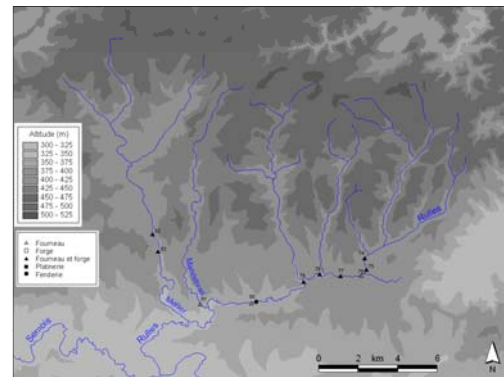
En aval des sites d'injection, il s'opère systématiquement une décroissance de la taille moyenne des scories, suivie d'une stabilisation (secteur de palier).

Les secteurs de tri hydraulique consistent en une décroissance granulométrique vers l'aval, due à une mobilisation moins fréquente des scories de taille importante. Ce secteur nous renseigne donc sur la vitesse de progression des éléments les plus grossiers de la charge de fond. La distance sur laquelle s'opèrent ces tris varie d'une rivière à l'autre. Toutefois, lorsqu'un tri hydraulique n'est pas masqué par la présence d'un site d'injection trop proche, nous pouvons considérer qu'il se présente sur une distance comprise entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres.

En aval des secteurs de tri hydraulique, nous observons systématiquement une stabilisation de la taille des scories. Ces secteurs de taille constante témoignent des compétences effectives développées par les rivières. Lorsque les sites d'injection ne sont pas trop rapprochés, les secteurs de palier peuvent se prolonger sur plusieurs kilomètres. Malgré ces distances importantes, la taille moyenne des scories varie relativement peu entre sites (variations de l'ordre du cm).

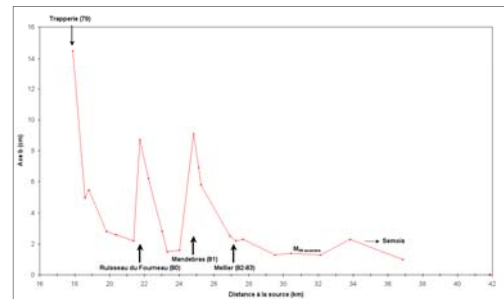
Les scories constituent un excellent traceur pour estimer la vitesse de propagation de la charge de fond. D'une part, depuis plusieurs siècles, elles sont soumises aux mêmes conditions hydrologiques et de piégeage que les éléments naturels de la charge de fond. D'autre part, étant donné le nombre considérable de scories injectées dans les rivières, celles-ci se propagent en quelque sorte comme une « vague sédimentaire » présentant à l'aval un front de progression. La localisation du front de progression permet alors de connaître la distance maximale parcourue par les scories depuis le site d'injection. Il est ensuite possible de calculer la vitesse de propagation des scories, à condition de dater le début de l'activité sidérurgique.

## Exemple : La Rulles



Sites sidérurgiques du bassin de la Rulles

L'étude du transport des macroscoires dans la Rulles fait suite au travail de Sluse (1996). Au total, seize seuils avaient été prospectés, le long de la Rulles et de la Semois. Lorsque nous avons repris l'étude de cette rivière, nous avons constaté que le graphique présenté à l'époque ne renseignait pas sur la taille des scories au niveau des différentes injections et que, faute de points intermédiaires, il ne permettait pas de cerner l'allure précise des tris hydrauliques. Des prélèvements ciblés ont donc été réalisés afin de compléter la courbe d'évolution



Évolution longitudinale de la taille des scories dans la Rulles et la Semois

Avant de présenter les résultats de ce graphique, il importe de préciser que cinq sites sidérurgiques ont fonctionné sur la Rulles en amont du site de la Trapperie. Toutefois, d'importants barrages, liés à l'activité sidérurgique, ont été aménagés en amont de ce site et stoppent le transit de la charge de fond. Les scories prélevées en aval de la Trapperie ne peuvent donc pas provenir de l'amont.

L'injection du site de la Trapperie se situe juste en aval de la digue de retenue. Des scories de taille importante ( $M_{10\text{scories}} = 14,5 \text{ cm}$ ) tapissent le lit de la rivière. En aval, nous constatons que la taille des scories décroît rapidement sur une distance de 1,9 km, puis qu'elle se stabilise entre 2,8 et 2,2 cm.

L'injection suivante se situe à la confluence avec le ruisseau du Fourneau. Comme nous pouvons le constater, la taille des scories au niveau de cette injection est inférieure à celle de l'injection de la Trapperie, ce qui s'explique par le fait que le ruisseau du Fourneau a déjà effectué un tri, depuis le site sidérurgique situé 200 m en amont de la confluence.

En aval de ce secteur de tri, dont l'allure est relativement similaire à celle de la Trapperie, nous constatons que le secteur de palier, dont la taille est de 1,5 cm, est tronqué suite à la présence d'une nouvelle injection, au niveau de la confluence avec la Mandebras. Il est intéressant de constater que la taille des scories injectées par cet affluent est du même ordre de grandeur que celle observée au niveau de la confluence avec le ruisseau du Fourneau. Le crassier responsable de l'injection dans la Mandebras a été localisé 550 m en amont de la confluence. À cet endroit, des loupes de fer de plus de 50 cm de diamètre ont été retrouvées dans le lit de la rivière.

L'allure de la courbe, dans le secteur de tri situé en aval de l'injection de la Mandebras, n'est pas correctement définie. Il n'a malheureusement pas été possible de prospecter des seuils émergés dans ce tronçon.

Nous constatons ensuite que la taille des scories dans la Rulles n'est pas influencée par l'injection de scories provenant de la Mellier, certainement en raison de l'éloignement des deux sites sidérurgiques installés sur cette rivière. Un secteur de palier, dont la taille est de 1,6 cm, a été identifié par Sluse et Petit (1998) en aval de la forge de Mellier-Bas.

En aval de la confluence avec la Mellier, nous observons un secteur de palier, relativement long, dans lequel la taille des scories ( $M_{10}$ ) est comprise entre 2,3 et 1,3 cm.

Au niveau du dernier site prospecté (km 41,9), aucune scorie n'a été retrouvée. Le front de progression des macroscoires se situe donc entre 12 et 17 km en aval de l'injection la plus proche (site 81). La vitesse moyenne de progression des macroscoires, depuis l'apparition de l'activité sidérurgique (1617), est donc comprise entre 3,3 et 4,4 km/siècle.