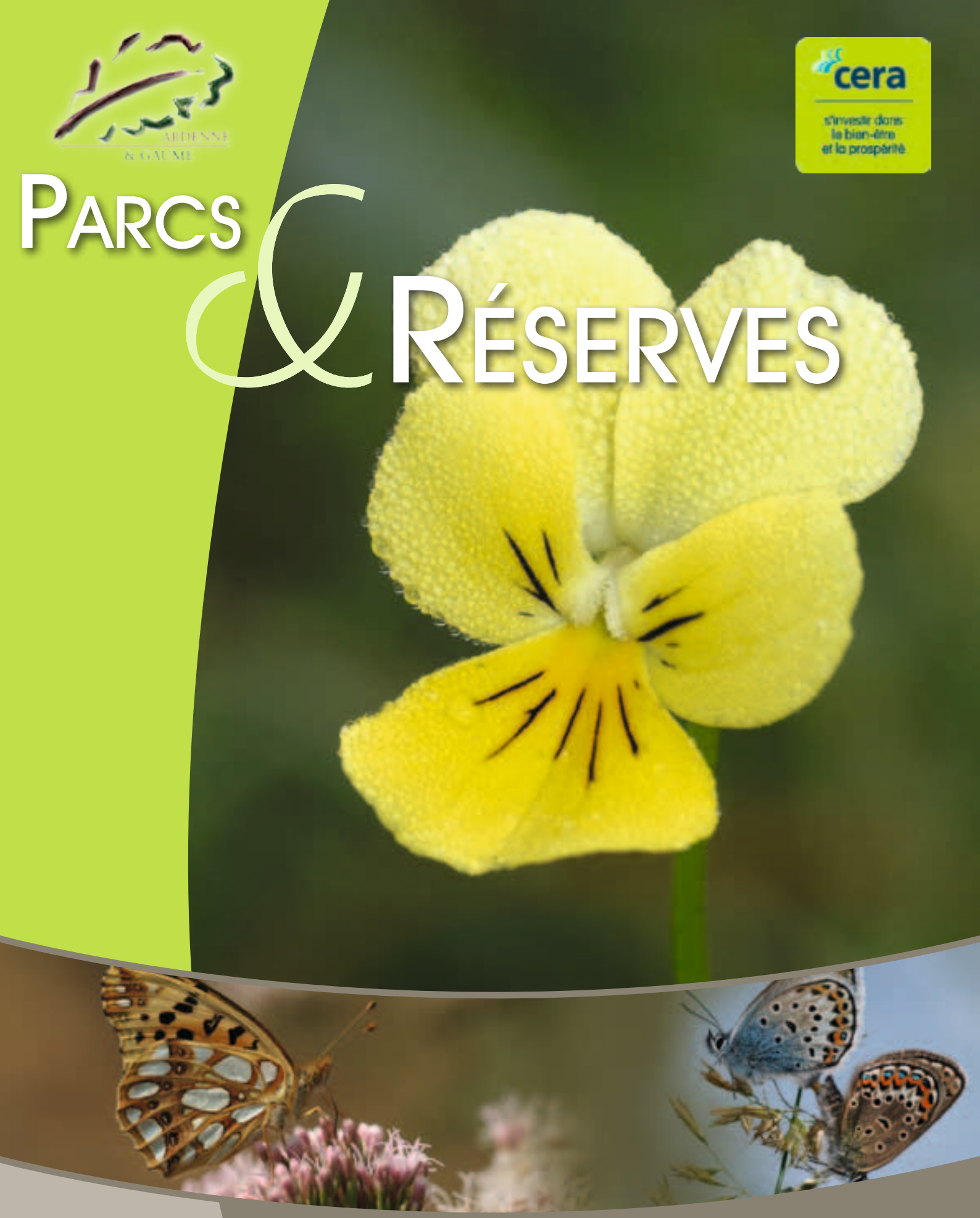
ARDENNE & GAUME

cera
s'investit dans le bien-être et la prospérité

PARCS & RÉSERVES



Les pelouses calaminaires

Volume 66
Fascicule 3

Revue trimestrielle de conservation de la nature
et de gestion durable d'Ardenne et Gaume • 3e trimestre 2011

Certifié PEFC

Ce papier est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.

www.pefc.org

PARC & RESERVES

(anciennement Parcs Nationaux)
Volume 66, fascicule 3, 2011
Revue éditée par ARDENNE&GAUME a.s.b.l. avec l'aide du Ministre des Travaux publics, de l'Agriculture, de la Ruralité, de la Nature, de la Forêt et du Patrimoine de la Région wallonne, Benoît LUTGEN, la collaboration des milieux scientifiques et universitaires et d'associations de protection de la nature.

EDITEUR RESPONSABLE :
Willy DELVINGT
Chemin de Potisseau, 124
5100 Wépion

COMITE DE LECTURE :
MM Philippe LEBRUN, Louis-Marie DELESCAILLE et Cédric VERMEULEN

SECRETARIAT DE LA REVUE :
Willy Delvingt
Chemin de Potisseau, 124
5100 Wépion
Les articles signés n'engagent que les auteurs. Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La reproduction des articles n'est autorisée qu'avec l'assentiment du Comité de Direction d'ARDENNE & GAUME.

Site internet :
www.ardenne-et-gaume.be

© ARDENNE & GAUME a.s.b.l.
Viroinval (Belgique)

Sommaire

L'essor de l'industrie belge du zinc (1800-1880) 4
Par Arnaud PETERS

Restauration du tapis végétal calaminaire par étrépage sur les anciens sites miniers de Theux et de Plombières 12
par Jean-François HERMANNS et Damien ERTZ

Stratégies de conservation de la diversité végétale des sites métallifères : les enseignements de l'écologie des populations de *Viola calaminaria.* 19
Grégory MAHY, Michel Pierre FAUCON et Jean - Philippe BIZOUX

Onze ans de suivi des lépidoptères rhopalocères de la réserve naturelle de l'ancien site minier de Plombières 24
par Damien ERTZ

Chorologie des métallophytes calaminaires dans le Compendium Florae Belgicae : une référence ancienne qui nous touche au cœur ! 28
par J.F. HERMANNS

Distomatose à *Leucochloridium paradoxum* chez l'escargot *Succinea putris* 30
Une observation dans la Réserve naturelle de Plombières
par Jean-François. HERMANNS et Damien ERTZ

photo © www.sxc.hu

POUR S'ABONNER

versez 20 € au CCP n°000-169593-37,
IBAN BE35 0000 1695 9337,
BIC BPOT BE B1 d'Ardenne et Gaume
pour plus de détails, voyez la couverture de dos.

D./20050146/3-2005
ISSN 1370-6322

- Rédacteur en chef : W. DELVINGT
- Mise en page : IMPRIBEAU (www.impribeau.be)
- Photos de couverture :
  En haut : Violaria calaminaria par A. Gillon
  En bas : Isoria lathonia et Plebeius argus par A. Gillon
- Photo dos : *Steppe calaminaire au Rocheux par J.F. Hermanns*
- Imprimerie : IMPRIBEAU (www.impribeau.be)

Edito

Depuis plus de trente ans, ARDENNE et GAUME s'investit dans les vallées de la Gueule et de la Vesdre pour y protéger les milieux calaminaires, milieux bien connus des scientifiques pour leurs plantes rares et leurs associations végétales et animales inédites.

Bien que peu nombreux en Wallonie et de faible superficie (quelques ares à quelques hectares), les sites calaminaires subissent d'importantes pressions liées aux activités humaines. D'origine naturelle, ils étaient au cœur des exploitations industrielles liées à l'extraction du zinc et du plomb. Mais à l'arrêt de ces dernières, les sites calaminaires n'ont plus été considérés que comme des terrains pollués, des crassiers. L'urbanisation galopante et l'assainissement des anciennes friches industrielles ont alors pris le dessus, contribuant à une réduction drastique de leur superficie et accentuant encore un peu plus l'isolement de ces milieux exceptionnels.

Grâce à l'action conjointe d'ARDENNE et GAUME et de diverses organisations locales, plusieurs sites majeurs ont pu être conservés. Cinq sites calaminaires ont ainsi été érigés en Réserves Naturelles pour une superficie totale de près de 20 hectares. Dès son implication au début des années quatre-vingt, ARDENNE et GAUME a cherché à contribuer à une meilleure compréhension de l'écosystème calaminaire, et avec l'aide de ses collaborateurs, des techniques de gestion raisonnées et durables (étrépage, pâturage, arrachage et coupe avec exportation, ratissage,) ont pu être développées et testées avec plus ou moins de succès.

En parallèle, ARDENNE et GAUME collabore à de nombreux projets locaux, régionaux et transfrontaliers, ayant directement ou indirectement trait à l'étude et à la gestion des milieux calaminaires. Ses compétences dans ce domaine, et en particulier celles de certains de ses membres, sont reconnues internationalement. Il n'est pas rare que ces derniers soient sollicités pour des conseils de gestion. De plus, par le biais de sa Cellule éducative basée à Plombières, ARDENNE et GAUME contribue activement à la sensibilisation du public. Ateliers, stages, animations scolaires et visites guidées permettent à qui le veut de découvrir des sites d'une nature unique et d'une valeur patrimoniale inestimable.

Fidèle à la philosophie de Parcs et Réserves, ce numéro spécial consacré aux sites calaminaires emmène le lecteur à la découverte de leur nature et de leur histoire. L'excellence de cette revue n'aurait toutefois pas pu voir le jour sans la contribution active des auteurs et de Cera dont le soutien a permis l'impression en couleur de l'intégralité du numéro. ARDENNE et GAUME profite de cet éditorial pour les remercier tous chaleureusement.

Dominique Rosengarten

L'essor de l'industrie belge du zinc (1800-1880)

Par Arnaud PETERS[1] / arnaud.peters@ulg.ac.be

Produit industriellement en Europe dès l'aube du 19ème siècle, le zinc peut être considéré comme un « enfant » de la Révolution industrielle. A la fin des années 1830, N. Briavoinne est témoin de l'essor de cette industrie neuve : « *La Belgique n'est véritablement riche qu'en calamine et en minerai de fer ; c'est donc seulement pour la fabrication du zinc et celle de la fonte et du fer qu'elle peut aspirer à prendre un rang important parmi les peuples producteurs de métaux.* »[2]. La Belgique devient rapidement le principal centre mondial de production du zinc.

Cet essor, que l'on peut situer entre 1800 et 1880, constitue un chapitre remarquable mais relativement méconnu de l'histoire de l'industrialisation en Belgique[3]. Cette contribution envisage d'en présenter les principaux caractères. D'abord, il convient d'évoquer les abondantes ressources minérales dont l'exploitation est très ancienne. Au tout début du 19ème siècle, les premiers lingots de zinc métallique sont coulés dans une fonderie établie dans le quartier de Saint-Léonard, à Liège. Une innovation majeure, à laquelle on donnera le nom de « four liégeois », permet ce développement. Sa mise au point constitue le point de départ d'une longue aventure industrielle.

Des ressources minérales abondantes

La disponibilité et l'abondance de trois ressources fondamentales permirent le développement de l'industrie du zinc en Belgique : (1) le charbon – issu du riche bassin houiller liégeois – utilisé comme combustible, (2) l'argile – extraite dans la région d'Andenne – nécessaire à la fabrication des accessoires des fours à zinc, (3) les minerais zincifères, associés au plomb dans les gîtes métallifères belges. Les premières études scientifiques portant sur ces gîtes plombo-zincifères sont contemporaines de la Révolution industrielle[4]. Au 20ème siècle, de nouveaux travaux en ont défini la typologie et la minéralogie et en ont établi la cartographie[5]. Trois groupes se distinguent :

le synclinorium de Dinant, le moins important d'un point de vue industriel, pénalisé par l'absence de charbon.

- le synclinorium de Namur qui s'étend sur la rive gauche de la Meuse entre Namur et Liège.
- le synclinorium de Verviers, le plus riche, surtout en calamine. Le gisement de l'*Altenberg* (Vieille-Montagne) qui en est le cœur fut considéré comme le plus riche d'Europe.
- L'histoire de l'exploitation de la calamine, dans nos régions, précède de quelques siècles la naissance de l'industrie belge du zinc. Avant le 19ème siècle, l'exploitation est superficielle, concentrée sur les affleurements et non industrielle. Elle ne produit qu'un zinc impur qui constitue une matière première, alliée au cuivre, pour la fabrication du laiton[6]. Les spécialistes font remonter les premières extractions à l'époque romaine[7]. A partir du 10ème siècle, avec l'intense développement dans la région mosane de l'art du laiton, l'exploitation se fait plus importante[8]. Elle se concentre dans le Duché de Limbourg où se trouve le gisement de l'*Altenberg* (Moresnet), mais également dans la vallée de la Meuse, entre Huy et Dinant. La calamine est généralement calcinée sur le lieu de son extraction avant d'être vendue aux « dinandiers ». Au 16ème siècle, d'importantes campagnes de prospection permettent la découverte de nouveaux gisements. Dans l'Est de la Belgique, au 18ème siècle, les Stolbergeois devenus de grands fabricants de laiton exploitent de nombreux gisements. Durant cette longue période pré-industrielle, la Vieille-Montagne connaît une exploitation presque continue. Toutefois, la quantité de minerai extraite ne semble pas avoir été considérable, relativement à la période industrielle[9].

---

1 Département des Sites industriels, Centre d'Histoire des Sciences et des Techniques, Université de Liège, Place Delcour, 17-Bât. L1, 4020 Liège

2 Briavoinne, N., *De l'industrie en Belgique*. Causes de décadence et de prospérité. Sa situation actuelle, Bruxelles, 1839, t. II, p. 280.

3 Le sujet est abordé dans les contributions suivantes : Christophe C.-M., « Les métaux non ferreux », dans Génicot L.-F., Hendrickx J.-P. (éd.), *Wallonie-Bruxelles : berceau de l'industrie sur le continent* européen, Louvain-la-Neuve, 1990, p. 97-114 ; Oris, M., « Un enfant du siècle : la fabrication du zinc », dans Van Der Herten, B., Oris, M., Roegiers, J. (dir.), *La Belgique industrielle en 1850 : deux cents images d'un monde nouveau*, Bruxelles, 1995, p. 225-245 ; Brion, R., Moreau, J.-L., *De la Mine à Mars : la genèse d'Umicore*, Tielt, 2006.

4 Piot M., Muraille M., « Mémoire sur la fabrication du zinc en Belgique », dans *Annales des Mines* (4ème série), t. V, Paris, 1844, p. 165-290 ; Lesoinne A., *Rapport sur les gîtes métallifères d'Engis, Prayon et Verviers*, 18 juin 1844 ; Burat A., *Etude sur les gîtes calaminaires et sur l'industrie du zinc en Belgique*, Paris, 1846 ; Burat A., « De la continuité des gîtes métallifères en profondeur », dans *Annales des Mines*, t. XI,1847 (4ème série), p. 27 et sv. ; etc.

5 *Atlas des gisements plombo-zincifères du synclinorium de Verviers,* Bruxelles, 1993. L'ensemble de la littérature scientifique sur les gîtes plombo-zincifères belges y est renseignée.

6 Halleux R., « La fabrication du laiton », dans Toussaint J. *(éd.), Art du laiton Dinanderie*, Namur, Société archéologique de Namur, 2005, p. 31-36.

7 Halleux R., « La fabrication du laiton … » ; Ladeuze F., Dejonghe L., Pauquet F., « La Vieille-Montagne, l'exploitation minière et la métallurgie du zinc dans l'ancien duché de Limbourg », dans *Bulletin trimestriel du Crédit Communal*, n°178, 1991/4, p. 15-34.

8 L'orfèvrerie du laiton a laissé, on le sait, quelques témoignages remarquables. De grands noms se dégagent : Godefroid de Huy, Hugo d'Oignies, Nicolas de Verdun, Renier de Huy. Voir, entre autres : Halleux R., Xhayet G., (éd.), *Etudes sur les fonts baptismaux de Saint-Barthélemy à Liège*, Liège, Céfal, 2006 ; Toussaint J. *(éd.), Art du laiton …*

9 A propos des quantités de minerais extraites avant l'exploitation industrielle, voir : Gaillard, *Quelques souvenirs sur le Pays de Liège suivis d'un précis statistique du Département de l'Ourthe*, Liège, 1804, p. 53-54 ; « Le gîte de Moresnet », dans *Revue universelle des Mines*, 1876, t. 40, p. 235-239.

Source : Lithographie d'Adolphe Maugendre – vers 1850 (Fonds iconographiques du CHST)

Four liégeois fonctionnant à l'usine de Saint-Léonard (Liège)

A la faveur de l'industrialisation et de la mise en place de nouvelles technologies et infrastructures, les gîtes de zinc vont apparaître comme une « découverte majeure »[10] au 19ème siècle. L'exploitation devient intense et industrielle au sens propre du terme. Dans un premier temps, elle est presque exclusivement concentrée sur le site de la Vieille-Montagne. Dès 1805, Napoléon en octroie la concession au chimiste liégeois Jean-Jacques Dony (1759-1819). Le cahier des charges lui impose de « *faire, sur l'avis du Conseil des mines, les épreuves qui seraient reconnues utiles pour parvenir à réduire à l'aide de fourneaux appropriés la calamine à l'état métallique* » (décret impérial du 21 mars 1805). Il est un des premiers bénéficiaires des nouvelles législations minières promulguées par la France de la Révolution, à laquelle nos régions sont annexées[11]. Cinq années plus tard, dans le cadre de l'application de l'importante loi minière du 21 avril 1810, Dony devient propriétaire immuable de la concession.

L'impulsion de la technologie : le procédé Dony

A cause de son extrême volatilité au contact de l'air - liée à une basse température d'ébullition (environ 1000°) - le zinc n'est pas produit à l'état de métal en Europe avant le 18ème siècle[12]. A partir des années 1740, le premier procédé fonctionnel de distillation réductive est mis au point en Angleterre. La méthode de W. Champion, un industriel du laiton, est basée sur le principe de la distillation *per descensum*. Son invention, inspirée du four de verrerie à creusets, est exploitée dans son usine de la région de Bristol. Très imparfait, surtout sur le plan de l'économie de matières premières, le procédé se heurte du reste à l'absence de débouchés commerciaux[13]. Il eut toutefois pour mérite d'introduire un produit nouveau et d'ouvrir la voie à d'autres procédés. Au tournant des 18ème et 19ème siècles, trois nouveaux procédés sont élaborés :

Le premier est mis au point vers 1799 par Dillinger en Carinthie. Il présente, sous la forme d'un four à réverbère, les mêmes caractéristiques et défauts que le procédé Champion.

- Le second est l'œuvre de Ruberg puis de Freytag en Silésie. Il a pour principe l'horizontalité de vastes creusets appelés moufles.
- Le troisième est inventé par Dony à Liège. L'originalité de ce procédé réside dans la forme et la position de creusets tubulaires presque horizontaux et terminés par des condenseurs où s'opère la distillation réductive.

Les procédés silésien et liégeois, concurrents, connaissent une application internationale et s'inscrivent dans la longue durée. La réussite technologique de Dony survient après de nombreuses années d'expériences stimulées par le cercle de savants liégeois réunis autour du physicien François Villette et d'Henri Delloye[14]. Le soutien d'un pouvoir soucieux de trouver un matériau

10 L'expression est tirée de Burat A., « De la continuité des gîtes métallifères en profondeur … ».

11 A l'origine, la loi du 28 juillet 1791 proclame que les mines sont propriétés de la nation.

12 En Inde, un procédé de métallurgie thermique du zinc existait. L'importation en Europe de zinc métallique indien est attestée.

13 Peu avantageuse, la méthode anglaise, qui, de Bristol, s'était développée au Pays de Galles, sera abandonnée vers 1860. Voir Lodin A., *Métallurgie du zinc*, Paris, Dunod, 1905, p. 224-231.

14 Leur ambition était alors d'améliorer le procédé anglais. Henri-Joseph Delloye se rendit à Britsol. Voir, entre autres, Halleux, R., « Chimistes provinciaux et révolution industrielle : le cas de la Belgique », dans *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 46, n°136, juin 1996, p. 6-22.

de substitution au cuivre et au plomb fut déterminant dans la réussite de l'innovation. En 1810, il obtient, à Paris, un brevet d'invention pour son nouveau système de four. Cette protection juridique lui confère un double monopole pour 15 ans : celui de la production, mais aussi celui de l'extraction[15]. La calamine extraite à Moresnet est acheminée par routes et voies d'eau vers la fonderie que Dony installe, en 1809, au cœur du Faubourg Saint-Léonard à Liège[16].

Le nouveau métal produit dans les fours liégeois doit trouver un marché de débouchés susceptible de financer les nécessaires investissements. Grâce à l'invention, en 1805, par l'anglais Hobson d'un procédé de laminage du zinc, les couvertures de toits constituent le premier débouché. En 1811, Dony recouvre de zinc laminé la collégiale Saint-Barthélemy. Mais, accablé par ses emprunts et les redevances qu'il doit verser à l'Etat français, il se dirige vers la faillite et l'échec commercial[17]. Cependant, les perspectives offertes par sa technologie brevetée semblent prometteuses. Des investisseurs ne tardent pas à se manifester. Au même moment, dans le contexte du Congrès de Vienne – chargé de redessiner la carte de l'Europe au terme des guerres de l'Empire – le gisement de la Vieille-Montagne est l'objet de rivalités nationales. Le traité des Limites signé entre les royaumes de Prusse et des Pays-Bas en 1816 divise l'ancienne mairie de Moresnet en trois parties (Moresnet belge, Moresnet neutre et Neu Moresnet prussien) et morcelle du même coup le gisement[18]. Dony meurt en 1819, au moment où

Carte 1 – Cartographie des usines à zinc vers 1860.

Source © A. Péters

le négociant parisien d'origine bruxelloise François-Dominique Mosselman, qui avait racheté ses parts en deux temps, entrevoit la rentabilisation de son procédé industriel[19].

L'avènement du pôle liégeois du zinc

Vers 1820, Mosselman est à la tête d'une entreprise rentable qui développe l'héritage technologique de Dony. Il emploie près de 300 ouvriers, produit deux tonnes de zinc par an et engrange de premiers bénéfices. Il est considéré comme le fondateur de la grande industrie belge du zinc[20]. Du point de vue commercial, le zinc se montre très concurrentiel face au plomb et au cuivre[21]. En 1825, le brevet Dony, dont Mosselman est devenu cessionnaire, tombe dans le domaine public[22]. Dès la fin du régime hollandais, une série de sociétés anonymes se constituent et obtiennent l'octroi de

15 Le monopole d'extraction qui est délivré à Dony résulte d'une interprétation très stricte – et assez rare – de la législation de 1791 sur les brevets d'invention. Voir, à propos de cette législation : Beltran A., Chauveau S., Galvez-Behar G., *Des brevets et des marques : une histoire de la propriété industrielle*, Paris, 2001.

16 Le charbon est, lui, à portée de main. Il faut alors approximativement trois tonnes de charbon pour faire une tonne de zinc.

17 Dony A., « Le procédé liégeois de fabrication du zinc. Sa genèse et son développement. Les déboires et la faillite de son inventeur, d'après les documents originaux », dans *Bulletin de la Classe des Lettres de l'Académie royale de Belgique*, n°6-9, 1943, Bruxelles, p. 167-242.

18 Cette situation persistera jusqu'au Traité de Versailles qui, en 1919, attribuera l'ensemble à la Belgique.

19 Mosselman (1754-1840) avait fait fortune dans la fourniture de costumes aux armées républicaines puis napoléoniennes.

20 Fremy E., *Encyclopédie chimique*, Paris, Dunod, 1885, p. 2.

21 « *Le zinc a sur le plomb l'avantage d'être plus durable, plus léger et moins cher ; il l'emporte sur le cuivre dans les bains sulfureux en ce qu'il ne se noircit pas et dispense de l'étamage ; employé dans la couverture des édifices, il résiste aussi bien aux diverses causes de détérioration que le cuivre, dont le prix est d'un tiers plus élevé* », Héron de Villefosse, *Rapports fait au jury central de l'exposition des produits de l'industrie française de l'année 1837 sur les objets relatifs à la métallurgie*, Paris, 1828, p. 108.

22 Dony A., « A propos de l'industrie belge du zinc », dans *Annales des Mines de Belgique*, t. XLII, 1941, p. 879-890.

concessions pour une série de gîtes plombo-zincifères. Selon les statistiques officielles, on dénombre, en 1850, 14 mines de plomb, 2 de zinc et 10 pour les deux métaux[23]. En 1860, on passe à 32 concessions de zinc qui pour la plupart contiennent également du plomb et de la pyrite[24]. Elles s'étendent sur 10.130 ha dont 77% se trouvent en Province de Liège. Au milieu du 19ème siècle, Burat écrit à propos des mines belges : « *Aujourd'hui, de nombreux travaux entrepris pour explorer et exploiter les gîtes calaminaires ont atteint leur but et préparé l'avenir* »[25]. Enfin, en 1875, sont exploités : 1 gîte de calamine seule, 11 gîtes de calamine zinc et plomb associé et 28 gîtes de zinc, plomb et pyrite[26].

En 1850, 18 usines à zinc sont répertoriées en Province de Liège[27]. La carte 1 illustre leur implantation dans les vallées de la Meuse, la Vesdre et la Gueule.

Le paysage industriel est bien sûr dominé par la *s.a. des Mines et Fonderies de zinc de la Vieille-Montagne* qui possède la plus grande concession en étendue et en richess. Fondée en 1837 avec le soutien de la Banque de Belgique par les héritiers Mosselman et dotée d'un siège liégeois et d'un autre parisien, elle est considérée comme la première multinationale d'Europe. Il s'agit d'une entreprise intégrée dominant l'ensemble du processus de production dans son secteur[28]. Elle se profile dès l'origine comme le leader européen du zinc à partir de sa création en 1837[29]. La production y est

Source : Lithographie d'Adolphe Maugendre – vers 1850 (Fonds iconographiques du CHST)

Carte générale de la concession de la Vieille-Montagne

alors distribuée sur les sites belges de Saint-Léonard (Liège), Angleur, Moresnet et Tilff mais aussi, dès l'origine, en France et en Angleterre[30]. Au milieu du siècle, elle poursuivra son expansion en absorbant deux sociétés belges (la *s.a. des houillères et fonderies de zinc de Valentin-Cocq* à Hollogne-aux-Pierres, créée en 1846, qui était devenue un véritable sous-traitant, et la *s.a. de la Grande Montagne* à Flône, dont l'origine remonte à 1845) puis étrangères. Cette expansion se réalise sous la conduite de Louis-Alexandre Saint-Paul de Sinçay qui dirige la société de 1846 à 1890.

Les principaux concurrents de ce géant industriel sont :

- La *s.a. de la Nouvelle-Montagne* (1829 puis 1845) qui possède des concessions à Stembert (Verviers), Prayon et Engis et se spécialisera dans la chimie du zinc.
- La *s.a. de Corphalie* dont l'usine est construite dès 1831 et qui deviendra en 1862 la s.a. métallurgique Austro-Belge.
- La *s.a. de Laminne*, du nom de son fondateur, qui installe deux usines à Ampsin et Antheit en 1841 et 1842.
- La *s.a. Compagnie des Mines et Fonderies du Bleyberg* (1846) qui devient en 1852 la *s.a. de Bleyberg-ès-Montzen*.

Dans les fonderies liégeoises, le procédé Dony, particulièrement adapté aux propriétés de la houille liégeoise, est mis en œuvre. Une seule fonderie adopte le procédé silésien. Il s'agit de

23 *Exposé sur la situation du Royaume 1841-1850,* Industrie, Bruxelles, 1852, p. 105-106

24 *Exposé de la situation du Royaume 1851-1860,* Industrie, Bruxelles, 1865

25 Burat A., *Etude sur les gîtes calaminaires …*, p. 6.

26 *Exposé de la situation du Royaume de 1861 à 1875*, t. II, Bruxelles, 1885, p. 662 et sv. La liste des gîtes y est proposée : (1) calamine seule : Vaulx-sous-Olne. (2) calamine, zinc et plomb associés : Barbençon, Solre-Saint-Géry, Nouvelle-Montagne, Membach, Bleyberg, Flône, Ampsin, Corphalie, Silermont, Hanton, Pierreux-Mont. (3) zinc, plomb et pyrite : Welkenraedt, Oneux, Rocheux, Theux, Sasserote, Haute-Saurée, Corbeau-Rapeu, Engis, Ben, Sart-à-Seilles, Tramaka, Velaine, Hayes-Monet, Landenne, Andenelle, Sautour, Vodecée, Philippeville, Lavoir, Lovegnée, Kinkempois, Marche-les-Dames, Pouillon-Fourneau, Bois communal d'Angleur, Héron, Virvin, Dickenbusch, Vieille-Montagne.

27 *Exposé sur la situation du Royaume 1841-1850,* Industrie, Bruxelles, 1852, p. 116.

28 L'article 1er des Statuts de la nouvelle société précise son objet : « 1. L'exploitation des mines de calamine de la Vieille-Montagne, ancien pays de Limbourg. 2. la fabrication et le laminage du zinc dans les usines désignées ci-après. 3. toutes les opérations qui se rattachent à l'exploitation et au commerce du zinc et à la vente des divers produits en provenant ».

29 En 1844, la société est décrite par son principal concurrent comme « *le premier établissement de l'Europe pour la fabrication du zinc, tant sous le rapport de la puissance de la mine de calamine, de la perfection de ses fours, de la grande production à un bas prix de revient, que de son capital et de ses immenses ressources de crédit et d'influence. Ce grand établissement est à la fois dirigé et représenté par des hommes éminemment capables et influents par leur rang social* », *Note du Stolberg* (23 juin 1844) - Archives de la S.A. des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille-Montagne [A.V.M.] (conservées Archives de l'Etat à Liège [A.E.L.]).

30 Au Hon puis à Bray (France) et à Dartford (Angleterre), le zinc brut était acheminé pour être laminé à proximité des clientèles étrangères pour éviter les obstacles douaniers.

Source : Fonds iconographiques du CHST

Vue générale de l'usine de Valentin-Coq (Hollogne-aux-Pierres)

l'usine de Valentin-Cocq à Hollogne-aux-Pierres, rachetée par la *Vieille-Montagne* en 1853. Ce choix du procédé silésien s'explique par la spécialisation du site dans la production de blanc de zinc. Il s'agit d'un oxyde qui se présente sous la forme d'une poudre blanche produite par la combustion des vapeurs de zinc. Dans les années 1840, le peintre parisien E.J. Leclaire en invente un nouveau procédé de production[31]. Du point de vue de la santé publique, le procédé Leclaire recommande la substitution du blanc de zinc au blanc de plomb ou céruse, particulièrement toxique[32]. Par ailleurs, cette amélioration technologique diminue considérablement les coûts de production et semble permettre une production industrielle. La *Vieille-Montagne* s'en chargera en rachetant les brevets Leclaire et en les exploitant d'abord par le biais d'une filiale, la *s.a. du blanc de zinc* (1847-1853), dont l'usine est installée à Bruxelles puis, dès 1853, à *Valentin-Cocq*[33]. Cette dernière usine devient la capitale mondiale de la production du blanc de zinc. Dans le domaine de la chimie naissante du zinc, ce transfert de technologie s'avère décisif.

L'amélioration de la technologie du four liégeois

Le four liégeois fait l'objet, durant l'ensemble du 19ème siècle, de nombreux perfectionnements et adaptations[34]. L'étude des brevets d'invention combinée aux archives de la *Vieille-Montagne* permet d'appréhender les principaux problèmes techniques que génère la technologie en place[35].

La question de la résistance des creusets mobilise les ingénieurs[36]. Plusieurs brevets concernant des fours présentent de nouvelles formes de creusets ou de nouvelles compositions[37]. En

31 Dans le procédé Leclaire, l'oxydation s'opère, dans un four de type silésien, par courant d'air à la sortie des cornues désormais ouvertes d'un seul côté. Les procédés antérieurs prévoyaient d'oxyder les gaz à l'intérieur des cornues, ouvertes des deux côtés. Voir Barruel, G., *Traité de chimie technique appliquée aux arts et à l'industrie*, Paris, Firmin Didot frères, 1857, p. 80 et suiv.

32 Dès l'Exposition Universelle de Paris de 1855, un hommage lui sera rendu au nom de « l'immense mérite de ses inventions et son intérêt majeur en terme d'hygiène publique », voir *Exposition Universelle de Paris, Rapports du Jury mixte international publiés sous la direction de S.A.I. le Prince Napoléon*, t. I, Paris, Imprimerie Impériale, 1855, p. 598 et suivantes.

33 Péters A., Laloux P.-O., « Adolphe Stoclet et l'introduction du procédé Leclaire en Belgique (1845-1855) », dans Eck, J.-F., Tilly, P. (éd.), *Innovations et transferts de technologie en Europe du Nord-Ouest aux XIXe et XXe siècles – Colloque de Lille, 11 et 12 octobre 2010,* Bruxelles, PIE – Peter Lang, 2011, p. 179-194.

34 Peters A., « Le savoir technique et sa circulation à travers les brevets d'invention. Le cas des métaux non-ferreux (1830-1854) », dans Congrès de Namur. Actes, Namur, 28-31.VIII.2008, Namur, Presses universitaires de Namur, 2011, p. 519-529.

35 Péters A., de Favereau C., « Vers une histoire du système belge des brevets au 19ème siècle », dans Eck, J.-F., Tilly, P. (éd.), *Innovations et transferts de technologie en Europe du Nord-Ouest aux XIXe et XXe siècles – Colloque de Lille, 11 et 12 octobre 2010,* Bruxelles, PIE – Peter Lang, 2011, p. 53-67.

36 « La fabrication, à Liège, Angleur et Moresnet, pêche par un bris de creusets trop considérable et par la forme des fours. A Angleur, la casse des creusets a été de 150 par 24 heures. A Liège, où l'on s'occupe davantage des précautions à prendre, on n'en a cassé en 24 heures que 58 en un jour que je m'y trouvais, et souvent l'on est au-dessus de ce nombre. A Moresnet, chaque four casse trois ou quatre creusets en 24 heures », Quéno B., « Note sur les gîtes de calamine de la Vieille Montagne, à Moresnet et Welkenraedt, et sur la fabrication du zinc à Angleur et à Liège (année 1846) » - A.V.M. (A.E.L.).

37 Voir, entre autres : brevet Williams du 13 septembre 1847, « Pour un four à réduire le zinc avec appareil de condensation » ; brevet Saint-Paul de Sinçay du 26 octobre 1853, « Pour un four à réduire le minerai de zinc ».

Source : Etude d'incidence de 1854, Fonds iconographiques du CHST

Implantation (avec dispersion des fumées) de l'usine à zinc du Faubourg Saint-Léonard (Liège)

1845, un brevet est consacré à une presse mécanique servant à la fabrication des creusets[38]. En entreprise, également, de nombreuses expérimentations internes visent à remédier à cette préoccupation[39]. L'innovation déterminante, en matière de résistance des creusets, sera toutefois la presse hydraulique de Dor qui s'impose à partir de 1872[40].

- Une autre difficulté réside dans le caractère discontinu de la marche des fours (24 heures). L'opération de décrassage-remplissage des creusets, en plus d'être particulièrement nocive, était longue et fastidieuse. Des recherches intenses sont menées pour réaliser dans un haut-fourneau la réduction directe du minerai de zinc. Les premiers brevets en la matière datent de 1839-1840[41]. La *Vieille-Montagne* s'est, elle aussi, intéressée à un possible transfert de cette technologie vers l'industrie du zinc[42]. À Liège, le stade de l'expérimentation, illustré par ces brevets, est même dépassé puisqu'une usine met en place deux fours à cuve destinés à la réduction directe selon le procédé Lesoinne[43]. Toutefois, ces recherches n'aboutiront pas et le four liégeois se maintiendra. Dans les années 1920, on parvient à appliquer industriellement, dans une fonderie anglaise, la réduction

38 Brevet Behr du 30 janvier 1845, « Pour une presse servant à fabriquer des creusets à zinc, à cuivre, etc. ».

39 On y est d'autant plus résolus à trouver une parade technique que la concurrence silésienne se distingue par l'économie de ses moufles, moins remplies « *C'est en effet l'économie de creusets qui est le principal avantage du procédé silésien. A Stolberg, on emploie de grands creusets auxquels on a donné le nom de moufles, on les remplit moins, mais ils résistent mieux : il n'est pas sans importance d'apprécier l'avantage dont se targuent nos rivaux.* » De Brouckère Ch., « Rapports sur la production du zinc brut en Belgique et dans les Provinces rhénanes (24 août 1842) » - A.V.M. (A.E.L.).

40 Prost E., *Métallurgie des métaux autres que le fer,* Paris-Liège, 1924, p. 96 et suiv.

41 Brevet Harisson-Grey-Dyar du 6 juin 1839 « Pour une nouvelle méthode d'extraire le zinc du minerai, ou pour des perfectionnements apportés à cette extraction » et Brevet Ritchie du 28 décembre 1840 « Pour des perfectionnements dans la manière d'obtenir du zinc ».

42 Cossigny, « Rapport sur le traitement direct des minerais de zinc (23 juillet 1846) » ou Brixhe E., « Rapport sur le traitement des matières zincifères au haut-fourneau » - A.V.M. (A.E.L.).

43 Brevet Lesoinne du 25 mars 1850 « Pour un système d'extraction du zinc métallique des minerais zincifères quelconques ». A propos de ce brevet : « Personne n'a pris autant de soin que M. Lesoinne, la peine de bien doser les charges, de bien analyser les minerais, cependant il y a sans cesse des engorgements dans l'appareil. », Lenor J., « Rapport sur les brevets d'invention sur la fabrication du zinc, 25 avril 1852 » - A.V.M. (A.E.L.). Sur l'usine de Jemeppe-sur-Meuse, dont l'existence fut vraisemblablement très éphémère, voir, l'arrêté royal du 4 décembre 1854 autorisant la société des Grands-Makets à exploiter une usine destinée à la réduction des minerais zincifères.

Source : Lithographie issue de l'Album La Belgique industrielle - VAN DER HERTEN, B., ORIS, M., ROEGIERS, J. (dir.), La Belgique industrielle en 1850 : deux cents images d'un monde nouveau, Bruxelles, 1995.

Usine à zinc de Flône

directe du zinc dans un haut-fourneau. C'est le procédé *Imperial Smelting* qui ne sera pas adopté en Belgique[44].

- La raréfaction de la calamine nécessite une adaptation de la technologie à la blende, l'autre minerai de zinc disponible dans les gîtes belges. En 1840, un premier brevet portant sur le traitement spécifique de la blende, qu'il s'agit de désulfuriser, apparaît[45]. En parallèle, on observe la mise au point et la généralisation, dans l'usine de la *s.a. de Corphalie* d'un procédé, non protégé, de grillage de la blende au four à cuve[46]. En 1845, le premier brevet belge décrivant la production d'acide sulfurique à partir du soufre récupéré au moment du grillage de la blende fait son apparition[47]. On se trouve ici à l'origine du développement d'une chimie des métaux non ferreux qui s'épanouira durant la seconde Révolution Industrielle. La société de la *Nouvelle-Montagne*, dans son usine d'Engis, près de Liège, sera le premier acteur de cette transition[48].
- Enfin, les nuisances générées par les fours à zinc vont progressivement être envisagées comme un problème technique à part entière. Dans le procédé liégeois, deux opérations causent des nuisances spécifiques : le grillage de la blende dont il vient d'être question et la réduction thermique du zinc qui entraîne une pollution atmosphérique chargée en métaux lourds (zinc, mais surtout plomb, cadmium, arsenic, contenus dans les minerais). En 1846, dans le cadre d'une enquête publique sur la salubrité des établissements industriels on évoque « *l'aspect lugubre qui entoure ces établissements* [et qui] *ferait supposer qu'ils compromettent gravement la vie des hommes qui sont exposés aux mêmes émanations* »[49]. A partir des années 1840, un intense conflit oppose les industriels du zinc aux riverains d'usines[50]. C'est autour de l'usine de Saint-Léonard, l'usine

44 Du nom de l'Imperial Smelting Corporation, installée à Avonmouth en Angleterre. Le procédé y est mis en œuvre à partir de 1950. Il connaîtra une application internationale.

45 Brevet Ritchie du 28 décembre 1840, « Pour des perfectionnements dans la manière d'obtenir du zinc ».

46 Piot M., Murailhe M., « Mémoire sur la fabrication du zinc en Belgique … », p. 202.

47 Brevet Vallée du 7 mars 1845, « Pour certains perfectionnements propres à l'extraction du zinc et d'autres métaux pour lesquels un brevet d'invention de quinze ans a été accordé en France à l'inventeur, le sieur Le Maire, le 13 mars 1844 ».

48 Jadot P., *Prayon, du zinc à la chimie*, Liège, Céfal, 2007.

49 Enquête sur la condition des classes ouvrières et sur le travail des enfants, t. 3, Bruxelles, 1846-1848, p. 530. Sur la nocivité des émanations industrielles, le discours hygiéniste se construit à partir des années 1850 en Belgique. La crise de la pomme de terre, attribuée aux usines chimiques (production de soude, entre autres) de la vallée de la Sambre (entre Namur et Charleroi), est à l'origine de ces premières études : Boens, H., *Etude hygiénique sur l'influence que les établissements industriels exercent sur les plantes et sur les animaux qui vivent dans leur voisinage ou examen des dommages qui sont généralement imputés à ces établissements*, Charleroi, 1855. Cet auteur évoque en fin d'ouvrage « l'action chimique des fumées de fonderie de zinc », p. 46 et sv. Voir également, Lambotte, H., *Etablissements de produits chimiques. Considérations sur les émanations qui s'en échappent, sur la manière dont elles se disséminent dans l'atmosphère suivant les conditions météorologiques, et sur la part d'influence qu'elles peuvent exercer sur les êtres exposés à leur action*, Bruxelles, 1855 ; Peeters, L., *Guérison radicale de la maladie des pommes de terre et d'autres végétaux*, Namur 1855, etc.

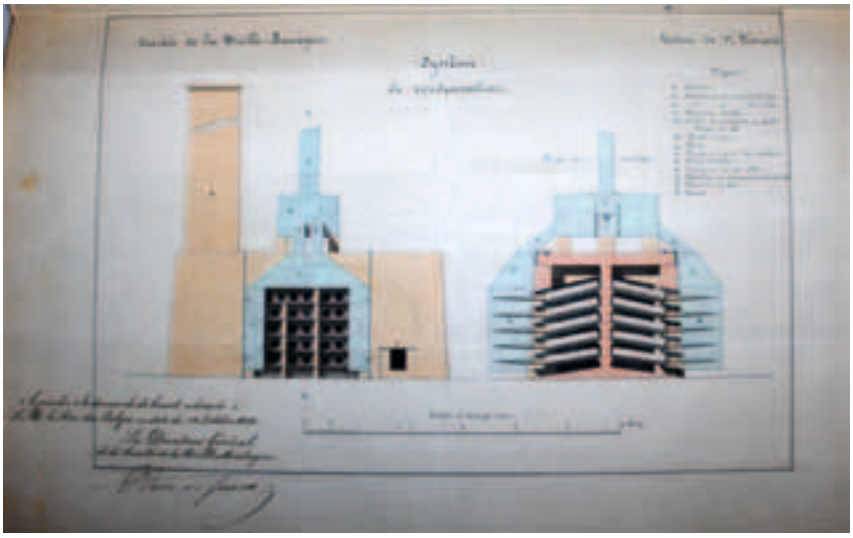
50 Péters A., « L'essor de l'industrie du zinc et la prise en compte de l'environnement », dans Parmentier I. (dir.), *La recherche en histoire de l'environnement : Belgique, Luxembourg, Congo, Rwanda, Burundi, Actes PREBel, Namur, décembre 2008*, Namur, Presses Universitaires de Namur, 2010, p. 159-174.

historique de Dony, que ce conflit se fera le plus intense entraînant la *Vieille-Montagne* à en décider la fermeture en 1880.

Dans ce contexte, l'administration impose des normes techniques dans les arrêtés autorisant l'implantation d'usines à zinc[51]. A la *Vieille-Montagne*, des recherches sont consenties, surtout à partir des années 1840, pour diminuer les nuisances liées aux fumées[52]. À Moresnet, on expérimente, puis adopte une cheminée commune à plusieurs massifs de fours avec appareil condensateur[53]. D'après les essais, le nouvel équipement concilie meilleur rendement et diminution des nuisances (meilleur tirage des massifs de fours, possibilité d'élargir leur taille, condensation des poussières et vapeurs). A Flône, on érige une cheminée de grande dimension sur le sommet du versant pour y déplacer les émanations liées au grillage de la blende. On y réalise également, comme à l'usine de Laminne à Ampsin, le filtrage des fumées nocives dans les schistes des anciennes alunières voisines[54]. Enfin, le 28 octobre 1853, la *Vieille-Montagne* prend un brevet *Pour un appareil condensateur des vapeurs de zinc* dont l'objectif est le suivant : « *retenir la plus grande partie des poussières qui s'échappent par la devanture des fours à zinc et condenser partiellement les fumées zincifères qui se répandent dans l'atmosphère* ».

Vers l'essor du secteur belge des métaux non ferreux

En 1884, le gisement de la Vieille-Montagne est épuisé. Si d'autres gisements de la région seront exploités jusqu'à la veille du second conflit mondial, les fonderies belges importeront, dès la fin du 19ème siècle, l'essentiel de leurs minerais de zinc via le port d'Anvers. Progressivement, les industriels du zinc quittent le berceau historique liégeois au profit de la Campine, région rurale, desservie par un réseau de canaux reliés à Anvers et située à proximité immédiate du bassin houiller du Limbourg. La *Vieille-Montagne* initie ce mouvement en construisant à Balen, en 1889, une nouvelle usine moderne[55]. Parallèlement, la récupération progressive des sous-produits issus des gangues de minerais (plomb, cadmium, arsenic, cuivre, mercure, etc.) diversifie la production. On assiste à l'essor d'un secteur belge des métaux non-ferreux dont la société *Umicore*, héritière de la *Vieille-Montagne*, est aujourd'hui l'acteur principal.



Brevet Saint-Paul de Sinçay du 28 octobre 1853 pour un appareil condensateur des vapeurs de zinc

Source : Archives de l'Office de Propriété Intellectuelle (SPF Economie)

Le four liégeois sera remplacé progressivement dans les usines belges dans le courant du 20ème siècle par le procédé électrolytique d'origine américaine[56]. La *Vieille-Montagne* est la première à l'importer en Europe, sur son site de Viviez (Aveyron)[57]. Elle en dote sa fonderie de Balen dès les années 1930. Dans le bassin de Liège, le four liégeois sera maintenu jusqu'aux années 1960. La question de l'héritage environnemental de ce procédé qui a fonctionné pendant plus de 150 ans est très actuelle[58]. Quant aux pelouses calaminaires, témoins des effets de la métallurgie thermique du zinc sur la végétation et les sols, elles sont devenues aujourd'hui, clin d'œil de l'histoire, des espaces protégés pour leur flore et leur faune exceptionnelles[59].

51 Voir, par exemple, l'Arrêté ministériel du 8 février 1848 autorisant l'usine d'Engis (société de la Nouvelle-Montagne) qui stipule : « Les fourneaux de réduction pour le zinc devront être munis de chambres de condensation et de rideaux métalliques mobiles, qui, prendant les diverses périodes du travail, devront être disposés de telle sorte qu'ils donnent lieu à un courant d'air dirigé de manière à entraîner toutes les émanations et leurs parties pondéreuses dans les chambres de condensation, dont les cheminées devront avoir quinze mètres de hauteur à partir du sol. […] Les cheminées des fourneaux de réduction devront avoir trente mètres au moins à partir du sol ».

52 « Les plaintes contre nos fabriques de zinc qui paraissent se renouveler périodiquement à certaines époques et qui trouvent de l'appui chez divers fonctionnaires de l'administration des mines m'ont déterminé à tâcher de prévenir l'expansion des fumées de zinc au dehors de nos ateliers, et c'est dans ce but que j'ai rédigé les quelques considérations qui suivent. », Brixhe E., *Rapport sur les moyens de prévenir l'expansion des fumées des fours à réduction*, 22 septembre 1846 – A.V.M. (A.E.L.)

53 Vanscherpenzeel-Thim M., « *Sur la construction d'une cheminée commune aux fours à réduction* », 14 août 1848 ; Braun M., *Rapport sur l'établissement d'une cheminée commune à l'usine de Moresnet*, 22 juillet 1849 – A.V.M. (A.E.L.).

54 Christophe C.-M., « Les métaux non ferreux … », p. 110.

55 D'autres fonderies verront le jour à Hoboken, Boom, Olen, Lommel, Overpelt et Rotem.

56 On passe de la pyrométallurgie du zinc à l'hydrométallurgie par électrolyse.

57 La plus faible qualité du charbon local est un argument décisif pour l'abandon du four liégeois à Viviez.

58 Une étude a mesuré et cartographié pour la première fois, en 2003, à l'échelle de la RW, les teneurs habituelles en éléments traces métalliques. La principale source de contamination de ces derniers étant d'origine atmosphérique. Sonnet P. (coord.), Bock L., Bogaert P., Colinet G., Delcarte E., Delvaux B., Ducarme F., Laroche J., Maesen P., Marcoen J., Wibrin M., *Etablissements et cartographie des teneurs bruits de fond en éléments traces métalliques (ETM) et micro-polluants organiques (MPO) dans les sols de la Région Wallonne, Rapport final du groupe d'étude APP*, UCL, 2003.

59 Il existe une abondante littérature sur ces pelouses calaminaires. Un article récent fait le point sur la question : Graitson E., « Inventaire et caractérisation des sites calaminaires en Région Wallonne », dans *Natura Mosana*, vol. 58, 2005, n°4, p. 83-124.

Restauration du tapis végétal calaminaire par étrépage sur les anciens sites miniers de Theux et de Plombières

par Jean-François Hermanns[1]/ jfhermanns@ulg.ac.be et Damien Ertz[2]/ damien@br.fgov.be

Qu'est-ce que l'étrépage ?

L'étrépage consiste à enlever le tapis herbacé et une partie de l'humus superficiel. Cette opération met en lumière le sol minéral. Ceci donne les conditions favorables au développement de la banque de graines enfouies dans le sol et permet l'installation des associations végétales inféodées aux caractéristiques du substrat pédologique. Cette opération est utilisée pour la restauration des stades pionniers de certains écosystèmes. Le cas le plus classique est la restauration des landes à bruyères qui se sont boisées. Après le déboisement pour mettre en lumière, l'étrépage élimine la matière organique en excès. Les graines en dormance peuvent alors germer et les plantes typiques des landes vont pousser sans être concurrencées par les plantes favorisées par les sols riches en humus végétal.

Depuis quelques années, nous avons entrepris des opérations d'étrépage sur certaines parcelles où la végétation calaminaire était dégradée au Rocheux et à Plombières, deux réserves naturelles gérées par Ardenne et Gaume. Ces deux sites partagent la caractéristique d'être situés sur des affleurements métallifères en place.

Extraction minière et métallurgie au Rocheux et à Plombières

Le site minier du Rocheux à Theux est situé sur un filon métallifère qui résulte du remplissage d'une faille dans le calcaire carbonifère par des intrusions hydrominérales. Le filon s'étend sur 1200 mètres et atteint une profondeur de 80 à 125 mètres. Il a été exploité en surface pendant des siècles et une exploitation en profondeur a eu lieu entre 1848 et 1880. Les minerais de fer (limonite et pyrite) ont constitué 80 % de la production, le minerai de zinc (calamine) 15 % et les minerais de plomb (galène et cérusite) 5 %. L'extraction, le triage et le lavage des minerais ont laissé sur place des dépôts dont la concentration en métaux lourds est élevée. Il n'y a pas eu au Rocheux de four pour la calcination de la calamine ou le grillage des sulfures, ni d'usine métallurgique. La mine du Rocheux a été définitivement fermée en 1880 (Dejonghe et al. 1993).

Photo © J-F Hermanns

Exposition du substrat minéral calaminaire par étrépage (Plombières)

Le site minier et métallurgique de Plombières se trouve à l'extrême nord-est de la Wallonie à quelques kilomètres des frontières avec l'Allemagne et les Pays-Bas. Cette région est caractérisée par la présence de plusieurs gisements très riches en métaux lourds d'où les toponymes de Plombières et La Calamine. Le filon de Plombiéres a été exploité au moins depuis le quatorzième siècle, mais il faudra attendre le 19ème siècle pour que les activités industrielles se développent véritablement sous l'influence des frères Cockerill. L'âge d'or de cette industrie se situe entre 1860 et 1870. On y extrayait la blende, la galène et la calamine et on y traitait des minerais en provenance de l'étranger. L'usine métallurgique a été fermée en 1922, mais ce n'est qu'en 1969 que les activités ont complètement cessé (Dejonghe et al. 1993). C'est sur les vastes déblais laissés par cette exploitation minière et métallurgique qu'à été créée la réserve naturelle de Plombières. Le site est traversé par la Gueule, une rivière dont le cours a été rectifié pour faciliter l'activité extractive.

Ecosystème calaminaire

Au Rocheux et à Plombières, l'écosystème de l'affleurement métallifère naturel s'est réinstallé sur le terrain remodelé par l'industrie. Cet écosystème calaminaire est déterminé par les particularités physico-chimiques du substrat (toxique, calcicole ou silicicole, etc.), par le degré de perméabilité du sol et par les caractéristiques du couvert végétal (absent, steppique, ou à type de pelouses). Les associations végétales calaminaires sont diverses. Ce sont des milieux herbacés dont la composition est relativement stable dans le temps. Certaines populations d'insectes sont liées à ce milieu en raison des exigences de leur cycle vital (microclimat, reproduction, plantes nourricières…).

Cet écosystème est extrêmement sensible à l'amendement organique qui complexifie les métaux lourds présents dans le sol. Ceci modifie les propriétés du substrat donc la spécificité du tapis végétal. Au Rocheux, au cours des décennies qui ont suivi l'arrêt de l'exploitation minière, des remblais divers (dont des déchets ménagers) ont été déposés en divers endroits. Sur ces remblais, le tapis végétal calaminaire est remplacé par une végétation de prairies nitrophiles et par des espèces ligneuses, normalement absentes des pelouses calaminaires. Une autre particularité de la Réserve naturelle du Rocheux est le fait que le couvert végétal actuel est le résultat d'une évolution spontanée qui s'étale sur une longue période (plus de 120 ans !), puisque la mine a été abandonnée

1 Rue de Liège, 29 à B-4800 Verviers
2 Karel Trekelsstraat 26, 1800 Vilvoorde

Installation de métallophytes sur une surface étrépée (Le Rocheux)

vers 1880. Sur les surfaces qui n'ont pas été amendées par l'apport de remblais, les associations végétales calaminaires (calcicoles, silicicoles ou nitrophiles) sont donc à leur stade climacique, c'est à dire que leur composition floristique est stabilisée. Les seuls facteurs d'évolution sont les rares incendies des pelouses à fétuque calaminaire qui provoquent un rajeunissement des pelouses en recyclant à la surface du sol les métaux lourds accumulés dans les feuilles de fétuque. On observe alors une prolifération locale des autres métallophytes strictes (dont la pensée, l'alsine, le silène, le tabouret, le gazon d'Olympe) et de certaines espèces très métallorésistantes (dont la campanule à feuilles rondes). Un autre facteur est le remuage du sol par des animaux comme le blaireau ou les lapins, qui diversifie la composition floristique des pelouses. L'apport de déjections animales et de débris végétaux dont les feuilles provenant des lisières boisées favorise l'apparition dans les pelouses de pseudométallophytes nitrophiles comme le céraiste. A Plombières, en raison du fait que le terrain n'a été abandonné qu'en 1969 par l'activité industrielle, et qu'une partie de la parcelle dévolue à la Réserve naturelle a été remuée sur de vastes surfaces en 1996 lors du terrassement du parc public adjacent, le tapis végétal calaminaire est en phase d'installation sur des vastes surfaces. Le problème de conservation de l'écosystème à Plombières est lié à l'accumulation de la litière en bordure de certaines lisières forestières, ce qui donne un avantage aux espèces nitrophiles et ligneuses par rapport aux espèces de pelouses calaminaires.

A Plombières comme au Rocheux, le fait de racler la couche superficielle du sol pour mettre en lumière le substrat métallifère sous-jacent paraissait donc être une option apte à restaurer le tapis végétal calaminaire.

Réalisation et résultat des opérations d'étrépage

Les premiers essais ont été réalisés au Rocheux. En août 1998, un étrépage à la houe a été réalisé sur quelques mètres carrés. Il s'agissait d'une aire couverte par un épais tapis de fétuque calaminaire, donc une pelouse calaminaire mature, ou sénile. Dès l'année suivante, nous avons vu apparaître sur le site dénudé une association végétale constituée de métallophytes variées et d'autre plantes tolérantes aux métaux lourds. En août 2005, soit sept année après cet étrépage, la liste est la suivante :

Métallophytes strictes

Minuartia verna var. *hercynica* (Alsine calaminaire)
Viola calaminaria (Violette calaminaire)
Thlaspi caerulescens subsp. *calaminare* (Tabouret calaminaire)
Silene vulgaris var. *humilis* (Silène calaminaire)
Armeria maritima subsp. *halleri* (Gazon d'Olympe calaminaire)
Festuca ophioliticola subsp. *calaminaria* (Fétuque calaminaire)

Pseudométallophytes

Campanula rotundifolia (Campanule)
Thymus pulegioïdes (Thym serpolet)

Parasites et hémiparasites

Cuscuta epithymum (Cuscute)
Euphrasia stricta (Euphraise)

Toutes ces plantes restent séparées les unes des autres par des surfaces où le sol est nu. Ce faciès pionnier du tapis végétal calaminaire constitue un biotope favorable pour plusieurs espèces d'insectes dont le petit nacré (*Issoria lathonia*), la cicindèle verte (*Cicindela campestris*) et l'abeille *Colletes cunicularius*. Le sol nu est émaillé de multiples terriers d'hyménoptères. Ces résultats sont durables car la même diversité végétale est toujours présente en 2009 sur la surface étrépée en 1998.

Ces excellents résultats préliminaires ont justifié de nouvelles opérations les années suivantes avec un engin pelleteur lourd fourni par le service des travaux de la commune de Theux. Le 7 février 2005, une parcelle occupée par une friche à fromental a été étrépée sur une longueur de 70 mètres et une largeur de 2 à 4 mètres. Sur une parcelle occupée par une pelouse où prédominait la fétuque calaminaire, la surface étrépée a la forme d'un L dont le segment court longe une lisière boisée et mesure 20 mètres de long sur 2 mètres de large, et le segment long se situe au bord d'un chemin et mesure 40 mètres de long sur 2 ou 3 mètres de large. Le 8 février 2007, une friche nitrophile sur une parcelle remblayée par des déchets ménagers (tessons, cendres, etc.) a été raclée sur une surface d'environ 60 mètres sur 6 mètres. Le 11 mars 2009 un nouvel étrépage a été réalisé dans cette friche pour doubler la surface déjà traitée en février 2007. Au total, à ce jour une surface de presque dix ares a donc été étrépée au Rocheux entre 1998 et 2009.

Les résultats sont différents d'après les sites d'intervention. Lorsque l'étrépage est effectué sur des parcelles où affleure le substrat métallifère, on voit se réinstaller une pelouse calaminaire riche en métallophytes strictes. Lorsque les remblais ont été déposés sur un substrat peu riche en métaux lourds, le raclage donne lieu à

Photo © J-F Hermanns

Colonisation massive par la Pensée calaminaire d'une surface étrépée (Le Rocheux)

l'apparition d'un tapis végétal constitué principalement d'espèces rudérales, calcicoles, ou nitrophiles plus ou moins tolérantes aux métaux lourds : *Picris hieracioïdes, Centaurea jacea, Lotus corniculatum, Genista tinctoria, Cerastium fontanum, Convolvulus arvensis, Campanula rotundifolia, Agrostis sp., etc.* D'après l'aspect de la végétation avant étrépage et l'appréciation de la nature du terrain (substrat calaminaire en place, lisière forestière, terres et déchets apportés..), il est donc possible de prédire le type d'association végétale après les opérations de raclage. Par ailleurs, le retour de la végétation est rapide, et sa composition floristique évolue avec le temps. Un cas intéressant est celui de la petite cuscute (*Cuscuta epithymum*). Cette plante parasite peut apparaître dès l'installation de ses plantes-hôtes sur les surfaces étrépées. Ainsi, nous avons vu au cours de l'été 2006 une cuscute se développer sur une touffe de *Campanula rotundifolia* poussant sur une aire étrépée en février 2005 (Hermanns, 2007).

Ces opérations d'étrépage sont originales car elles n'avaient encore jamais été pratiquées sur des terrains calaminaires et elles ont attiré l'attention de scientifiques spécialisés. Le cas du Rocheux a été débattu lors d'un colloque international consacré aux sites métallicoles à Kelmis les 19 et 20 janvier 2006 (Hermanns, 2006).

A Plombières, une première opération d'étrépage a été réalisée le 25 mars 2010 en rive gauche de la Gueule sur des terrains récemment intégrés dans la réserve naturelle. L'étrépage portait sur une surface d'environ 260 m^2 couverte par un tapis dense de fromental (*Arrhenaterum elatius*) faisant la transition entre un bois de bouleaux verruqueux (*Betula pendula*) et une pelouse calaminaire xérique. La parcelle concernée était dominée à presque 100% par le fromental et ne présentait donc plus d'intérêt floristique et faunistique particulier. Bien qu'aucun relevé précis n'ait été réalisé, force était de constater que le fromental semblait s'étendre d'année en année au détriment de la pelouse calaminaire xérique attenante probablement suite à l'accumulation de litière provenant de la retombée des feuilles de bouleaux chaque automne. L'objectif de l'étrépage sur ce site était double :

1) Reconstituer une pelouse calaminaire qu'on supposait avoir existé au moins sur une partie de cette parcelle, et ayant disparu suite à l'accumulation de litière provenant de la chute des feuilles de bouleaux.

2) Recréer des conditions favorables pour favoriser *Plebejus argus*, une espèce de papillon de jour en danger d'extinction en Belgique. Le site minier de Plombières constitue le dernier site du nord-est de la province de Liège où subsiste une population reproductrice de cette espèce. Ce papillon ayant besoin d'une végétation pionnière pour se maintenir, l'étrépage devrait lui être directement favorable.

Le 10 juillet 2010, les espèces végétales observées sur la parcelle comprenaient déjà des métallophytes strictes (*Viola calaminaria*, *Silene vulgaris* var. *humilis*, *Thlaspi caerulescens* subsp. *calaminare*), des pseudométallophytes (*Campanula rotundifolia*, *Rumex acetosa, Achillea millefolium*, *Cerastium fontanum, Plantago lanceolata, Lotus corniculatus*, *Pimpinella saxifraga*) et des espèces de friche (*Centaurea* gr. *jacea*, *Chaenorrhinum minus*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Galeopsis tetrahit*, *Silene dioica*, *Trifolium repens*, *Hypericum* sp.). Par ailleurs, deux imagos de *Plebejus argus* fréquentaient la parcelle et la présence de leur plante nourricière (*Lotus corniculatus*) laisse supposer que l'espèce profite déjà de l'opération de gestion. En outre, l'étrépage favorise déjà d'autres espèces d'insectes. La parcelle est en effet fréquentée par plusieurs espèces d'orthoptères dont le criquet à ailes bleues (*Oedipoda caerulescens*), une espèce thermophile appréciant les plages de sol nu avec une végétation éparse. En outre, les premières touffes de silène calaminaire accueillent la coccinelle *Subcoccinella 24-punctata* qui s'en nourrit. La présence d'autres plantes suggère aussi un intérêt pour d'autres papillons. Ainsi, *Viola calaminaria* est la plante nourricière par excellence du petit nacré et du petit collier argenté sur le site, *Pimpinella saxifraga* celle du machaon et *Rumex acetosa* celle du cuivré commun.

S'il est encore trop tôt pour se prononcer sur le résultat à long terme de cette première expérience d'étrépage à Plombières, les observations réalisées à peine quatre mois après l'intervention démontrent un effet très positif pour les espèces rares présentes sur le site. Il est probable qu'une partie de la parcelle évoluera vers une pelouse calaminaire typique là où le sol minéral est calaminaire et que le reste évoluera vers une végétation prairiale qu'il faudra faucher ou étréper à nouveau pour maintenir son intérêt biologique dans le futur. Une autre option pourrait être de recouvrir les zones non calaminaires par une couche de terres calaminaires à prélever à proximité. D'autres opérations d'étrépage seront réalisées dans le futur sur le site pour maintenir une diversité des stades de colonisation végétale favorables aux espèces-phares de la réserve naturelle.

Références

Dejonghe L., Ladeuze F., Jans D. (1993). Atlas des gisements plombo-zincifères du synclinorium de Verviers (est de la Belgique). Mém. Expl. Cartes Géol. Min. Belg. 33 : 483 p

Hermanns J.F.(1999) : Rapport de gestion de la Réserve naturelle du Rocheux à Theux - année 1998. Rev. Verv. Hist. Nat. 56/1 : 3 - 5

Hermanns J.F. et Leusch J. (2005) : Etrépage au Rocheux (Theux). Rev. Verv. Hist. Nat. 63/3 :75-82

Hermanns J.F. (2006) : Le Rocheux : characterization and protection of the ecosystem. Rev.Verv. Hist. Nat. 63/2 : 31-34 & International Zinc Flora Congress 2006, Congress outline publication Nouvelle Montagne Society (abstract)

Hermanns J.F. (2007). Les plantes parasitées par la Petite cuscute (*Cuscuta epithymum*) dans les pelouses calaminaires à Theux (Province de Liège, Belgique). Natura Mosana 60/4 : 109-114

Photo © R. Schmetz

Silène enflé calaminaire *(Silene vulgaris humilis)*

Photo © R. Schmetz

Tabouret calaminaire *(Thlaspi caerulescens calaminare)*

Les Réserves Natu
d'Ardenne et

**Cinq Réserves Naturelles e
superficie totale de 19ha 45
propriétés d'Ardenne et Ga
loués aux communes de
Plombières**

Haldes de Site Minier de Plombières

Gestion par l'équipe A&G

Réserve Naturelle de Plombières (Plombières)

Année de création : 1998

11ha 23a 12ca propriétés de la Commune de Plombière (bail à échéance en 2023)

Agréée en partie depuis 2004 (extension en cours d'agrément)

Butte calaminaire du Schmalgraf

Alsine calaminaire *(Mimiartia verna var, Heroynica)*

Réserve Naturelle du Rocheux

Réserve Naturelle du Rocheux (Theux)

Année de création : 1983

3ha 22a 52ca propriété de la Commune de Theux (bail à échéance en 2039)

Agréée depuis 1990

relles calaminaires
Gaume asbl

en Province de Liège d'une
5a 85ca dont 3ha 44a 95ca
aume asbl, 16ha 00a 90ca
e La Calamine, Lontzen,
s et Theux.

Terril de l'Etang du Casino

Etang du Casino

Petit nacré (Issoria lathonia)

Réserve Naturelle Altenberg/Vieille-Montagne (La Calamine)

Année de création : 2006

2ha 86a 25ca propriété d'Ardenne et Gaume

Agréée depuis 2010

Ruines des mines du Schmalgraf

Réserve Naturelle Schmalgraf/Hof Semmel (La Calamine/Lontzen)

Année de création : 2007

58a 70ca propriété d'Ardenne et Gaume et 1ha 13a 86ca propriété de la Commune de Lontzen (bail à échéance en 2034)

Agrément en préparation

Usines et mine de la Vieille Montage

Pensée calaminaire (Viola calammaria)

Réserve Naturelle de la Koul (La Calamine)

Année de création : 1995

41a 40ca propriété de la Commune de La Calamine (bail à échéance en 2024)

Agréée depuis 2004

Visite guidée à la mine de Fossey (Lontzen)

Photo © Vilda

Criquet à ailes bleues *(Oedipida caerulescens)*

Photo © D. Rosengarten

Animation sur le Site minier

Stratégies de conservation de la diversité végétale des sites métallifères : les enseignements de l'écologie des populations de Viola calaminaria.

Grégory MAHY[1]/ g.mahy@ulg.ac.be, Michel Pierre FAUCON[2] / michel-pierre.faucon@lasalle-beauvais.fr,
Jean - Philippe BIZOUX[1] / jean-philippe.bizoux@ulg.ac.be

De tout temps, les botanistes ont été attirés par les environnements extrêmes de par l'originalité des communautés végétales qui s'y développe. Ces environnements peuvent poser des problèmes spécifiques de conservation de leur biodiversité qui demandent de développer des stratégies originales parfois en dehors des sentiers battus. Dans cette synthèse, nous explorons les défis qui se posent pour la conservation de la flore des sites métallifères (voir définition ci-dessous), les stratégies qui peuvent être mises en œuvre et la façon dont la recherche scientifique peut soutenir la mise en place de ces stratégies. Nous développons également l'idée que l'approche traditionnelle de protection de sites remarquables peut être complétée par l'intérêt à porter à des sites anthropiques et à leur contribution à la biodiversité en nous basant sur le cas de *Viola calaminaria*.

Qu'est ce qu'un site métallifère ?

Les sols métallifères présentent des teneurs en métaux lourds extrêmement élevées qui peuvent attendre des milliers de mg/kg (Ernst 1990). On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g/cm^3 ou parfois 4 g/cm^3. Ils sont aussi parfois désignés par l'appellation « éléments traces métalliques ». A des concentrations normales certains sont utiles voire indispensables aux végétaux mais ils deviennent tous toxiques à partir d'un certain seuil de concentrations, le plus souvent relativement faible. Les sols métallifères sont de deux types. Les sols métallifères naturels se développent sur des affleurements de roches métallifères. Les plus répandus à la surface de la terre sont les affleurements serpentiniques riches en nickel, en fer et en magnésium, présents sur tous les continents. Les affleurements de roches ferrifères sont aussi très répandus. On trouve également des affleurements de manganèse, de cuivre, de cobalt, d'or, de zinc, (Faucon 2009). Au cours du temps, le développement des activités minières et la transformation de minerais a dispersé des métaux lourds toxiques et contaminé des surfaces bien plus vastes que celles occupées par les affleurements naturels. De nouveaux types d'habitats métallifères sont ainsi apparus (Bizoux et al. 2004 ; Faucon et al. 2009). Ces sites métallifères d'origine anthropique varient selon la nature du sol existant avant la pollution, la nature du ou des minerais exploités, des procédés industriels. Ils constituent un ensemble très hétérogène.

Photo © J. Piqueray

Viola calaminaria

Métaux lourds et biodiversité.

Les sites métallifères présentent des conditions de stress élevé pour les espèces végétales. Ces conditions de stress recouvrent les teneurs élevées en métaux lourds et d'autres contraintes environnementales telles que la xéricité (sécheresse du sol) ou dans beaucoup de cas un statut nutritif déficient. De plus les sites métallifères sont en général de taille réduite et isolés les uns des autres dans des paysages présentant des concentrations en métaux normales. Les végétaux qui colonisent les affleurements métallifères sont donc soumis à la fois aux effets de la dérive génétique (différenciation génétique par hasard) due à l'isolement géographique des populations et à des pressions de sélection importantes dues à la toxicité des métaux lourds. Ces végétaux peuvent donc subir des processus de microévolution et éventuellement de spéciation qui sont à l'origine de l'existence de taxons (espèces, sous-espèces, variétés) spécialisés adaptés aux concentrations élevées en métaux lourds et endémiques de ces sites. Les végétaux capables de coloniser les sites métallifères sont appelés métallophytes. On distingue en général les métallophytes absolus, pour les taxons strictement limités (endémiques) aux sites métallifères, des pseudométallophytes qui sont présents sur sols métallifères et non métallifères. A l'échelle des écosystèmes, les sites métallifères hébergent des communautés végétales hautement originales liées à la sélection d'espèces spécialisées et à la limite à la dispersion dans les milieux isolés.

A ce titre, la flore et la végétation des sites métallifères présentent un intérêt particulier pour la biodiversité (Whiting et al. 2004) en présentant à la fois des particularités génétiques, spécifiques et écosystèmiques. De plus, de par son aptitude à tolérer et accumuler les métaux lourds, la flore métallicole renferme des ressources phytogénétiques utiles pour le développement de technologies de mitigation des pollutions telles que la phytostabilisation, la restauration écologique, voire la décontamination des sites pollués par les métaux lourds (Whiting et al. 2004). La flore métallicole présente aussi un intérêt scientifique particulier. En effet, les problèmes posés par une telle flore sont multiples. Ils se placent à la fois sur les plans taxonomique (aspects

1 Unité Biodiversité Paysage, Gembloux Agro-Biotech, ULg, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux
2 HydrISE, LaSalle Beauvais, 60026 Beauvais cedex, France

morphologiques, génétiques,), écologique (biodiversité, écotoxicologique), physiologique

Une biodiversité hautement menacée et une stratégie de conservation complexe

L'habitat des métallophytes a été altéré historiquement et est actuellement directement menacé particulièrement par l'extraction minière de surface. Les espèces végétales des affleurements métallifères associées en communautés primaires sont détruites par le remaniement du substrat lors de l'extraction du minerai en surface (Faucon 2009). Hormis les pays industrialisés, peu de pays possèdent une réglementation pour la protection et la conservation de la biodiversité des habitats métallifères primaires (Faucon 2009). D'un point de vue de la conservation de la biodiversité, il serait nécessaire de protéger une proportion significative des gisements métallifères naturels des divers types afin de pouvoir recouvrir la diversité des communautés et des espèces endémique de ces sites. Dans la réalité, cette stratégie est le plus souvent inapplicable soit que la plupart des sites primaires aient été détruits par l'activité minière historique, soit que ces habitats soient sous une pression importante d'exploitation du fait de la demande croissante en ressources minérales des économies émergentes. La conservation de la biodiversité végétale des sites métallifères demande donc de développer des approches originales.

Au delà de la conservation dans des sites protégés, la communauté scientifique s'accorde sur le fait que le moyen le plus efficace d'assurer la survie des metallophytes au sein des concessions minières existantes est de promouvoir leur utilisation dans des techniques de restauration écologique et de réhabilitation de site à la fin de l'exploitation minière (Whiting et al. 2002). De plus, les activités minières peuvent créer de nouveaux habitats métallifères par le stockage des résidus d'exploitation plus ou moins minéralisés aussi bien que par les pollutions aériennes résultant des retombées des usines de traitements (Faucon 2009). Ces habitats présentent une gamme étendue de conditions édaphiques et peuvent être recolonisés par des espèces des habitats ouverts adaptées à la toxicité des métaux lourds (Bizoux et al. 2004 ; 2008 ; Faucon et al. 2009). Plusieurs études récentes ont démontré l'intérêt de tels habitats anthropiques pour la conservation de la flore métallifères ou au moins d'une partie des espèces métallophytes (Faucon et al. 2009). Toutefois, ces habitats sont eux-mêmes souvent menacés du fait de leur réhabilitation pour des raisons de santé humaine ou de reconversion de sites. Dans ces situations, des actions de restauration directe d'habitats métallifères peuvent être nécessaires pour assurer la viabilité des espèces et des communautés végétales typiques de ces milieux. Les sites d'origine anthropique fournissent une situation unique pour évaluer comment les espèces métallicoles peuvent profiter de nouveaux habitats. Ces études apportent de nombreux éléments de compréhension de l'écologie de ces espèces qui aideront les gestionnaires dans les actions de restauration.

Photo © F. Brevers

Végétation calaminaire sur site primaire, Kelmis

Dans une perspective de conservation, il est également impératif de tenir compte de l'histoire évolutive des taxons. De plus en plus, les scientifiques préconisent, pour des groupes taxonomiques complexes, la conservation des processus évolutifs qui génèrent la biodiversité plutôt que la préservation d'un nombre limité de taxons, souvent mal définis (Ennos et al. 2005). Ce principe s'applique très bien au cas des métallophytes qui présentent souvent des adaptations étonnantes résultant de processus évolutifs particuliers. Les plans de gestion de ces espèces devraient donc intégrer les processus évolutifs et écologiques qui sont la base des réponses adaptatives aux changements environnementaux. A cette fin des études portant sur la diversité génétique et la réaction des espèces aux conditions des milieux s'imposent pour appuyer les gestionnaires dans leurs actions.

Les sites Calaminaires en Région Wallonne et le cas de Viola Calaminaria

Les sites calaminaires

En Région Wallonne, les sites métallifères naturels sont essentiellement constitués de sites calaminaires. Les sites calaminaires sont des sites à haute teneur en métaux lourds (Zinc et Plomb essentiellement) dans le sol (Duvigneaud et Saintenoy-Simon 1998). Cette désignation vient de Calamine, nom donné à un minerai de Zinc souvent composé de deux minéraux : un carbonate de zinc ($ZnCO_3$) et un silicate hydraté de zinc ($Zn_4(OH)_2.Si_2O_7$) résultant principalement de l'altération de la Blende (Pahaut 1988). Cette désignation s'applique par extension à tous les milieux renfermant des teneurs élevées en Zinc et en autres métaux lourds (Pb, Cd, Cu) que l'on peut trouver dans le monde. D'après Duvigneaud et Saintenoy-Simon (1996) et Duvigneaud *et al.* (1993), les sites calaminaires peuvent être classés en quatre grands types selon leur origine : 1) Les sites calaminaires primaires constitués des affleurements en place, des

Photo © F. Brevers

Végétation calaminaire sur site secondaire récent formé par des remblais d'exploitation, Angleur

filons ou amas de minerais indépendant des activités humaine ; 2) Les sites calaminaires secondaires constitués des déblais résultant de l'exploitation plus ou moins ancienne, sur place, des mines et des excavations de surface ; 3) Un autre type de sites calaminaires secondaires formé de cendrées et scories résultant de l'activité des usines qui ont traité le minerai pour en extraire le métal ; 4) Les sites calaminaires tertiaires résultant de pollutions atmosphériques dues à l'exploitation industrielle des minerais ayant entraîné l'émission et la dispersion dans l'atmosphère de particules métalliques et de fumées riches en oxydes acides (SO_2, SO_3, NO_2, …) aux abords des usines. Les sites primaires et les sites secondaires anciens se situent tous dans l'est de la province de Liège (entre Liège et Aix-La-Chapelle). A partir de la seconde moitié du XIXème siècle, d'importantes industries du zinc se sont développées à l'écart des zones naturellement minéralisées notamment dans la vallée de la Meuse (entre Liège et Namur) et dans la vallée de la Vesdre (Liège, Prayon, Chaudfontaine). De vastes terrils, remblais et zones polluées de manière atmosphérique en témoignent (Lambinon et Auquier 1964). La flore calaminaire est donc apparue sur un certain nombre d'autres sites, principalement à Liège et dans la vallée de la Vesdre. Les sites calaminaires ont été et sont encore menacés en Région Wallonne malgré le statut de protection NATURA 2000 des végétations calaminaires. Ils sont souvent considérés comme des terrains dangereux pour la santé humaine et les autorités publiques ont été enclines à promouvoir leur réhabilitation. Plusieurs sites ont disparus au cours des dernières décennies et d'autres ont été partiellement altérés par l'extraction, le pâturage, l'amendement, ou la construction d'infrastructures privées ou publiques (Graitson 2006 ; Bizoux et al. 2004). Cette pression a pu amener à une diminution du nombre et de la taille des populations de métallophytes mettant potentiellement en danger leur survie sur le long terme. En 2004, Graitson recense 33 sites calaminaires en Belgique occupant 268 hectares. Les plus grandes superficies de ces sites sont des sites secondaires.

La violette calaminaire comme modèle d'étude

Les sites calaminiares hébergent un certain nombre de taxons endémiques de rangs variés. Les principales métallophytes en Belgique sont *Viola calaminaria* (Gingins) Lej., *Thlaspi caerulescens* subsp. *calaminare* (Lej.) Dvorakova, *Armeria maritima* subsp. *halleri* (Wallr.) Rothm., *Silene vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *humilis* R. Schubert, *Festuca ovina* subsp. *guestfalica* (Boenningh. Ex Reichenb.) K. Richt., *Cochlearia pyrenaica* DC., *Minuartia verna* (L.) Hiern var. *hercynica* (Willk.) Friedrich, *Stereocaulon nanodes* Tuck. (lichen), *Scopelophila cataractae* (Mitt.) Broth. (Bryophyte). Le nombre de pseudométallophytes est plus étendu. Les principaux taxons répandus sur les terrains calaminaires en Région wallonne sont *Agrostis capillaris* L., *Festuca* div. sp., *Rumex acetosa* L., *Campanula rotundifolia* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) Beauv. Ex J. et C. Presl, *Molinia caerulea* (L.) Moench et *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth pour les plantes vasculaires. On note aussi plusieurs bryophytes et de nombreux lichens appartenant principalement aux genres *Cladonia* et *Stereocaulon*. Parmi tous ces taxa, ***Viola calaminaria*** est d'un intérêt particulier. La pensée calaminaire est considérée par les naturalistes belges comme une espèce endémique des sols contaminés en zinc de la région Stolberg-Aix-la-Chapelle-Liège où elle peut constituer des populations importantes. Le rang spécifique de *Viola calaminaria* a régulièrement été remis en questions mais quel que soit le niveau taxonomique, espèce, sous-espèce ou simple écotype, *V. calaminaria* représente une évolution particulière par son adaptation au site calaminaire et nécessite de mettre en place des études pour élaborer une stratégie de conservation. Beaucoup

Photo © F. Brevers

Végétation calaminaire sur site tertiaire récent résultant de pollution atmosphérique, Prayon

de stations de *Viola calaminaria* ne sont apparues que depuis les années 1970. Il semblerait qu'il y ait eu une expansion manifeste de la pensée calaminaire depuis cette époque sur une série de sites récents. Récemment, par contre une dizaine de sites ont été partiellement ou totalement détruits par réhabilitation (Bizoux et al. 2004).

La question de la viabilité des populations ayant colonisé des sites métallifères résultant de la pollution humaine récente est donc de première importance pour la conservation de la violette calaminaire. Depuis 2004, nous avons entrepris une étude approfondie du fonctionnement des populations de *Viola calaminaria*. Ces études comprennent des analyses de la démographie de ces populations, de leur mode et leur succès de reproduction et leur diversité génétique (Bizoux et al . 2004 ; Bizoux et al. 2007 ; Bizoux et al. 2008 ; Bizoux et al. 2011). Vingt-trois populations principales de violette calaminaire ont été recensées en 2003 ce qui représente une occupation de 55 % des sites calaminaires présents en Région Wallonne. Quelques petites populations supplémentaires sont présentes le long de la Vallée de la Geule. Seize de ces populations (70 %) sont présentes sur des sites secondaires récents. La taille des populations est très variable allant de quelques mètres carrés à plus de trois hectares. Les populations récentes sont en moyenne quasi 10 fois plus grandes que les anciennes et elles représentent 89.5 % de la superficie occupée par *V. calaminaria* en Région Wallonne. Ces sites apparaissent donc primordiaux en terme de surface. Mais qu'en est-il pour les autres facteurs importants pour la conservation ?

Dans un premier temps, nous avons étudié les paramètres de base de l'écologie des populations de *V. calaminiria*. Nos résultats montrent clairement que l'espèce est uniquement inféodée aux milieux enrichis en métaux lourds, même dans les sites récents. La gamme de concentrations en Zinc et Plomb dans les sols des sites où *V. calaminaria* est présente est très large mais toujours supérieure aux seuils de phytotoxicité. Il apparaît également que la présence de l'espèce ne semble pas limitée par

Photo © J. Piqueray

Population de viola calaminaria et Armeria maritima subsp. Hatteri, Plombière – site secondaire

des teneurs très élevées en Zinc ou en Plomb. La raison pour laquelle l'espèce est uniquement présente dans de telles conditions édaphiques n'est pas évidente. Il est possible que l'espèce possède un « besoin » minimum en métaux pour se développer ou qu'elle soit simplement exclue des habitats moins marginaux lorsque la compétition avec les autres espèces devient trop importante. Un des éléments intéressant pour la restauration des populations de *V. calaminaria* est sa propension à développer une banque de graines assez importante dans le sol (environ 900 graines/m^2) permettant après étrépage de relancer la dynamique des populations, voire de transférer du sol superficiel d'un site à l'autre pour favoriser la recolonisation de sites restaurés.

Nous avons ensuite mis en relation la taille et l'isolement des populations avec des mesures du succès reproducteur de l'espèce (nombre de graines produites, pourcentage de germination) et avec la diversité génétique. La théorie prédit en effet que dans les petites populations, comptant donc moins d'individus, le succès reproducteur peut être diminué à cause d'une trop forte consanguinité au sein de la population (reproduction entre parents), d'une trop faible diversité des gènes, d'une rupture des interactions avec les pollinisateurs (pas assez de fleurs à offrir par exemple) ou encore parce que la probabilité que tous les individus de la population disparaissent en même temps est plus élevée. Néanmoins, nous n'avons pas observé d'effet de la taille des populations sur la diversité génétique ou sur la production de graines. Le taux de germination est par contre positivement plus important dans les plus grandes populations. Un plus faible taux de germination dans les petites populations pourrait être dû aux effets de la consanguinité et pourrait handicaper l'établissement de populations lors de restauration si le nombre d'individus de départ est faible. L'isolement des populations influence beaucoup plus leur succès. Les populations les plus isolées produisent moins de graines et présentent des taux de germination plus bas. L'isolement semble donc avoir un impact important sur le succès reproducteur de l'espèce. Les populations les plus isolées présentent également les flux de gènes les moins importants avec les autres populations.

Enfin, nous avons comparé les populations se développant sur des sites secondaires ou tertiaires récents à des populations se développant sur des sites primaires ou des sites secondaires anciens. Au niveau génétique, nous avons montré que les sites récents présentaient une diversité génétique similaire aux sites anciens. Aucun effet de fondation n'a donc pu être détecté. Par contre, nous avons montré que les populations récentes présentaient une différenciation génétique inférieure aux populations anciennes. Ces deux constatations suggèrent que les populations récentes se sont formées par

plusieurs événements de colonisation à partir de plusieurs populations sources. Au niveau des deux paramètres du succès reproducteur, les populations récentes montrent des productions de graines et des taux de germinations supérieures aux anciennes populations indiquant la vitalité des populations installées sur les sites secondaires récents et les sites tertiaires et soulignant à nouveau leur intérêt pour la conservation de l'espèce.

En conclusion, les populations de *V. calaminaria* apparaissent viables et l'espèce ne semble pas directement menacée par des facteurs intrinsèques (diversité génétique, succès reproducteur,), tant que son habitat n'est pas détruit. On remarque nettement l'importance des populations récentes en terme de conservation et ce pour l'ensemble des points étudiés. Ces populations doivent donc être intégrées dans la conservation de l'espèce bien qu'elles posent plus de problèmes par rapport à la population humaine parce qu'elles se trouvent dans des zones plus densément peuplées. Les populations anciennes devraient toutes être protégées de façon intégrale, vu les faibles surfaces qu'elles représentent, afin d'éviter de nouvelles destructions car elles sont le patrimoine génétique originel de l'espèce. Des mesures locales devraient être prises pour favoriser le succès reproducteur (taux de germination) dans ces anciennes populations. Nos résultats soulignent également la vitalité de l'espèce dans les habitats les plus récents et sont donc encourageant pour le succès de restauration de nouveaux habitats propices à la violette calaminaire.

De façon générale, les études menées sur les espèces métallicoles incitent à développer des stratégies de conservation qui se basent sur une combinaison de mise sous cloche de quelques zones naturelles remarquables, de prise en compte du potentiel des habitats anthropiques et d'actions offensives de restauration de milieux.

Références

Bizoux J-P., Brevers F., Meerts P., Graitson E. & Mahy G. 2004. Ecology and conservation of Belgian populations of *Viola calaminaria*, a metallophyte with a restricted geographic distribution. *Belgian Journal of Botany*. **137** : 91-104. http ://hdl.handle.net/2268/22166

Bizoux, J.-P., & Mahy, (2007). Within-Population Genetic Structure And Clonal Diversity Of A Threatened Endemic Metallophyte, Viola Calaminaria (American Journal of Botany, (5), 887-895. http ://hdl.handle.net/2268/25071

Bizoux, J.-P., Daïnou, K., Raspe, O., Lutts, S., & Mahy G. (2008). Fitness And Genetic Variation Of Viola Calaminaria, An Endemic Metallophyte : Implications Of Population Structure And History. Plant Biology, (6), 684-693. http ://hdl.handle.net/2268/27708

Bizoux, J.-P., cristofoli, S., Piqueray, J., & (2011). Conservation of an endemic metallophyte species : effect of population history and vegetative density on the reproductive success of Viola calaminaria. Journal for Nature Conservation,, 72-78. http ://hdl.handle.net/2268/69258

Duvigneaud J., Saintenoy-Simon J. & Pauquet F. 1993. Une réserve naturelle d'Ardenne et Gaume : la pelouse calaminaire située au sud du parc communal de Kelmis-La Calamine. *Parcs Nationaux*. **48** : 66-76.

Duvigneaud J. & Saintenoy-Simon J. 1996. Le site calaminaire de Plombières. *Ardenne et Gaume*. **51** : 5-9.

Duvigneaud J. & Saintenoy-Simon J. 1998. Les haldes calaminaires de Plombières province de Liège, Belgique. *Les Naturalistes Belges*. **79** : 24-32.

Ennos R.A., French G.C. & Hollingsworth P.M. 2005. Conserving taxonomic complexity. *Trends in Ecology & Evolution*. **20** : 164-168.

Ernst W.H.O. 1990. Mine vegetation in Europe. pp. 285-300. *In* : Shaw A.J. ed. *Heavy metal tolerance in plants : evolutionary aspects*, CRC Press, Florida.

Faucon, M.P. 2009. Ecologie et biologie de la conservation des métallophytes. Le cas de *Crepidorhopalon perennis* et *C. tenuis* (Scrophulariaceae) des sols cupro-cobaltifères du Katanga. Thèse de doctorat, ULB.

Faucon, MP ; Parmentier, I ; Colinet, G ; Mahy, G ; Luhembwe, MN ; Meerts, P. 2011. May Rare Metallophytes Benefit from Disturbed Soils Following Mining Activity? The Case of the *Crepidorhopalon tenuis* in Katanga (D. R. Congo), *Restoration ecology, 19, 333-343.*

Graitson E. 2006. Inventaire et caractérisation des sites calaminaires en région wallonne. *Natura mosana*. **58**, n°4, 83-124.

Lambinon J. & Auquier P. 1964. La flore et la végétation des terrains calaminaires de la Wallonie septentrionale et de la Rhénanie aixoise. Types chorologiques et groupes écologiques. *Natura mosana*. **16** : 113-130.

Pahaut P. 1988. Au sujet du Rocheux calaminaire. *Revue verviétoise d'histoire naturelle*. **Numéro spécial** : 11-14.

Whiting S.N., Reeves R.D. & Baker A.J.M. 2002. Conserving biodiversity : mining, metallophytes and land reclamation. *Mining Environmental Management*. **10** : 11-16.

Whiting S.N., Reeves R.D., Richards D., Johnson M.S., Cooke J.A., Malaisse F., Paton A., Smith J.A.C., Angle J.S., Chaney R.L., Ginocchio R., Jaffre T., Johns R., McIntyre T., Purvis O.W., Salt D., Schat H., Zhao F.J. & Baker A.J.M. 2004. Research priorities for conservation of metallophyte biodiversity and their potential for restoration and site remediation. *Restoration Ecology*. **12** : 106-116.

Les sites métallifères sont des îles écologiques. Illustration avec un gisement de cuivre portant une végétation de pelouse au sein d'une mer de forêt claire, Katanga / RDC

Photo © J. Lebrun

Onze ans de suivi des lépidoptères rhopalocères de la réserve naturelle de l'ancien site minier de Plombières

par Damien Ertz[1]/ damien.ertz@br.fgov.be

Introduction

L'ancien site minier de Plombières est situé dans le nord-est de la province de Liège, dans la vallée de la Gueule. Il est constitué par d'anciens dépôts des résidus provenant de l'exploitation et de la transformation des minerais de zinc. Ces dépôts ont été colonisés par des plantes strictement liées à ce type de sol et que l'on qualifie dès lors de « calaminaires ». C'est le cas de la pensée calaminaire (*Viola calaminaria*), une plante endémique qui fleurit en abondance surtout entre fin avril et août, avec un pic vers mai-juin. Avec d'autres espèces de plantes rarissimes à l'échelle européenne, elle forme des pelouses calaminaires qui font la réputation internationale de l'ancien site minier de Plombières. La flore du site a été décrite par Voosen (1993), Saintenoy-Simon & Duvigneaud (1996) et Duvigneaud & Saintenoy-Simon (1998). Des espèces calaminaires existent aussi chez les cryptogames comme le lichen *Stereocaulon nanodes* (Lambinon 1964) et la mousse *Scopelophila cataractae* (Sotiaux & De Zuttere (1987). S'il ne semble pas exister d'endémiques calaminaires chez les animaux, les pelouses calaminaires richement fleuries attirent aussi de nombreux insectes rares dont certains sont menacés de disparition en Belgique. C'est ainsi que 245 espèces d'hyménoptères aculéates ont été répertoriés sur l'ancien site minier de Plombières par Lefeber & Petit (1970, 1974). Un grand nombre de ces hyménoptères creusent leur nid dans le sol meuble et sec. Ils profitent de la végétation éparse des sites calaminaires présentant souvent une proportion de sol nu significative.

Suite à la disparition de vastes surfaces de pelouses calaminaires par remblayage de terre arable dans les années 90, une première réserve naturelle de 5 ha a été créée en 1998 par la commune de Plombières, propriétaire du site, et par Ardenne & Gaume à qui la gestion a été confiée. La réserve comprenait alors toutes les pelouses calaminaires subsistant sur la rive droite de la Gueule, une rivière traversant l'ancien site minier.

Photo © D. ERTZ

La pensée calaminaire, plante nourricière des chenilles de Boloria selene et Issoria lathonia

En 2008, la réserve naturelle a été étendue à la rive gauche de la rivière pour permettre à Ardenne & Gaume de gérer la biodiversité de l'ancien site minier dans son ensemble. Le maintien des pelouses calaminaires situées sur la rive gauche de la Gueule était en effet compromis par un reboisement spontané progressif, principalement par des bouleaux. La réserve naturelle couvre ainsi une superficie actuelle de près de 11 hectares. Quelques pelouses calaminaires situées en rive gauche, encore dépourvues de statut de protection, mériteraient d'être intégrées dans la réserve dans le futur.

Ce travail a pour but de décrire la faune des lépidoptères rhopalocères de l'ancien site minier de Plombières sur base d'inventaires réguliers menés depuis 11 ans. La réserve abrite en effet des espèces d'importance patrimoniale (Ertz 1998, 2000 ; Graitson et al. 2005).

Méthodologie

L'ancien site minier de Plombières a été prospecté depuis le milieu des années 90, ce qui a d'abord permis une étude de l'éthologie d'*Issoria lathonia* dans les pelouses calaminaires (Ertz 1998, 2000). Mais ce n'est qu'à partir de 2000 que des relevés exhaustifs et réguliers des lépidoptères rhopalocères ont été réalisés dans le cadre du suivi du plan de gestion biologique de la réserve naturelle agréée et du programme de surveillance de la biodiversité en Wallonie par le Groupe de Travail Lépidoptères créé en janvier 1990 (tableau 1). La réserve naturelle de Plombières a ainsi été prospectée de 2000 à 2010 à raison de deux à cinq visites par an, à l'exception des années 2002 et 2006 pour lesquelles aucun relevé n'a été effectué. Les différents milieux naturels de la réserve naturelle ont été parcourus lors de chaque visite durant une à deux heures et s'effectuant par temps ensoleillé et non ou peu venteux. Le nombre d'individus observés lors d'une visite a été noté pour chaque espèce. Ceci permet d'avoir une idée de l'abondance de chaque espèce à une date précise, données nécessaires pour préciser leur statut et suivre leur évolution sur le long terme. Ils permettront notamment d'évaluer l'impact de la gestion conservatoire actuelle et future.

Résultats et discussion

Au total, 32 espèces ont été répertoriées entre 2000 et 2010, soit une diversité similaire à la réserve naturelle du Rocheux à Theux, un autre site calaminaire ayant fait l'objet d'un suivi des lépidoptères rhopalocères sur une longue période (Ertz 2001). Au vu du tableau 1, la majorité des espèces peuvent être considérées comme régulières dans le site, avec présence de populations reproductrices. Des espèces rares et menacées à l'échelle régionale sont présentes dans la réserve qui constitue parfois leur seul refuge dans la région, voir dans tout le nord-est de la Wallonie. Il s'agit notamment de *Plebeius argus* dont les populations les plus proches sont situées en Allemagne dans la région de Stolberg à une dizaine de

1 Karel Trekelsstraat 26, 1800 Vilvoorde

kilomètres de Plombières (Vorbrüggen 1981). D'autres espèces peuvent être considérées comme visiteuses occasionnelles puisqu'elles n'ont été vues qu'une seule fois. Il s'agit d' *Argynnis aglaja* et de *Brentis ino*, deux espèces de zones humides qui ont été observées respectivement en 2008 et 2004, et d'*Argynnis paphia,* une espèce forestière observée en 2009. *Leptidea sinapis* est apparu ces dernières années et s'observe par individus isolés. Ceci s'inscrit dans une tendance générale de légère extension de l'espèce en Wallonie, peut-être à la faveur du réchauffement climatique (Fichefet et al. 2008). Par contre, d'autres espèces ont disparu du site. Il s'agit de *Coenonympha pamphilus* qui était présent dans les années 90, le dernier individu ayant été observé en 1998. L'espèce est pourtant répandue et abondante en Wallonie, surtout au sud du sillon sambro-mosan. Sa disparition locale est difficilement explicable. *Gonepteryx rhamni* encore abondant sur le site de Plombières dans les années 90, a été observé pour la dernière fois en 2003. L'espèce semble avoir aussi déserté les bois de la région ces dernières années. Pourtant la plante nourricière de la chenille, *Frangula alnus*, est encore abondante sur le site minier de Plombières et dans certains bois de la région. L'espèce serait de moins en moins abondante dans d'autres sites wallons, la cause pouvant être due à une mortalité plus élevée lors d'hivers doux et humides (Fichefet et al. 2008). Notons enfin l'observation d'un individu de *Neozephyrus quercus* le 6 août 2008, une espèce liée aux chênes et qui n'a plus été revue depuis.

Commentaires particuliers :

- *Boloria selene* : une petite population se maintient dans la réserve naturelle. Ce papillon se reproduit dans les zones humides du site où les chenilles se nourrissent de *Viola calaminaria*. L'espèce est encore bien répandue au sud du sillon Sambre-et-Meuse en Wallonie, surtout en Ardenne où les chenilles se nourrissent aux dépens de *Viola palustris*. L'ancien site minier de Plombières semble être la seule localité encore connue de ce papillon dans l'Entre-Vesdre-et-Meuse (Fichefet et al. 2008).
- *Issoria lathonia* : les pelouses calaminaires xériques constituent un milieu de prédilection pour ce papillon en Région Wallonne (Ertz 1998). Le papillon s'observe sur le site durant toute la bonne saison, d'avril à octobre, en 2-3 générations qui se chevauchent. Il n'est pas rare de trouver tous les stades (de l'œuf à l'imago) en fin d'été. Les pelouses calaminaires de Prayon à Trooz abritent la population wallonne la plus importante de cette espèce, évaluée à plus de 1000 individus fin septembre-début octobre 1999 (Ertz & Graitson, 2001).
- *Papilio machaon* : observation régulière de chenilles se nourrissant des feuilles de *Pimpinella saxifraga*, une pseudometallophyte abondante sur le site.
- *Polyommatus semiargus* : espèce abondante sur le site, volant de fin mai à début juillet. Les chenilles se nourrissent probablement de légumineuses du genre *Trifolium*. Des imagos ont été vus pondant dans les inflorescences d'*Armeria maritima* subsp. *halleri* à plusieurs reprises. Les chenilles issues de ces œufs ne semblent pas pouvoir se nourrir d'*Armeria* (deux plantes portant des œufs avaient été reprises en laboratoire pour observation). Le papillon confond peut-être ces inflorescences avec celles de *Trifolium pratense*, plante nourricière probable sur le site.
- *Plebeius argus* : ce lycénide volant en juin-début juillet est de très haute valeur patrimoniale. La population de Plombières est importante, avec souvent plusieurs dizaines d'individus observés lors d'une visite. La chenille se développe aux dépens de *Lotus corniculatus* sur le site, tandis que des espèces de plantes nourricières parfois très différentes sont utilisées ailleurs comme des Ericaceae (*Calluna vulgaris* ou *Erica tetralix*) aux Pays-Bas (Bos et al. 2006). Dans tous les cas, l'espèce affectionne préférentiellement les zones de transition entre la végétation rase et éparse avec plages de sol nu et une végétation plus haute et plus dense. Ainsi, si *Lotus corniculatus* est abondant sur l'ancien site minier de Plombières, le papillon ne semble se reproduire qu'aux dépens des plages à *Lotus corniculatus* présent dans ou à proximité immédiate de la végétation xérique éparse des pelouses calaminaires. Le papillon délaisse donc les vastes plages de lotier existant dans les prairies périphériques non calaminaires du site fréquentées plutôt par *Polyommatus*

Photo © A. GILLON

Issoria lathonia (à gauche) et Boloria selene (à droite) butinant une inflorescence d'eupatoire

Photo© A. GILLON

Couple de Plebeius argus

icarus, un autre lycénide dont la chenille se développe aux dépens du lotier. Une première opération d'étrépage réalisée en 2010 pour maintenir les stades végétaux pionniers devrait être favorable à *Plebeius argus*.

Gestion

La gestion conservatoire consiste actuellement à :

- couper les bouleaux qui ont tendance à envahir certaines pelouses calaminaires surtout en rive gauche de la Gueule.

Photo © D. ERTZ

Les bouleaux qui envahissent les pelouses calaminaires sont coupés par endroits pour maintenir le milieu ouvert

- faire reculer certaines lisières forestières qui ont progressé considérablement ces deux dernières décennies au détriment des friches non ou peu calaminaires qui sont maintenant presque toutes reboisées. Ces dernières offraient un apport important en fleurs nectarifères (*Centaurea*, *Knautia*,…) de grands intérêts pour les papillons.
- faucher les friches non ou peu calaminaires annuellement à raison d'environ 30% de leur superficie dans le but d'empêcher leur reboisement spontané et de favoriser la diversité floristique tout en maintenant des zones refuges hivernales importantes. Ces dernières sont essentielles pour permettre à de nombreux insectes de passer l'hiver. C'est le cas par exemple d'*Anthocharis cardamines* ou de *Papilio machaon* qui passent l'automne et l'hiver sous forme de chrysalides accrochées à des tiges dans la végétation herbacée.
- étréper certaines pelouses calaminaires devenue trop dense pour recréer des surfaces de sol nu et maintenir les stades végétaux pionniers (cf. article dans ce même fascicule).

Bibliographie

Bos F., Bosveld M., Groenendijk D., van Swaay C., Wynhoff I., De Vlinderstichting, 2006. De dagvlinders van Nederland, verspreiding en bescherming (Lepidoptera : Hesperioidea, Papilionoidea. – Nederlandse Fauna 7. Leiden. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey – Nederland.

Duvigneaud J. & Saintenoy-Simon J., 1998. Les haldes calaminaires de Plombières (province de Liège, Belgique). Les Naturalistes Belges 79 : 24-32.

Ertz D., 1998. Le petit nacré (*Issoria lathonia*) sur les terrains calaminaires de l'Est de la Belgique : données nouvelles sur l'écologie, l'éthologie et la chorologie de l'espèce. Réflexion sur la gestion des sites calaminaires et l'impact des lapins. Natura Mosana 51 : 12-24.

Ertz D., 2000. La flore et la faune de quelques sites de grand intérêt biologique dans la vallée de la Gueule (Province de Liège, Belgique). Natura Mosana 53 : 1-18.

Ertz D., 2001. Les lépidoptères rhopalocères des pelouses calcaires et calaminaires de la fenêtre géologique de Theux (Province de Liège, Belgique) : inventaire et données écologiques nouvelles. Natura Mosana 54 : 41-53.

Ertz D. & Graitson E., 2001. Effectifs des populations, répartition et statut du petit nacré, *Issoria lathonia* L., sur les terrains calaminaires du bassin de la Vesdre (province de Liège, Belgique) (*Lepidoptera : Nymphalidae*). Linneana Belgica 18 : 87-92.

Fichefet V., Barbier Y., Baugnée J.-Y., Dufrêne M., Goffart P., Maes D. & Van Dyck H., 2008. Papillon de jour de Wallonie (1985-2007). Publication du Groupe de Travail Lépidoptères Lycaena et du Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole (SPW-DGARNE), Série « Faune – Flore – Habitat » n°4, Gembloux, 320 pp.

Graitson E., San Martin G. & Goffart P., 2005. Intérêt et particularités des haldes calaminaires wallonnes pour l'entomofaune : le cas des Lépidoptères Rhopalocères et des Orthoptères. Notes fauniques de Gembloux 57 : 49-57.

Lambinon J., 1964. *Stereocaulon nanodes* Tuck. en Wallonie et en Rhénanie. Lejeunia, N.S., 27 :8p.

Lefeber V. & Petit J., 1970. Note sur les Hyménoptères Aculéates d'une halde calaminaire. Natuurhist. Maandblad 59 : 128-136.

Lefeber V. & Petit J., 1974. Hymenoptera-Aculeata (Bijen en Wespen) en hun vliegplanten in de halde van Plombières. Natuurhist. Maandblad 63 : 161-163.

Saintenoy-Simon J. & Duvigneaud J., 1996. Le site calaminaire de Plombières (Bleiberg). Parcs et Réserves, 51 : 5-9.

Sotiaux A. & De Zuttere P., 1987. *Scopelophila cataracte* (Mitt.) Broth. (Pottiaceae, Musci) nouveau pour le continent européen en France, en Belgique, aux Pays-Bas et en République fédérale allemande. Le genre *Scopelophila* (Mitt.) Lindb. en Europe. Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 8 : 95-108.

Voosen M., 1993. Vegetations- und Substratanalysen an Schwermetallstandorten in Ostbelgien. Verbreitung – Artenspektrum – Substratbelastung – Gefährdung. Köln, Diplomearbeit im Fach Geographie, 108 p.

Vorbrüggen W., 1981. Die Lepidopteren des geplanten Naturschutzgebietes Schlangenberg (Breiniger Berg) bei Stolberg (Reg-Bez. Köln). Decheniana 134 : 149-161.

Tableau 1 : Inventaire des espèces de lépidoptères rhopalocères de la réserve naturelle du site minier de Plombières de 2000 à 2010. Le nombre d'individus rencontrés lors d'une visite est indiqué pour chaque espèce. (ch = chenille)

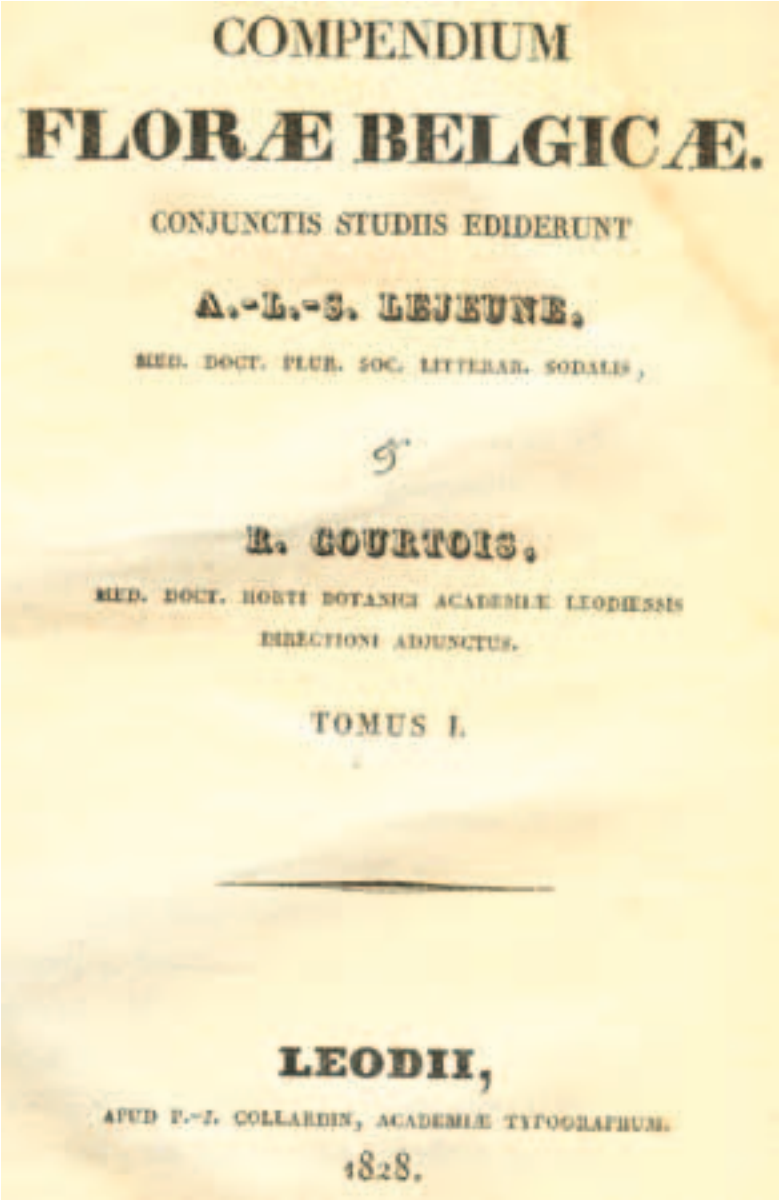
Jour/mois	01/5	13/5	24/5	28/7	25/4	09/6	21/7	26/6	22/8	01/5	09/7	07/8	27/4	17/6	30/5	22/6	03/8	01/5	23/5	06/6	24/6	26/7	01/5	23/5	05/6	10/7
Année	00	00	01	01	03	03	03	04	04	05	05	05	07	07	08	08	08	09	09	09	09	09	10	10	10	10
Aglais urticae					1	4	19														1	4				1
Anthocharis cardamines	12	1								2			1					8	4				4	4		
Aphantopus hyperantus				2			1	3			5	1		5		4					3	5				15
Araschnia levana	4			1																		1	1			
Argynnis aglaja																1										
Argynnis paphia																						1				
Boloria selene		1	4	14			5		2		3	7	2		1		4		2	1		17		5	5	
Brenthis ino								1																		
Celastrina argiolus																						2				
Colias croceus									1													2				
Erynnis tages					1								2													
Gonepteryx rhamni	2				1																					
Inachis io	1			1			5						2				1	2	1			7				
Issoria lathonia	7	1		24		5	23	16	27	18	3	23	6	5	2	4	12	6		5	10	31	1		2	4
Lasiommata megera													1													
Leptidea sinapis										1									1			1		1		
Lycaena phlaeas	1			1					2		1			3				2				2				
Maniola jurtina						3	1	5			4	1		18		55	22			4	42	20				15
Melanargia galathea																						1				1
Ochlodes sylvanus						2		6						1	8	10			1	2	2				3	2
Papilio machaon						1ch	1	1ch	1+2ch	1		2	1					1	2					1		1
Pararge aegeria	4			2			1		1	1		1	2				1	2	2			1				
Pieris brassicae										1	2		3	2		1		2	1			4			1	4
Pieris napi	4	1		2			2		2	1		1	7	2	1		5	4	1		1	3	10	1		3
Pieris rapae					1		1		1			1										3		1	1	1
Plebeius argus						36		55			21			34		25				30	20				2	31
Polygonia c-album				1												1						2				
Polyommatus icarus				1			10		13			15			7		15		10	5	1	8		1	25	
Polyommatus semiargus						2		20			1			8	1	10			1	20	28				5	
Thymelicus sylvestris				2			1	7			6			17		7					9	3				25
Vanessa atalanta							2		1				1	1					1			2		1	1	
Vanessa cardui						10	10		1										8	2		22				

Chorologie des métallophytes calaminaires dans le Compendium Florae Belgicae : une référence ancienne qui nous touche au cœur!

par J.F. Hermanns[1]/ jfhermanns@ulg.ac.be

Le COMPENDIUM FLORAE BELGICAE comprend trois volumes publiés entre 1828 et 1836 par les botanistes A.L.S. Lejeune et R. Courtois, tous deux nés à Verviers. Pour situer cet ouvrage, une courte biographie des auteurs s'impose (HERMANNS J.F. et L. RENARD (1988).

Alexandre Louis Simon Lejeune est né le 23 décembre 1779. Après une initiation à l'histoire naturelle et à la médecine par son père, il s'inscrit à l'Ecole de Médecine de Paris et est incorporé comme officier de santé dans les armées françaises. En 1803, il est chargé de dresser le TABLEAU METHODIQUE DU REGNE VEGETAL DU DEPARTEMENT DE L'OURTE. En 1810, il explore le plateau des Hautes-Fagnes en compagnie d'Augustin Pyrame de Candolle et de Marie-Anne Libert. Entre 1811 et 1824, il publie les deux volumes de la FLORE DES ENVIRON DE SPA, suivis d'un volume complémentaire, la REVUE DE LA FLORE DE SPA. En 1820, il acquiert le titre de docteur en médecine de l'Université de Liège. Entre 1825 et 1830, en collaboration avec R. Courtois, il réalise un herbier où il classe un millier de plantes, le CHOIX DES PLANTES DE LA BELGIQUE. Entre 1828 et 1836, toujours avec R. Courtois, il publie les trois volumes du COMPENDIUM FLORAE BELGICAE. Entré en 1834 à l'Académie Royale de Belgique, membre de plusieurs sociétés savantes, il contribue aussi à plusieurs revues scientifiques et rédige plusieurs mémoires. Il meurt le 28 décembre 1858.



COMPENDIUM

FLORÆ BELGICÆ.

CONJUNCTIS STUDIIS EDIDERUNT

A.-L.-S. LEJEUNE,

MED. DOCT. PLUR. SOC. LITTERAR. SODALIS,

&

R. COURTOIS,

MED. DOCT. HORTI BOTANICI ACADEMIÆ LEODIENSIS DIRECTIONI ADJUNCTUS.

TOMUS I.

LEODII,

APUD F.-J. COLLARDIN, ACADEMIÆ TYPOGRAPHUM.

1828.

Frontispice du Compendium Florae Belgicae (1828)

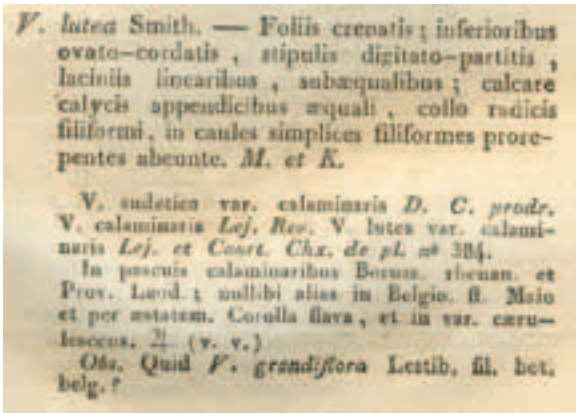
Richard Courtois est né le 18 janvier 1806. En 1825, (à 19 ans!), il est reçu docteur en médecine et nommé chef de clinique interne à l'hôpital de Bavière à Liège, où il reste deux ans. La même année 1825, il est institué sous-directeur du Jardin Botanique de Liège où il va s'adonner à ses études favorites et collaborer avec A.L.S. Lejeune pour le CHOIX DES PLANTES DE LA BELGIQUE et le COMPENDIUM FLORAE BELGICAE. En 1828, il fait paraître les RECHERCHES SUR LA STATISTIQUE PHYSIQUE, AGRICOLE ET MEDICALE DE LA PROVINCE DE LIEGE. Il publie aussi, en néerlandais, des articles pour une revue éditée à Amsterdam, ainsi que la traduction de mémoires de professeurs de l'Université de Wurtzbourg. En 1834, il est chargé de cours de Botanique à l'Université de Liège et est nommé Directeur du Jardin Botanique. La même année, il présente à l'Académie Royale des Sciences de Bruxelles un MEMOIRE SUR LES TILLEULS D'EUROPE et devient membre correspondant de cette compagnie. En 1830, il fonde la Société d'Horticulture de Liège. Entre 1832 et 1834, il travaille à la publication du MAGASIN HORTICOLE (2 volumes). Il meurt en 1835, il n'a que 29 ans. Il laisse de nombreux manuscrits, dont une soixantaine de cahiers conservés à l'Université de Liège et intitulés BIBLIOGRAPHIE GENERALE DE LA BOTANIQUE.

1 Rue de Liège 29, 4800 Verviers

Cinq métallophytes calaminaires sont traités dans le COMPENDIUM FLORAE BELGICAE : la Pensée, la Fétuque, le Gazon d'Olympe, l'Alsine et le Tabouret. Dans chacune des rubriques apparaissent la dénomination, la description botanique, les synonymes dans la littérature, la chorologie et la phénologie et in fine souvent une remarque ou une question. La langue est le latin.

Le détail des données chorologiques est le suivant :

- Viola lutea Smith. (actuellement Viola calaminaria Lej., la Pensée calaminaire) - **In pascuis calaminaribus Boruss.rhenan. et Prov. Leod. ; nullibi alias in Belgio**.



V. lutea Smith. — Foliis crenatis; inferioribus ovato-cordatis, stipulis digitato-partitis, laciniis linearibus, subæqualibus; calcare calycis appendicibus æquali, collo radicis filiformi, in caules simplices filiformes prorepentes abeunte. *M. et K.*

V. sudetica var. calaminaris *D. C. prodr.* V. calaminaris *Lej. Rev.* V. lutea var. calaminaris *Lej. et Court. Chx. de pl.* n° 384.

In pascuis calaminaribus Boruss. rhenan. et Prov. Leod.; nullibi alias in Belgio. ♃. Maio et per æstatem. Corolla flava, et in var. cæruleescens. ♃ (v. v.)

Obs. Quid *V. grandiflora* Lestib. fil. bet. belg.?

Rubrique relative à la Pensée calaminaire dans le Compendium Florae Belgicae

- Armeria vulgaris W. En. (la var. ou sous-espèce alpha de Lejeune & Courtois dans le COMPENDIUM est l'actuelle, Armeria maritima subsp. maritima var. halleri MANSF., le Gazon d'Olympe calaminaire) – (…) **in pascuis siccis calaminaribus prope Aquisgranum, etc.** (…).
- Alsine verna Linn. (actuellement Minuartia verna var. hercynica FRIEDR., l'Alsine calaminaire) – **In apricis ad fodinas calaminares. (Prov. Leod.)**.
- Festuca sylvatica Villars (actuellement Festuca ophioliticola subsp. calaminaria AUQUIER, la Fétuque calaminaire) – **In sylvaticis montanis Prov. Leod. Boruss. Rhenanae)**.
- Thlaspi calaminare N. (actuellement Thlaspi caerulescens subsp. calaminare Lej., le Tabouret calaminaire) – **In pascuis siccis calaminaribus, semper solo calaminari, prope Aquisgranum (Altenberg), Oneux, Stolberg.**

C'est avec émotion que nous retrouvons ici plusieurs toponymes de l'écosystème calaminaire de notre région : Aix-La-Chapelle, Stolberg, Oneux, Altenberg (ou Altengalmeiberg, actuellement La Calamine - Kelmis). Quant aux biotopes, il s'agit des prairies calaminaires sèches et des lieux ensoleillés à proximité des mines de calamine.

La publication du COMPENDIUM FLORAE BELGICAE est le point de départ de l'investigation scientifique de nos sites calaminaires. A l'époque, l'intérêt était focalisé sur la description de ces plantes rares (qu'on appellera plus tard les métallophytes stricts) et dont les auteurs soupçonnaient déjà l'endémisme édaphique : « In pascuis calaminaribus, nullibi alias in Belgio ». C'est à partir des années 1930 que différents auteurs élargissent le point de vue floristique en décrivant les associations végétales caractéristiques de ces terrains riches en métaux lourds (SCHWICKERATH, 1931 ; LAMBINON & AUQUIER, 1964 ; DUVIGNEAUD, 1982 ; VOOSEN, 1993). Une nouvelle étape est franchie à partir de 1998, lorsque D. ERTZ en prenant pour cas princeps le papillon Issoria lathonia montre qu'il existe des populations d'insectes inféodées aux biotopes calaminaires de notre région (ERTZ, 1998). L'exemple du Petit nacré, qui se déplace d'un site à l'autre pour accomplir son site vital et l'analyse des exigences écologiques de ce papillon et de plusieurs autres insectes aboutissent à montrer que l'archipel calaminaire de notre région constitue un véritable écosystème (ERTZ, 2001 ; HERMANNS, 2005). Que de chemin parcouru en deux siècles d'observations !

Références

DUVIGNEAUD J.(1982) – La halde calaminaire du Rocheux à Theux. Une nouvelle réserve d'Ardenne et Gaume. Parcs Nationaux 38/3 : 119-138.

ERTZ D. (1998) – Le Petit Nacré (*Issoria Lathonia*) sur les terrains calaminaires de l'Est de la Belgique : données nouvelles sur l'écologie, l'éthologie et la chorologie de l'espèce. Réflexions sur la gestion des sites calaminaires et sur l'impact des lapins. Natura Mosana 51/1 : 12-24.

ERTZ D. (2001) – Les lépidoptères rhopalocères des pelouses calcaires et calaminaires de la fenêtre géologique de Theux (province de Liège, Belgique) : inventaire et données écologiques nouvelles. Natura Mosana 54/3 : 41-53.

HERMANNS J.F. et L. RENARD (1988). - La flore calaminaire du Rocheux : « *Nullibi alias in Belgio* ». Une référence prestigieuse.

Rev. Verv. Hist. Nat. 45/4 : 44-46

HERMANNS J.F. (2005) – L'archipel calaminaire entre Liège et Aix-la-Chapelle. Parcs et Réserves 60/3 : 28-31.

LAMBINON J. et AUQUIER P. (1964) – La flore et la végétation des terrains calaminaires de la Wallonie septentrionale et de la Rhénanie aixoise. Types chorologiques et groupes écologiques. Natura Mosana 16 : 113-130.

SCHWICKERATH M. (1931) – Das *Violetum calaminariae* der zinkböden in der Umgebung Aachens. Ein pflanzensoziologische Studie. Beitr. Naturdenkmalpflege 14 : 463-503.

VOOSEN M. (1993)– Vegetations- und Substratanalysen an Schwermetallstandorten in Ostbelgien. Diplomarbeit im Fach Geographie – Universität Köln.

Distomatose à Leucochloridium paradoxum chez l'escargot Succinea putris
Une observation dans la Réserve naturelle de Plombières

par Jean-François Hermanns[1] / jfhermanns@ulg.ac.be et Damien Ertz[2] / damien.ertz@br.fgov.be

Succinea putris (Linnaeus, 1758), l'ambrette amphibie est un mollusque gastéropode très largement réparti en Belgique. C'est une espèce Euro-Sibérienne qui vit dans les mégaphorbiaies, mais aussi dans les fossés, les prairies humides, etc. L'Ambrette peut entrer dans l'eau et on la trouve parfois sur des plantes émergeant de l'eau. Elle se nourrit de végétaux ou de détritus. La copulation a lieu au printemps ou à l'automne et les œufs sont pondus par paquets de 20 à 40, collés aux plantes ou déposés dans la terre humide. Les jeunes sortent des œufs après une quinzaine de jours et deviennent adultes à la fin de leur première année (Faune de Belgique - Mollusques terrestres et dulcicoles ; ADAM, 1960).

A Plombières, le 12 juin 2010, une ambrette a attiré l'attention. Elle se trouvait dans une aulnaie-saulaie en rive gauche de la Gueule dans une végétation herbacée à type de mégaphorbiaie avec de grandes plantes nitrophiles dont des orties. Le site est parfois inondé temporairement par les crues de la rivière, notamment en automne. L'un des deux tentacules supérieurs de cette ambrette était gonflé par la présence d'une structure oblongue et pulsatile, visible par transparence et qui montrait une séquence de bandes vertes, noires et blanches (photo). Cette anomalie est due à l'infestation du gastéropode par un ver parasite, *Leucochloridium paradoxum* CARUS, un plathelminthe du groupe des distomes. Aucune autre ambrette ne paraissait parasitée.

Le cycle vital du ver commence lorsqu'un oiseau infecté émet des déjections contaminées par les œufs du distome. L'incubation de ces œufs donne naissance à des larves ciliées, appelées miracidies, qui vont infecter le mollusque par ingestion. A partir de l'intestin de l'escargot, les miracidies migrent vers l'hépato-pancréas où elles développent des sporocystes, tubes allongés où se forment des dizaines de cercaires. Ces sporocystes s'étendent jusqu'à remplir les tentacules de l'escargot. Les sporocystes, pulsatiles et colorés, mimes de chenilles ou de larves de mouches, attirent l'attention d'oiseaux qui viennent les arracher, laissant parfois en vie l'escargot mutilé de ses tentacules. Dans l'intestin de l'oiseau, les cercaires se développent en vers adultes. Ceux-ci se cantonnent dans la lumière du rectum où ils se nourrissent de débris de la digestion, se reproduisent sexuellement et pondent des œufs qui seront disséminés dans le milieu extérieur avec les fientes de leur hôte (références Web).

Sporocyste de Leucochloridium paradoxum dans le tentacule droit d'une Ambrette. (Plombières, le 12 juin 2010)

Plusieurs distomes ont un intérêt médical ou vétérinaire car ils sont responsables de distomatoses hépato-biliaires, pulmonaires et intestinales chez l'homme et/ou les animaux domestiques. La variété des distomes parasites, de leurs hôtes intermédiaires et de leurs hôtes définitifs est très grande, mais le schéma de base du cycle vital des distomes implique toujours un animal à sang chaud comme hôte définitif et une ou plusieurs espèces de mollusques, de poissons ou de plantes comme hôtes intermédiaires. C'est chez l'hôte définitif que le distome se reproduit sexuellement et pond des œufs qui sont disséminés dans l'environnement. A partir de ces oeufs se forment les miracidies qui sont mobiles et pénètrent l'organisme de l'hôte intermédiaire. Chez celui-ci se développent les sporocystes dans lesquels apparaissent de manière asexuée les rédies et les cercaires, capables de quitter l'hôte intermédiaire pour infecter l'hôte définitif. Les cercaires de plusieurs espèces de distomes, notamment ceux de la douve du foie *Fasciola hepatica* peuvent survivre sous forme enkystée dans le milieu extérieur. Ces formes latentes, immobiles, résistantes aux contraintes physiques du milieu extérieur, sont appelées métacercaires. Elles constituent l'agent infectant lorsqu'elles sont ingérées avec la végétation par l'hôte définitif, ovin, bovin ou homme (Traité de parasitologie médicale ; NOZAIS et al., 1996).

Bibliographie

Faune de Belgique – Mollusques ; tome 1 Mollusques terrestres et dulcicoles. W. ADAM. Ed. Patrimoine de l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique (1960).

Traité de parasitologie médicale. Coordonnateurs : J.P. NOZAIS, A. DETRY, M. DANIS. Ed. Pradel (1996).

Références Web :

http//www.weichtiere.at/Mollusks/Schnecken/parasitismus/leucochloridium.html

DeLaCruz, D. 2003. « Leucochloridium paradoxum » (On-line), Animal Diversity Web. http ://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Leucochloridium_paradoxum.html. (Accessed July 25, 2010)

1 Rue de Liège 29, 4800 Verviers

2 Karel Trekelsstraat 26, 1800 Vilvoorde

Hautes Fagnes

Morceau choisi : Malchamps

Par Annick Pironet

Les fagnes spadoises, jadis attachées aux Hautes Fagnes, ne subsistent plus qu'à l'état de lambeaux, dont la plus grande, la fagne de Malchamps, s'étend sur plus de 300 hectares.

Située en bordure du domaine de Bérinzenne, elle constitue un lieu de promenade enchanteur pour les visiteurs du domaine. Annick Pironet, conservatrice du Musée de la Forêt et des Eaux « Pierre Noé », est l'auteur de ce remarquable guide qui conduira le visiteur dans les habitats typiques de la lande, soit successivement à partir du domaine, les prés humides, les prés de fauche, la lande sèche, la lande humide, les tourbières, la boulaie et la chênaie. La dernière partie du livre est consacrée au bois proche de la Géronstère, une belle hêtraie où, tout comme dans la fagne de Malchamps, l'eau est omni-présente et joue un rôle essentiel.

Les photos sont très belles et choisies soigneusement pour illustrer les multiples facettes des habitats rencontrés. Le texte est concis et bien adapté aux besoins du visiteur moyen soucieux d'acquérir un maximum d'informations durant une promenade qui se veut avant tout ludique.

Un mise en pages excellente et une impression soignée sur un papier couché certifié FSC achèvent de faire de ce petit livre un véritable bijou que nous conseillons à tous.

W. Delvingt

Editions du Perron
Format 19 X 24 cm
96 pages
Prix : 15 euros

ARDENNE ET GAUME A.S.B.L.

Secrétariat général : Maison J. Duvigneaud, rue de la Chapelle 9, 5670 Vierves-sur-Viroin
Tél. 0498 93 75 61 • Courriel : secretariat@ardenne-et-gaume.be
Trésorerie : avenue du Castel 91, 1200 Bruxelles
Tél. 0477 84 64 44 • Courriel : v.herinckx@ardenne-et-gaume.be
Revue Parcs et Réserves : Chemin de Potisseau, 124 - 5100 Wépion
Tél. 0472 39 07 61 • Courriel : willy.delvingt@natureplus.be
URL : http://www.ardenne-et-gaume.be

COTISATIONS 2011

Membre à vie, cotisation unique: . . . . . 500 € minimum

Cotisations annuelles:
- Membre protecteur: . . . . . 30 € minimum
- Membre adhérent ou effectif: . . . . . 20 € minimum
- Cotisation familiale: . . . . . 25 € minimum
- Etudiant: . . . . . 10 € minimum
- Institutions diverses: . . . . . 20 € minimum

Résidant à l'étranger: la cotisation de base choisie sera augmentée d'un montant correspondant aux frais supplémentaires d'envoi de la revue.

Les versements doivent être effectués au CCP 000-0169593-37, IBAN BE35 0000 1695 9337, BIC BPOT BE B1 d'Ardenne et Gaume

PARC DE FURFOOZ

Le parc est accessible à pied, uniquement aux personnes qui se sont acquittées du droit d'entrée. L'accès est gratuit pour tous les membres d'Ardenne et Gaume.

Le rendez-vous pour les groupes est à prendre au moins un jour à l'avance: Un guide francophone ou néerlandophone peut être assuré au prix de 30 EUR (rendez-vous à prendre 15 jours à l'avance).

Les rendez-vous peuvent être pris :

- Soit par téléphone, au 082 22 34 77
- Soit par lettre à l'adresse suivante : Parc de Furfooz, rue du Camp Romain, 5500 Dinant

URL : http://www.parcdefurfooz.be/