
Impacts de l'orpaillage sur les rivières ardennaises

Auteur : Baudoux, Amaury

Promoteur(s) : Houbrechts, Geoffrey; Petit, Francois

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences géographiques, orientation générale, à finalité spécialisée en géomorphologie

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/5562>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE
UNIVERSITÉ DE LIÈGE



IMPACTS DE L'ORPAILLAGE SUR LES RIVIÈRES ARDENNAISES

PRÉSIDENT : Pr Serge Schmitz
PROMOTEUR : Dr Geoffrey Houbrechts
CO-PROMOTEUR : Pr François Petit
LECTEURS : Pr Serge Schmitz et Dr Xavier Fettweis
DATE DE DÉFENSE : Septembre 2018

MÉMOIRE DE MASTER EN SCIENCES GÉOGRAPHIQUES, ORIENTATION GÉNÉRALE, À FINALITÉ
SPÉCIALISÉE EN GÉOMORPHOLOGIE.

BAUDOUX Amaury

ANNÉE ACADÉMIQUE 2017-2018

Résumé

L'objectif de ce mémoire est de montrer l'impact géomorphologique éventuel de l'orpaillage sur les cours d'eau ardennais. À cette fin, un inventaire des morphologies engendrées par l'orpaillage a été réalisé et deux sites choisis afin d'être étudiés plus précisément. L'inventaire, construit sur la base des références bibliographiques et du LIDAR, a permis de répertorier 150 sites, ce qui représente un nombre total estimé de 3 235 tertres, soit un volume de 1 143 095 m³. Ces zones se répartissent entre la bordure sud-est du massif de Stavelot, le massif de Serpont, la région de Suxy (Neufchâteau) et les bordures est des massifs de Rocroi et de Givonne. Elles se localisent dans des régions métamorphiques, sur le Lochkovien et secondairement le Praguien inférieur. La région de Suxy fait exception, la présence d'or y étant probablement liée à la faille d'Herbeumont. L'étude du premier site, concernant un secteur de la Rougerie (Affluent de la Salm à Salmchâteau), a montré que les orpailleurs ont exploité le cailloutis aurifère au centre de la vallée, créant une importante tranchée bordée de tertres. Celle-ci a ensuite été partiellement remblayée, suggérant que les activités se sont poursuivies en amont du site étudié. Un tertre, édifié au-dessus du dépôt d'aggradation, évoque une seconde phase d'activité. Toujours sur la Rougerie, une dépression rectangulaire a probablement servi de fosse de décantation. Le second site, localisé sur l'Amblève en amont de Ligneuville, présente des morphologies indiquant que l'orpaillage a aussi débuté au centre de la vallée. Il s'est ensuite poursuivi sur la rive gauche, laissant, à la fin des activités, des tertres séparés d'un front d'exploitation par une dépression dans laquelle s'est développée une tourbière. Cependant, la datation (6567-6410a cal BP) de la base du sondage réalisé dans cette tourbière montre que l'orpaillage s'est probablement concentré plus en amont. Afin de mettre en évidence l'impact sur la plaine alluviale de l'activité de pas moins de 76 zones, un profil de 13 sondages a été réalisé en aval du second site. Des niveaux limoneux ou limono-sableux n'ont pas pu être attribués à l'orpaillage. Par contre, une incision de la rivière pourrait être consécutive à l'abandon de telles activités.

The aim of this thesis is to show that gold mining has potentially had a geomorphological impact on the rivers in the Ardennes. To this end, an inventory of the different morphologies created by placer mining had been made. Two sites have also been chosen to be studied more precisely. This inventory was based on bibliographical references and on the LIDAR. It has made it possible to identify 150 sites, which represents an amount of 3 235 tailings piles, or a volume of 1 143 095 m³. These areas are located between the south-west border of the Stavelot massif, the Serpont massif, the region of Suxy (Neufchâteau) and east borders of the Rocroi and Givonne massifs. They are situated in metamorphic regions, mostly on the Lochkovian and sometimes on the Lower Pragian. The region of Suxy is however an exception as the presence of gold is probably related to the Herbeumont fault. The study of the first site, around the Rougerie river (tributary of the Salm river in Salmchâteau), has shown that the gold panners exploited auriferous gravel at the center of the valley. This created a large trench surrounded by tailings piles. This trench was then partially filled in, which suggests that the activities went on upstream from the studied site. A tailings pile which was located above the aggradation deposit alludes a second phase of activity. Still on the Rougerie river, a rectangular depression was probably used as a decantation pit. The second site, located on the Amblève river, upstream from Ligneuville, shows morphologies which indicate that the placer mining also started at the center of the valley. It then continued on the left bank. This left at the end of the activities tailings piles separated from the mining face with a depression in which a peat bog developed. However, the sounding base dating (6567-6410 cal BP) made in this peat bog shows that activities were probably concentrated upstream. It would be expedient to make new upstream soundings. In order to highlight how 76 areas have an impact on the flood plain, a profile of 13 soundings has been undertaken downstream in the second site. Silty or sandy levels could not be ascribed to placer mining. An incision of the river could however result from the end of such activities.

Remerciements

Je tiens à remercier G. Houbrechts, promoteur de ce mémoire, pour avoir proposé ce sujet et avoir fourni son assistance et de nombreuses observations tout au long de l'étude, tant sur le terrain que lors des traitements des échantillons et de la rédaction. Je remercie également F. Petit, co-promoteur, pour ses commentaires, notamment au début de l'étude.

Ces remerciements vont aussi à B. Van Eerdenbrugh pour m'avoir communiqué ses nombreuses observations, ainsi qu'avoir fourni son assistance et son expertise lors de plusieurs visites de terrain, sans oublier son initiation pratique aux techniques d'orpaillage. Je remercie également E. Bertemes, pour ses conseils et son aide lors du traitement des échantillons au laboratoire.

Je remercie le Service Public de Wallonie - Département de la Géomatique - Direction de l'Intégration des géodonnées pour la mise à disposition des deux extraits du « Relief de la Wallonie - Modèle Numérique de Terrain (MNT) 2013-2014 » pour l'étude de la Rougerie et du secteur de l'Amblève. Enfin, je remercie les lecteurs anonymes pour leurs critiques lors de la rédaction du mémoire.

Table des matières

1	Introduction	5
2	La provenance de l'or en Ardenne	8
3	Exploitation de l'or et l'orpaillage	13
3.1	Les outils de l'orpaillage	14
3.2	l'orpaillage en Europe Occidentale	15
3.2.1	Durant l'Antiquité	15
	Les Celtes	15
	Époque romaine	19
3.2.2	Aux 19 ^e et 20 ^e siècles	21
3.3	Impacts géomorphologiques de l'orpaillage	23
4	Inventaire des tertres et formes liés à l'orpaillage	26
4.1	Méthodologie	27
4.1.1	LIDAR : Hillshade	27
4.1.2	Construction de l'inventaire	28
4.2	Secteurs	31
4.2.1	Haute Amblève	31
	La Warchenne et le Goldbach	32
	L'Amblève et ses affluents	33
	Le Rechterbach et le Ru de Poteau	36
4.2.2	la Salm	38
	La Salm, la Gottale et le Ruisseau de Tinseubois	39
	la Rougerie	39
	Le Ruisseau des Fagnes	41
4.2.3	Plateau des Tailles	42
4.2.4	Massif de Serpont	43
4.2.5	Suxy	46
4.2.6	Sainte-Cécile et la Croix-Scaille	48
4.3	Synthèse générale	50
4.4	Choix des sites d'études	53
5	Études de cas	54
5.1	Méthodologie	54
5.1.1	Profils et coupes	54
5.1.2	Échantillonnage	55
	La tarière de pédologue	55
	Peat sampler (Sonde russe)	55
5.1.3	Topographie	56
	Station totale et traitement des données	56
	Extraction via le LIDAR	58
5.1.4	Laboratoire	59
	Granulométrie	59
	Perte au feu	60
	Séparation densimétrique	61
	Datation Carbone 14	62

5.2	La Rougerie à Bèche	65
5.2.1	Caractéristiques du site	65
	Secteur étudié aval	67
	Secteur étudié à l'amont de Rou-3	68
5.2.2	Profils topographiques LIDAR	69
5.2.3	Secteur aval	74
	Coupe RGR-C	74
	RGR-S1	79
	RGR-S2	81
	RGR-S4	83
	Proportion de minéraux denses	86
	Sondages supplémentaires	88
	RGR-2	89
	Schéma du processus de mise en place des formes liées à l'orpaillage	90
5.2.4	Secteur amont : RGR-S3	92
5.3	L'Amblève à Ligneuville	95
5.3.1	Caractéristiques du site Amb-2	95
5.3.2	Profil topographiques LIDAR	97
5.3.3	Sondage de la tourbière des tertres : AMB-S1	101
5.3.4	Profil en aval des tertres (AMB-1)	105
	Sondages	105
	Image CM des échantillons	119
	Profil	120
6	Conclusion	122
	Références	125
A	Inventaire	129
B	Rapport de la datation de RGR-S3	133
C	Rapport de la datation de AMB-S1	134

1 Introduction

Dès le 19^e siècle, des centaines de monticules le long de certains cours d'eau ardennais ont intrigués les érudits. On en observe notamment le long du cours de la Haute Amblève, dans la région de Malmédy, et de certains de ses affluents comme l'Emmel, le Rechterbach ou encore la Warchenne (De Rauw, 1913 ; Gillet, 1970 ; Grailet, 1998). Ces accumulations peuvent atteindre des tailles respectables : 15 m de diamètre pour 5 m de haut (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) voir 10 m de haut (De Rauw, 1920 ; Dewalque, 1897).

À l'époque¹, les populations locales connaissent ces buttes de terre et de graviers « depuis toujours ». Ils considèrent qu'elles font partie du paysage et n'y portent que peu d'attention (Grailet, 1998). En 1841, l'abbé Bormann suggéra que ces vestiges constituaient une ligne de défense vis-à-vis des invasions durant l'époque romaine. En 1875, Hecking les considèrent comme étant des tumuli, c'est-à-dire des tombes antiques (Gillet, 1970 ; Grailet, 1998). À peine un an plus tard, J. Jung, alors prospecteur minier, constate que ces buttes pourraient être les traces d'une activité d'orpaillage et consulte le géologue von Dechen. Ce dernier connaît déjà ces buttes et ne considère pas que ce soit lié à de l'orpaillage, car ils ne ressemblent pas à ceux que l'on rencontre en Silésie, région du sud-ouest de la Pologne actuelle. Pour ce Prussien, il s'agit de tumuli même si aucune observation ne le confirme (De Rauw, 1913 ; Gillet, 1970 ; Grailet, 1998).

C'est seulement en 1880 que Esser, en s'appuyant sur la fouille de plusieurs tertres, suggère que ces buttes sont très probablement liées à des activités d'orpaillage à l'époque celte ou romaine. Il constate que ces buttes sont constituées du même matériel que le lit de la rivière (galets et sables) et reposent sur de l'humus. Il y découvre également de la poudre d'or et un petit fer à cheval qui correspondrait à une race utilisée en Ardenne à l'époque gallo-romaine (Gillet, 1970 ; Grailet, 1998 ; Bruni & Hatert, 2017).

En 1895, J. Jung revient dans l'intention d'exploiter l'or de cette région. Il va alors déclencher une « *ruée vers l'or* » qui va intriguer les géologues belges. Dewalque (1896) annonce la découverte des savants prussiens : ces monticules ne sont pas des tumuli, mais « *les restes d'anciens lavages d'alluvions aurifères, encore assez riches pour fournir à une nouvelle exploitation* » (Dewalque, 1896). Les géologues belges s'intéressent surtout à déterminer si l'or est effectivement présent dans la région et, si c'est effectivement le cas, en définir la provenance et si l'exploitation en serait rentable. La présence de l'or dans le bassin de la Haute Amblève ne sera complètement acceptée par la communauté scientifique belge qu'en 1920 (Dewalque, 1896; 1897 ; De Rauw, 1913; 1920).

En 1911, l'abbé Bastin confirme la datation relative des tertres proposée par Esser et les attribue aux Celtes (Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Il recense également un certain nombre de haldes au Plateau des Tailles et émet l'hypothèse que les tertres pourraient être retrouvés jusqu'à Saint-Hubert. En 1918, soit sept ans plus tard, Rahir décrit des tertres d'orpaillage en Haute Lomme, au massif de Serpont, confirmant ainsi, au moins partiellement, l'hypothèse de Bastin. En 1920, De Rauw mentionne des vestiges situés entre Macquenoise et Fépin, au sud de Chimay en marge du Massif cambrien de Rocroi. En 1952, Dubois en découvre également à proximité de Suxy (au sud de Neufchâteau) (De Rauw, 1920 ; Grailet, 1998).

Depuis, plusieurs études concernant les vestiges d'orpaillage ont été menées. On remarque notamment les travaux de Gillet (1970) ou Grailet (1998) qui dressent un état des lieux de la question de l'or en Ardenne et discutent de l'âge de ces traces. D'un point de vue plus géographique, Godfroid (1980) a recensé l'ensemble des tertres de la Haute Amblève et Wavreille (1987) a suivi la même démarche sur le Massif de Serpont. On remarque également les datations au ¹⁴C de Dumont qui

1. La région de Malmédy était sous régime prussien de 1815 à 1919.

donne 320 ± 40 a cal BC au Plateau des Tailles et 20 ± 55 a cal BC aux Troufferies de Libin (Serpont), confirmant ainsi les propos de Esser, Bastin et Gillet (Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017).

Gillet (1970) estime que plus de 90% des tertres ont disparu entre le début du 20^e siècle et 1968 à cause de la construction de bâtiments, de routes et du nivellement des prairies et s'inquiète de cette évolution. Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) comparent leurs observations et celles de Gillet (1979) et constatent encore des différences. Les tertres ont vu leur effectif encore diminuer en certaines localisations, car ils ont été arasés par les agriculteurs ou les forestiers, ont subi la rectification des cours d'eau ou ont été utilisés comme matériaux de construction après les guerres (Grailet, 1998) (Van Eerdenbrugh, comm. pers.). En 2014, Detaille et Van Eerdenbrugh remarquent de nouveaux tertres ou un plus grand nombre de ceux-ci en certaines places. Ils expliquent cela par le fait que, depuis les années 1970, les parcelles forestières ont vu leurs arbres grandir ou être abattu. De plus, de nombreuses réserves naturelles et espaces protégés ont été créés. Cela a eu pour conséquence d'ouvrir le paysage et donc de faciliter les observations ainsi que de protéger les vestiges de la destruction (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

On remarque en plusieurs sites que les cours d'eau ont été canalisés ou détournés et que des chenaux ont parfois été creusés. Le matériel orpaillé semble avoir été prélevé directement dans le lit en plusieurs occurrences. On note également que ces cours d'eau sont encore souvent contraints aujourd'hui par les vestiges d'orpaillage, c'est-à-dire qu'ils sont souvent bordés par un alignement de tertres sur l'une ou les deux berges (Gillet, 1970 ; Godfroid, 1980 ; Wavreille, 1987 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Par conséquent, l'orpaillage a dû avoir un impact sur le style fluvial à une échelle locale.

Enfin, ces activités d'orpaillage, tant anciennes que modernes, ont conduit à la manipulation et au lavage de plusieurs milliers de tonnes de matériel. Par exemple, Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) estiment que les orpailleurs celtiques ont traité environ $142\,745\text{ m}^3$ d'alluvion sur l'ensemble de l'Ardenne. Ces actions ont dû provoquer l'injection d'une quantité importante de matériaux (argiles, limons, sables voir même graviers) dans les cours d'eau ce qui a engendré une ou plusieurs vagues sédimentaires. Celles-ci doivent s'être imprimées dans les dépôts de la plaine alluviale en aval des sites exploités et doivent être identifiables, car elles ont eu lieu à une époque précoce. En effet, Houbrechts (2005) a montré que la majeure partie des rivières ardennaises présentent une lente sédimentation limoneuse ou tourbeuse depuis la fin de la dernière glaciation jusqu'au 12^e siècle. À cette époque, les importants défrichements et l'apparition de l'agriculture dans la région provoquent une importante sédimentation minérale et l'interruption de la turbification dans les plaines alluviales. Par conséquent, l'analyse des dépôts permettrait de définir le début et la fin des activités d'orpaillage et même de peut-être distinguer plusieurs phases d'exploitation.

L'objectif de ce mémoire est de tenter de montrer que l'orpaillage a eu un impact géomorphologique sur les cours d'eau ardennais.

Dans un premier temps, un inventaire des tertres et sites d'orpaillage a été effectué à partir des documents bibliographiques et cartographié à l'aide du Hillshade (vue en estompage de pente) du modèle numérique de terrain (MNT) LIDAR du Service Public de Wallonie dressé en 2013-2014. Il permet de définir la situation actuelle des tertres et des morphologies liées à l'orpaillage en Wallonie, d'analyser leur situation géographique ainsi que d'évaluer les volumes de sédiments traités et les quantités d'or extraites. Le chapitre 4 rend compte de cet inventaire.

Sur base de celui-ci, les secteurs les plus prometteurs ont été identifiés et prospectés : la majeure partie des cours d'eau des secteurs de la Haute Amblève et de la Salm, du massif de Serpont et de la région de Suxy. Deux sites ont été sélectionnés pour y mener des études plus approfondies (Chapitre 5) :

- La Rougerie en amont de Bèche. Ce petit affluent de la Salm à Salmchâteau compte un nombre de tertres très important et plutôt bien conservés. La morphologie de la rivière est fortement influencée par les formes issues de l’orpaillage. Plusieurs coupes et prélèvements ont pu y être effectués afin de tenter de comprendre l’évolution qui a conduit au paysage actuel et d’identifier les différents niveaux sédimentaires.
- L’Amblève en amont de Ligneuville. Il s’agit ici du site orpaillé le plus en aval du secteur de la Haute Amblève. Les tertres y sont bien conservés, les morphologies associées sont très différentes de celles rencontrées sur la Rougerie (possible front d’exploitation notamment) et une tourbière est présente entre les tertres et le versant, ce qui permettrait peut-être de dater l’exploitation. De plus, en aval de ce site, se trouve une prairie en plaine alluviale propice à la réalisation d’un profil et de sondages. L’analyse des dépôts de celle-ci permettrait de définir si des niveaux sédimentaires peuvent être associés aux activités du site ainsi que des nombreuses zones orpaillées en amont et de peut-être dater les exploitations et définir d’éventuelles périodes successives.

2 La provenance de l'or en Ardenne

Avant de se concentrer sur la provenance de l'or en Ardenne, il convient de définir un contexte général quant à sa répartition sur la planète. En effet, l'or est présent partout à la surface de la terre, mais en concentration généralement très faible et extrêmement variable suivant les continents et les régions (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Étant sidérophile, l'or a migré vers le centre de la terre en accompagnant le fer, lors de la formation de celle-ci, il y a quelque 4,5 milliards d'années. Seule une faible concentration est restée dans le manteau supérieur, elle-même influencée par les mouvements convectifs du magma. Par conséquent, l'or présent dans la croûte terrestre provient avant tout¹ de l'hydrothermalisme et du métamorphisme. C'est-à-dire que les fluides, chargés en minéraux, remontent par les failles et au travers des roches. Ceux-ci vont graduellement se cristalliser en fonction de la diminution de la température et de la pression. On retrouve alors de l'or agrégés en masses de quelques microgrammes à plusieurs kilogrammes, mais surtout associé en très faible concentration avec d'autres éléments. On en rencontre ainsi notamment dans les sulfures, comme les chalcopyrites et arsénopyrites, les chlorures ou les intrusions de quartz (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Ces premières sources peuvent être « amenées » à la surface ou à proximité par les mouvements tectoniques et soumises à l'érosion et aux processus de désagrégation. Une première concentration en surface se produit alors en formant les dépôts en place nommés *placers éluvionnaires*. Les agents de transport entrent alors en action et l'or se concentre une nouvelle fois dans les rivières pour former les *placers alluvionnaires*. À cause de sa densité (environ 19,3), l'or est relativement peu mobilisable par les rivières dont la plupart des sédiments présentent généralement une densité d'environ 2,6, proche de celle du quartz (2,65). Dès que la charge de fond rencontre un obstacle, les plus gros éléments et les minéraux denses se déposent en premier alors que les autres éléments sont emportés. C'est ainsi que l'on rencontre l'or associé à du « sable noir » (hématite, magnétite, tourmaline, ...) mais aussi des grenats (rougeâtres), zircons (blancs), etc (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). On remarque également que les particules d'or sont rapidement déformées et aplaties lors de la mobilisation, ce qui peut aider à évaluer la distance de transport (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Dilabio (1990), cité par Detaille & Van Eerdenbrugh (2014), définit trois catégories de particules d'or : Pristine (grains intacts) (figure 2.4(d)), Modified (les angles et protubérances sont arrondies, soit l'apparence d'un faible émoussé) (figure 2.4(c)) et Reshaped (la forme initiale du grain a disparu, il a l'apparence d'un émoussé important). Il note qu'en contexte glaciaire, un transport de 500 à 1000 m a été suffisant pour passer de la première à la deuxième catégorie. Il est à noter que ces distances sont plutôt données à titre indicatif, car les particules d'or peuvent être emprisonnées dans une gangue de roche qui les protège jusqu'à être libérées (Dilabio, 1990 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Enfin, l'incision des rivières, provoquant la formation des terrasses fluviales, isole des placers alluvionnaires qui sont alors appelés *paléo-placers*. La même dénomination est donnée aux différents dépôts aurifères qui ont été enfouis ou qui ont participé à la formation d'un conglomérat. Ces paléo-placers peuvent eux-mêmes constituer une source secondaire d'or pour de nouveaux dépôts (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

En Belgique, des gisements aurifères ne se rencontrent qu'en Ardenne. Historiquement, comme développé dans l'introduction, les recherches à propos de la présence d'or en Belgique se sont d'abord concentrées sur la Haute Amblève puis sur l'ensemble de la bordure sud-est du Massif cambrien de

1. Il semblerait que les concentrations rencontrées dans la croûte soient anormalement importantes. Une part non-négligeable de l'or de l'écorce proviendrait alors du bombardement tardif qui eut lieu il y a 3,8 à 4 milliards d'années (Willbold *et al.*, 2011).

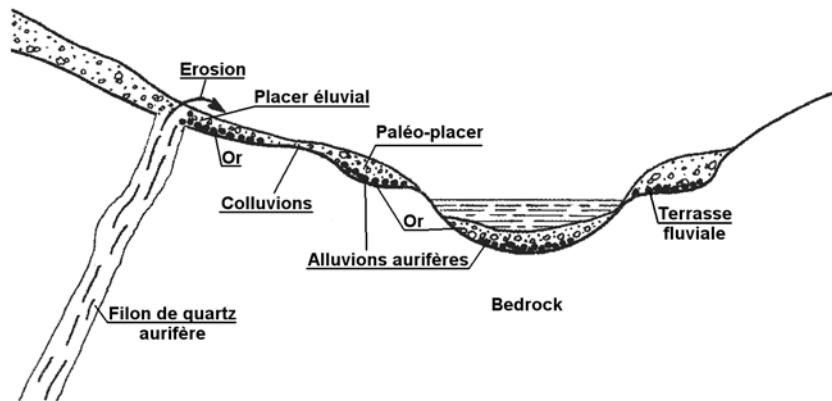


FIGURE 2.1 – Les différents types de dépôts aurifères.
(Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; modifié).

Stavelot. Ce n'est que plus tard que l'attention des chercheurs s'est portée sur le Massif de Serpont puis de Rocroi et enfin sur l'ensemble de l'Ardenne (Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017).

Au vu de ses observations, De Rauw (1913; 1920) pense qu'il est probable que l'or soit issu du contact entre le Cambrien et le Lochkovien (anciennement appelé Gedinnien), et plus particulièrement où l'on rencontre le conglomérat de base et l'arkose. Cette hypothèse est reprise et développée par Hanssen & Viaene (1979 In Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) puis par Gullentops (1986 in Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Ils ont procédé à un échantillonnage de la bordure sud du Massif de Stavelot. Ils n'ont pu définir de source précise, mais délimitent une zone a priori aurifère qui s'étend de Butgenbach à la Baraque de Fraiture (figure 2.2). L'or aurait subi un transport fluvial ou marin important et aurait été piégé lors de la formation de l'arkose et du conglomérat, c'est-à-dire sous forme de paléo-placers. Lors de périodes froides, par processus périglaciaires, l'érosion des versants et de ces placers aurait fourni le sédiment argileux qui occupe les fonds de vallées. Enfin, ce sédiment aurait été transporté par les rivières qui auraient concentré encore une fois l'or dans des placers alluvionnaires. Il en découle que l'or des rivières aurait une origine détritique.

De nombreuses observations semblent vouloir nuancer cette hypothèse. Nonnon (1984) découvre de l'or alluvionnaire à la Croix-Scaille en dehors de l'influence du conglomérat de base ou de l'arkose. Pareillement, Limbourg (1986 in Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) en signale à Mellier, sans contact avec le Cambrien ou le Lochkovien. Dubois (1952 in Grailet, 1998) en découvre dans la région de Suxy, où il note également la présence de tertres. Hanssen et al. (1998 in Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) notifie la présence d'or à Grand-Halleux : le substrat est ici du Cambrien, mais sans influence du Lochkovien. Enfin, on peut encore ajouter les nombreuses occurrences définies par Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (figure 2.3). Pour le massif de Stavelot, ces mêmes auteurs signalent la présence de paillettes d'or dans des cours d'eau en dehors de la zone définie par Hanssen (cours amont du Glain notamment) et que, à l'inverse, beaucoup sont stériles à l'intérieur de celle-ci (figure 2.2). Beaucoup de prélèvements très divers, y compris en dehors des cours d'eau et même sur des affleurements d'arkose, sont également négatifs, sachant que les différents échantillonnages sont bien maigres en comparaison de la quantité de sédiments traité. Au Massif de Serpont, l'or ne présente pas de traces de transport et les Celtes n'ont pas orpillé les alluvions issues de l'érosion du conglomérat (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) notent que l'or en Ardenne est plutôt granuleux, « en forme de chewing-gum » avec des esquilles de quartz (figure 2.4(b)), ce qui indique plutôt le signe

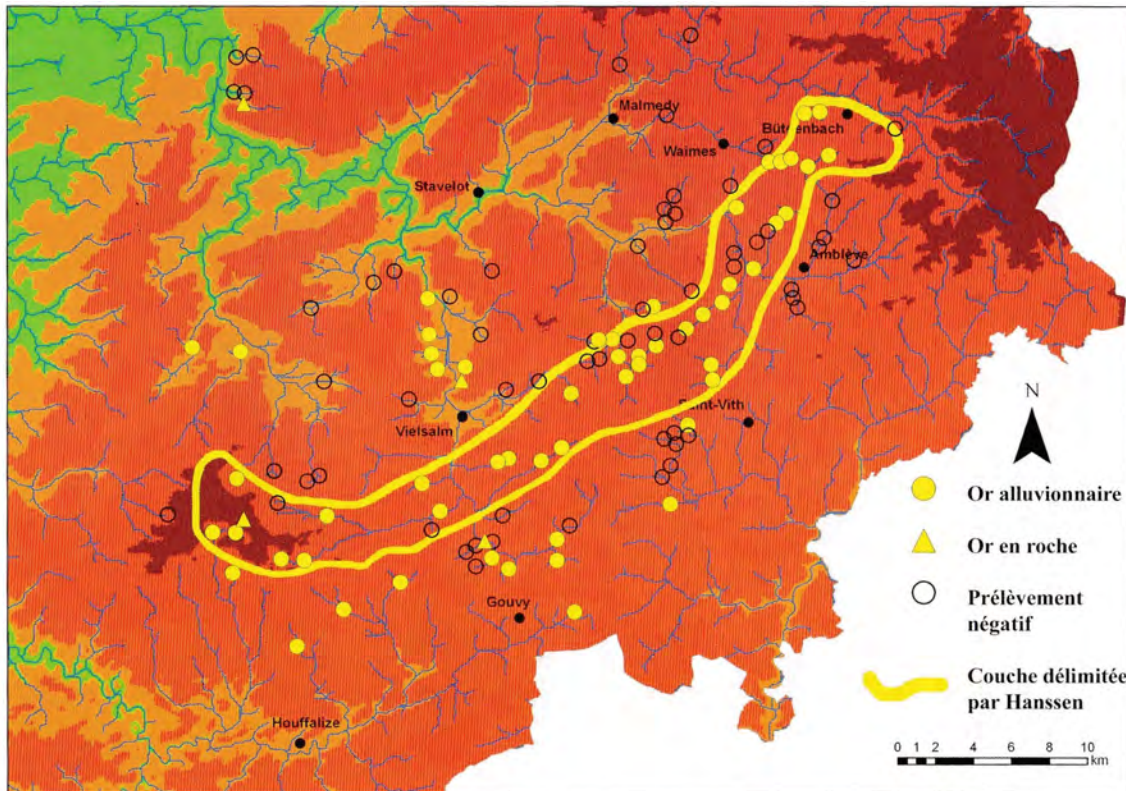


FIGURE 2.2 – Carte des prélèvements du Massif de Stavelot.
(Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014)

d'un faible transport contrairement aux propos de Hanssen & Viaene (1979 *in* Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Ils notent également que Bendall (2003 *in* Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) a démontré sur des échantillons de Iveldingen, que l'or n'avait pas connu un très long transport, car l'argent et le cuivre, en alliage avec lui, n'ont été que peu lessivés. En résumé, si l'arkose et le conglomérat jouent un rôle dans l'apport d'or aux rivières, ce n'est que de façon plutôt faible (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) ont découvert aux abords du Trou des Massotais² de l'or « en place » dans un schiste quartzitique, en compagnie de sulfures altérés, soit disséminé dans la roche, soit sous la forme de feuillet. Dans le cours d'eau à proximité, où l'on observe de nombreux tertres, ils trouvent de l'or n'ayant connu que très peu de transport et portant encore les empreintes de sulfures et de cubes de pyrite érodés. Ils font un constat similaire à la carrière de Hourt. Houssa & Coune (1999 *in* Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) ont découvert un bloc de quartzite siegenien comportant des « *plages d'or centimétriques* » associé aux sulfures. Outre ces filons de sulfures, les filons de quartz sont très présents dans le Cambrien supérieur et le Lochkovien. La provenance de l'or reste toujours difficile à définir, celui-ci étant associé au quartz dans pratiquement chaque cours d'eau aurifère sous forme de feuillet ou pris dans la masse (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Par conséquent, les placers aurifères que l'on rencontre en Ardenne, plutôt que de provenir d'un seul grand filon, proviendraient de l'érosion de nombreux filons de quartz et de sulfures, issus du métamorphisme en contexte de cisaillement (shear-zone) principalement à la fin du plissement varisque et, dans une moindre mesure, lors du plissement calédonien. On ne peut nier que le conglomérat de base et l'arkose semblent jouer un rôle dans la fourniture de l'or aux rivières (Detaille &

2. Aussi appelé As Massotais, il s'agit d'une mine d'or du Plateau des Tailles datant de 240 à 530a cal BC. Ce site est présenté ci-après, page 18.

Carte hydrographique de Wallonie

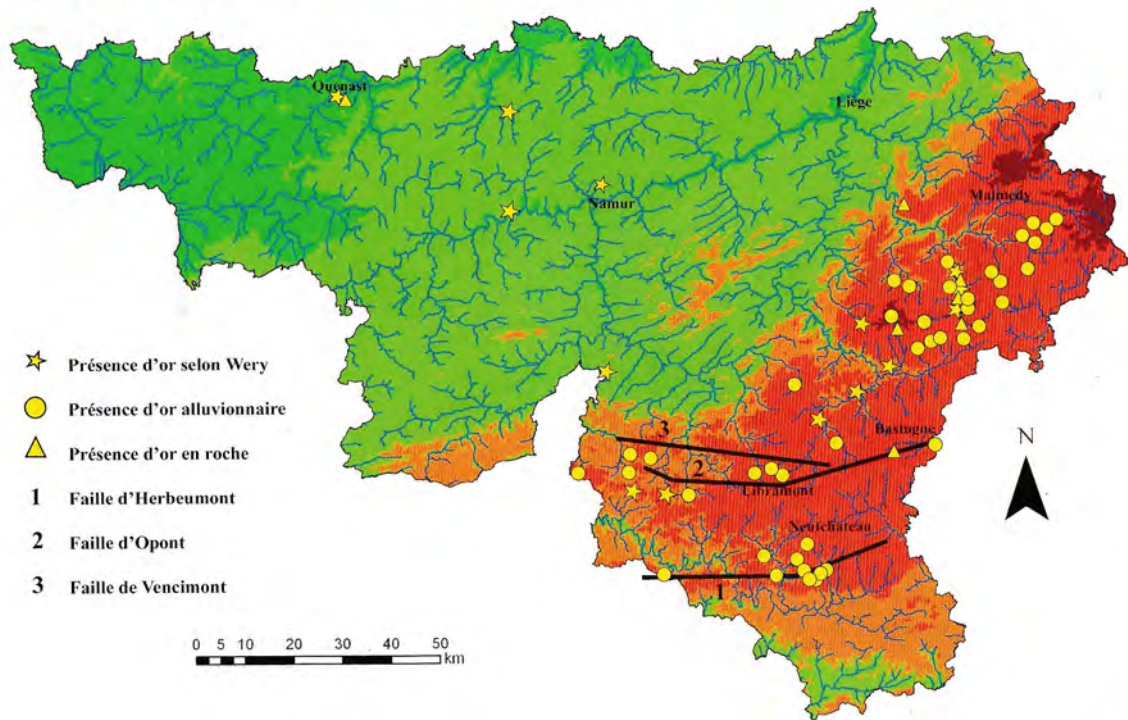


FIGURE 2.3 – Carte des occurrences d'or en Wallonie.
(Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014)

Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017). Le potentiel aurifère des cours d'eau semble bien dépendre du métamorphisme et de la présence de failles : la Bordure sud du Massif de Stavelot est en pleine zone métamorphique et intensément faillée (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) ; les secteurs aurifères du Massif de Serpont sont recoupés par les failles de Bras et de Serpont et bordés par celles de Vencimont et de Opont (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017) ; la faille d'Herbeumont traverse la région de Suxy et Bouillon (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) ; ... La conjugaison de ces différentes sources d'or a pu produire une concentration suffisante dans les alluvions et conduire à l'orpaillage antique des rivières (Bruni & Hatert, 2017).

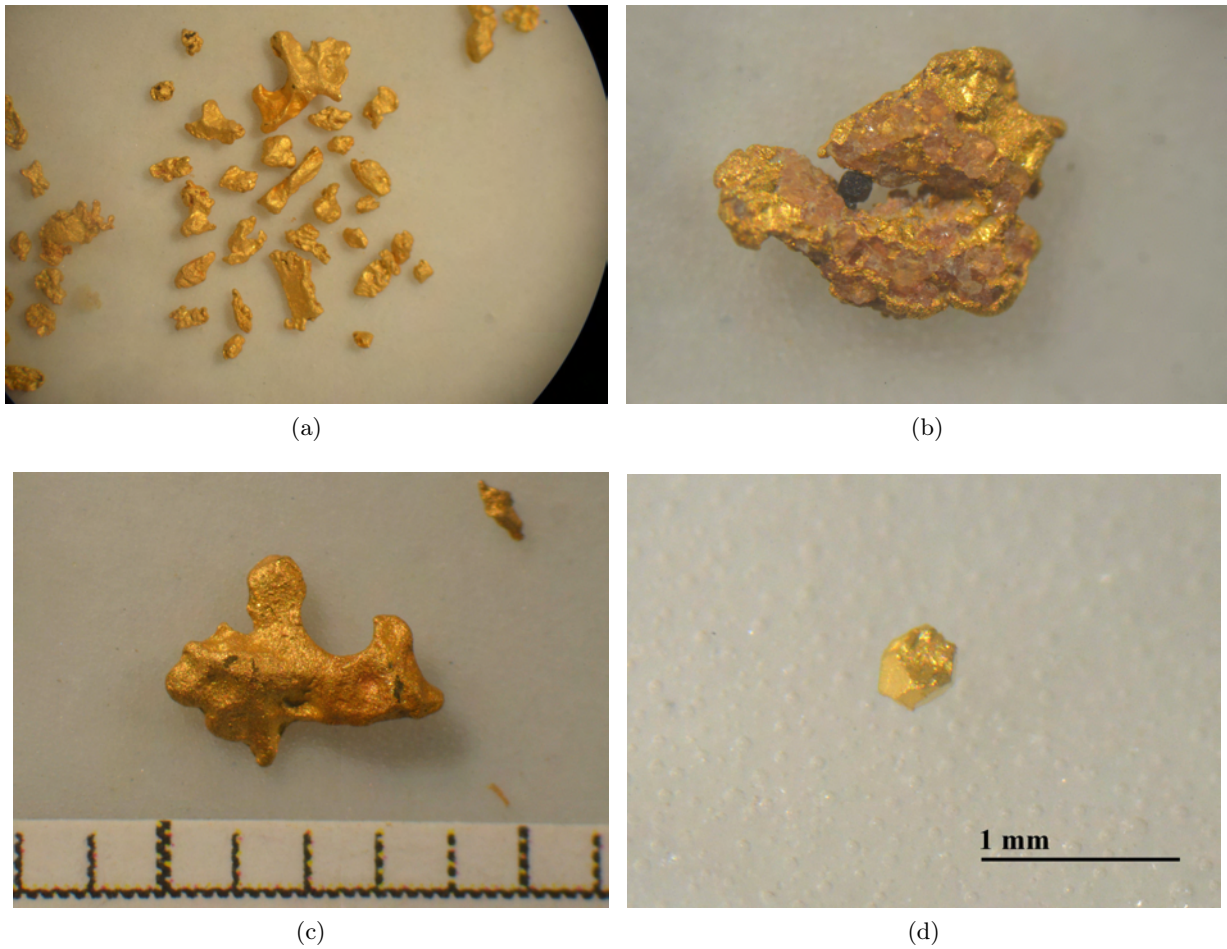


FIGURE 2.4 – Or de Belgique :
(a) pépites d'or (plus de 2 mm) ; (b) or sur un agglomérat de cristaux de quartz ; (c) pépité d'or de 4 mm de long (forme Modified) ; (d) paillette d'or (forme Pristine). Photographies fournies par B. Van Eerdenbrugh.

3 Exploitation de l'or et l'orpaillage

L'or a été apprécié de tout temps dans de très nombreuses régions du monde. Principalement utilisé dans un rôle monétaire et de parure (orfèvrerie), il a été exploité très précocement et est devenu très important pour de nombreuses civilisations à travers les âges. L'objet en or le plus ancien actuellement connu, découvert dans la nécropole de Varna (Bulgarie), date de 5000 à 6000a BC (Viladevall Solé, 2005).

L'Égypte antique semble être la première civilisation à pratiquer une extraction de façon quasi industrielle. Plus tard les peuples grecs, celtes et surtout romains vont exploiter les filons et les placers dans tout le bassin méditerranéen. Les peuples orientaux et d'Amérique Centrale ne font pas exception à la règle (figure 3.1)(Viladevall Solé, 2005).



FIGURE 3.1 – Exploitation d'or historique (avant 1492) (Viladevall Solé, 2005).

Lors de la découverte des Amériques, les espagnols découvrent la formidable richesse des civilisations Aztèques et Incas (Viladevall Solé, 2005). Plus tard, suite à la colonisation, de nouveaux gisements sont peu à peu découverts, provoquant parfois des ruées vers l'or, comme en Californie, dans le Yukon, ainsi qu'en Australie, en Nouvelle Zélande, en Afrique du sud, ...

Aujourd'hui, environ 3 100 tonnes d'or sont extraites chaque années sachant que 54 000 t sont en réserve. En 2017, les principaux producteurs sont la Chine (440 t), l'Australie (300 t), la Russie (255 t) et les États-Unis (245 t). Il semble que 33 000 t soient encore exploitables (dont 18 000 t restant à découvrir) (U.S. Geological Survey, 2018).

Du fait de l'ampleur de ce sujet, ce chapitre ne présente qu'un contexte plus local des exploitations d'or, c'est-à-dire les formes laissées par les activités d'orpaillage en Europe occidentale. Les gisements se trouvant généralement associés aux filons de quartz et aux sulfures, les grandes régions d'exploitation de l'or correspondent aux pourtours des massifs primaires, aux régions métamorphisées et, bien-sûr, aux dépôts alluviaux associés. En France, l'or a été exploité en Bretagne, dans le Massif Central (Limousin, Cévennes, Auvergnés...) et en Pyrénées (Pays Basque) (Domergue *et al.*, 2006). En Espagne et au Portugal (Péninsule ibérique), de nombreuses mines et rivières ont été exploitées, notamment d'importants dépôts alluviaux aurifères dans le nord-ouest. Au Royaume-Unis, l'Écosse et le Pays de Galles ont aussi connu l'orpaillage.

Après avoir abordé les quelques outils courants utilisés pour l'orpaillage, les grandes régions d'orpaillage antiques sont présentées, notamment les mines celtes du Limousin (France) et les importants travaux romains de Las Médulas (Asturie, León, Espagne), avec un intérêt tout particulier sur l'aspect technique et les morphologies héritées. Enfin, quelques études sur les impacts géomorphologiques des activités d'orpaillage du 19^esiècle dans l'Ouest américain sont présentées.

3.1 Les outils de l'orpaillage

Une fois que le sédiment aurifère a été isolé, l'extraction de l'or est en fait une séparation densimétrique. L'or est peu à peu isolé grâce au lavage à l'eau du sédiment et à l'action de la gravité et éventuellement des forces centrifuges. Suivant l'ampleur des travaux, l'époque et les capacités techniques, les outils utilisés évoluent et varient, mais le principe semble rester immuable.

Comme outil simple et encore beaucoup utilisé aujourd'hui par les prospecteurs, on notera la batée (figure 3.2 (a)). Cet outils a progressé depuis le simple bassin jusqu'à un cône très évasé, en forme de « chapeau chinois ». Les matériaux ont également évolué, passant du bois au métal et à l'aluminium. Très basiquement, la batée permet de trier le sédiment à l'aide d'eau : le sédiment aurifère, éventuellement tamisé au préalable, y est soumis à une rotation. L'addition régulière d'eau permet d'évacuer peu à peu les éléments légers (peu denses) alors que les éléments plus lourds (denses) se concentrent au centre. À la fin des manipulations, qui demandent une certaine expérience pour être réellement efficace, on obtient une concentration des éléments denses, et surtout les paillettes d'or.

Plus moderne, le pan californien (figure 3.2 (a)) repose sur le même principe si ce n'est qu'il n'est pas nécessaire d'effectuer la rotation du matériel aurifère. Un mouvement de va-et-vient permet d'isoler les éléments denses, retenus par les rainures.

Lors d'une exploitation à plus grande échelle, un sluice, ou rampe de lavage, permet encore une fois de laver le sédiment aurifère grâce à l'eau (figure 3.2 (b)). Son avantage est qu'il demande nettement moins de mains-d'œuvre pour traiter une grande quantité de sédiments, même s'il nécessite un passage ultime à la batée : le sédiment est soumis à un courant d'eau constant, les particules denses sont retenues et classées par les rainures transversales tapissant le fond de la rampe.

Plus récemment, notamment au États Unis et en Australie au 19^e siècle et en Amazonie de nos jours, l'orpaillage utilise du mercure : celui-ci recouvre une rampe de lavage où s'écoule les sédiments aurifères ; l'or s'y amalgame et est ainsi extrait du reste du sédiment qui s'évacue par le courant d'eau. Les particules amalgamées sont chauffées afin d'évaporer le mercure. Cette méthode provoque une contamination importante de l'environnement du site d'orpaillage, mais aussi des sédiments en aval, de l'atmosphère et des chaînes trophiques (Dhindsa *et al.*, 2003 ; Lecce & Pavlowsky, 2014).

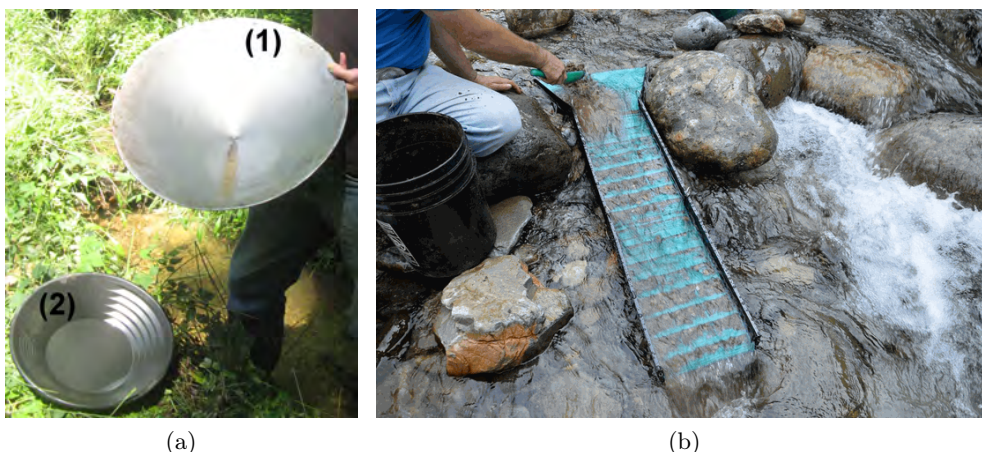


FIGURE 3.2 – Outils d'orpaillage : (a) Exemple de batée (1) et d'un pan californien (2) ; (b) sluice moderne (source : <https://www.chercheurdor.net/methode-orpaillage/>, consulté le 10/07/2018).

3.2 l'orpaillage en Europe Occidentale

3.2.1 Durant l'Antiquité

À notre connaissance, seuls les Celtes et les Romains ont massivement extrait des métaux et recherché de l'or en Europe occidentale durant l'Antiquité.

Les Celtes

Les Celtes regroupent tout un ensemble de peuplades ayant une culture commune (langue, rites funéraires, style d'habitat, ...). Cette civilisation apparait en Europe, au nord des alpes, au début de l'âge du fer et prend fin à la conquête romaine, époque où elle est absorbée par le monde romain et germanique. Elle subsiste en Irlande et en Écosse jusqu'à la christianisation. À son apogée, la civilisation celtes s'étendent de la péninsule ibérique au plateau anatolien comprenant l'Europe Centrale. Les archéologues subdivisent la période celtique, qui correspond plus ou moins à l'âge du fer, en Hallstatt (800 à 450a BC) et en La Tène (450a BC à la conquête romaine). Peu de traces de l'habitat celtique ont subsisté, hormis les quelques tombes (tumulus) et refuges fortifiés (oppidum).

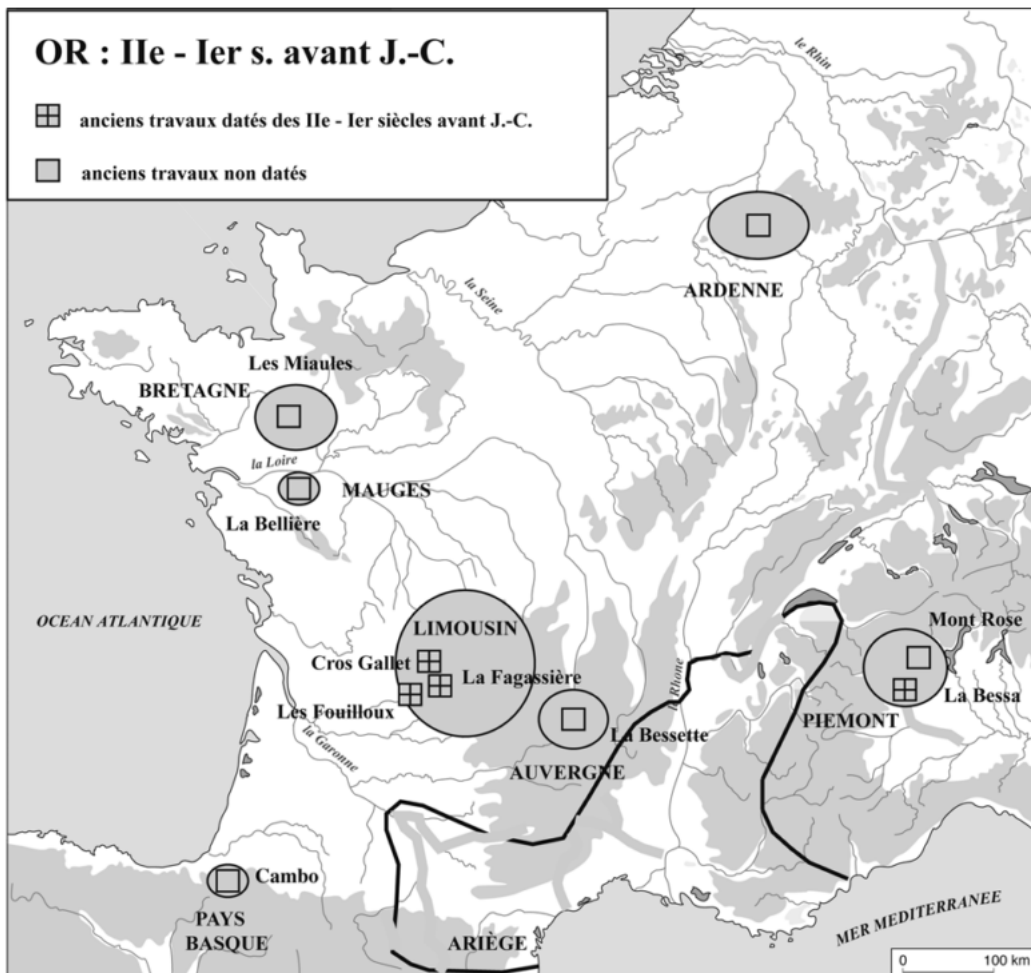


FIGURE 3.3 – Mines d'or à l'époque gauloise (Domergue *et al.*, 2006).

En Gaule, de nombreuses traces d'exploitations minières ont pu être attribuées à ces peuples, notamment les mines d'or (figure 3.3). Domergue *et al.* (2006) supposent que les rivières reconnues

aurifères par les auteurs grecs et romains ont été orpillées (dans les Pyrénées, les Cévennes et en Bretagne), bien qu'ils considèrent que ces activités n'y laisseraient pas de traces. Toutefois, l'orpaillage est attesté sur le Rhin, entre Bâle et Mayence. Ainsi, il apparaît que les tertres et autres formes liées à l'orpaillage en Ardenne soient plutôt rares en Europe occidentale. Peut-être ces morphologies ont-elles été mieux préservées, car la région, difficile d'accès et peu favorable à l'agriculture, est restée sans réelle occupation humaine jusqu'au 12^e siècle (Houbrechts, 2005).

Dans le limousin, plus de cent mines en roches ont pu être attribuées aux Celtes. Celles-ci sont accompagnées de traces de travaux d'orpaillage (chantier en alluvion). L'exploitation y a duré de 500a BC jusqu'à la conquête romaine, où toutes activités cessent brutalement (Domergue *et al.*, 2006). Ces exploitations se présentent aujourd'hui sous la forme de fosses de 5 à 30 m de large, sur 10 à 100 m de long pour une profondeur de 2 à 15 m. L'or y était extrait à partir de veines de quartz dans des roches primaires. Les teneurs variables, entre 10 et 50 g/t, ont conduit à estimer que 68 à 172 tonnes d'or aurait été extraites sur l'ensemble de la région en cinq siècles d'exploitation. Les sites se répartissent en trois secteurs (figure 3.4). Les recherches se sont concentrées autour de Saint-Yrieix-la-Perche, au sud du département de la Haute-Vienne, notamment sur trois sites : Cros Gallet, La Fagassière et les Fouilloux (Cauuet, 1991; 2004).

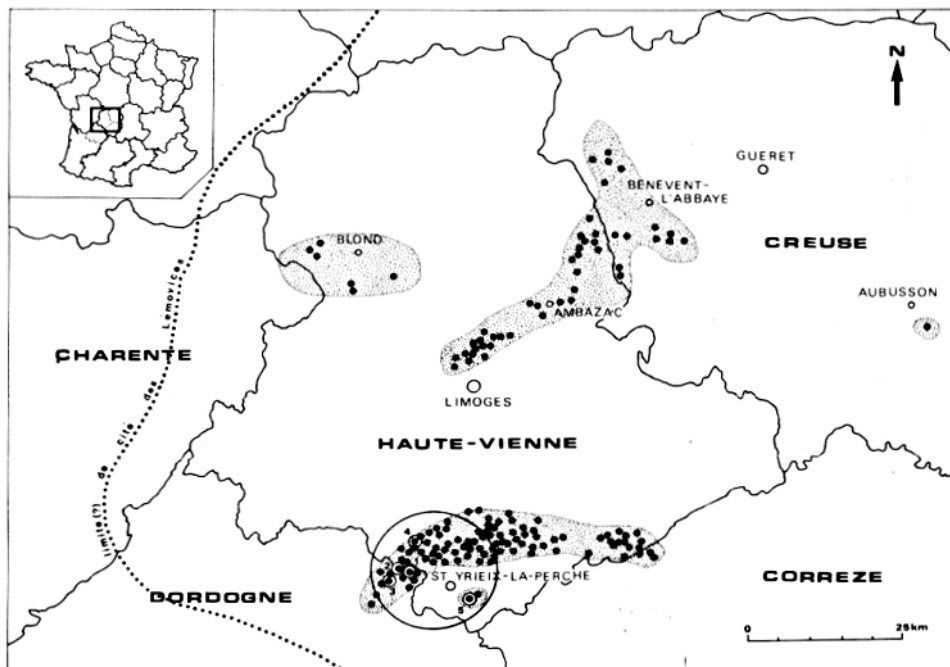


FIGURE 3.4 – Localisation des mines d'or antiques du Limousin (Cauuet, 1991).

Ces mines, a priori contemporaines de l'orpaillage en Ardenne, attestent d'une certaine maîtrise technique qui peut être très succinctement résumée comme suit (figure 3.5), selon les travaux de Cauuet (1991; 2004) :

1. Les orpailleurs identifiaient le filon et le dégageaient des dépôts et roches stériles puis progressaient le long de celui-ci, créant une dépression entourée de tertres constitués des matériaux stériles. Leur activité était limitée par le volume de matériel à déplacer, toujours de plus en plus important, et par le régime hydrologique.

D'après les traces de foyers et les fragments de meules retrouvés, il semble que l'or était extrait en broyant le minerai puis en procédant probablement au grillage (cuisson du minerai pour oxyder les sulfures et libérer les particules d'or) suivi d'une concentration au moyen d'une rampe de lavage. Cette dernière étape a conduit à la mise en place d'un réseau de canaux et

de bassins afin de disposer de quantités suffisantes d'eau. Au Puy des Angles, les canaux ont 150 m de linéaire, l'eau provenant probablement d'une source située à 1 250 m.

2. Par la suite (bloc 4 de la figure), l'exploitation s'est poursuivie en creusant des puits et des galeries (ogivale, de 1 à 1,3 m de large pour 1,75 à 2 m de haut). Afin de drainer la mine, certaines longues galeries ont été creusées jusqu'au versant à proximité.
3. Aujourd'hui (bloc 5 de la figure), la mine à ciel ouvert est partiellement comblée et envahie par la végétation, les entrées des galeries souterraines sont obstruées, préservant de ce fait une partie du boisage jusqu'à la redécouverte, lors des prospections modernes (19^esiècle).

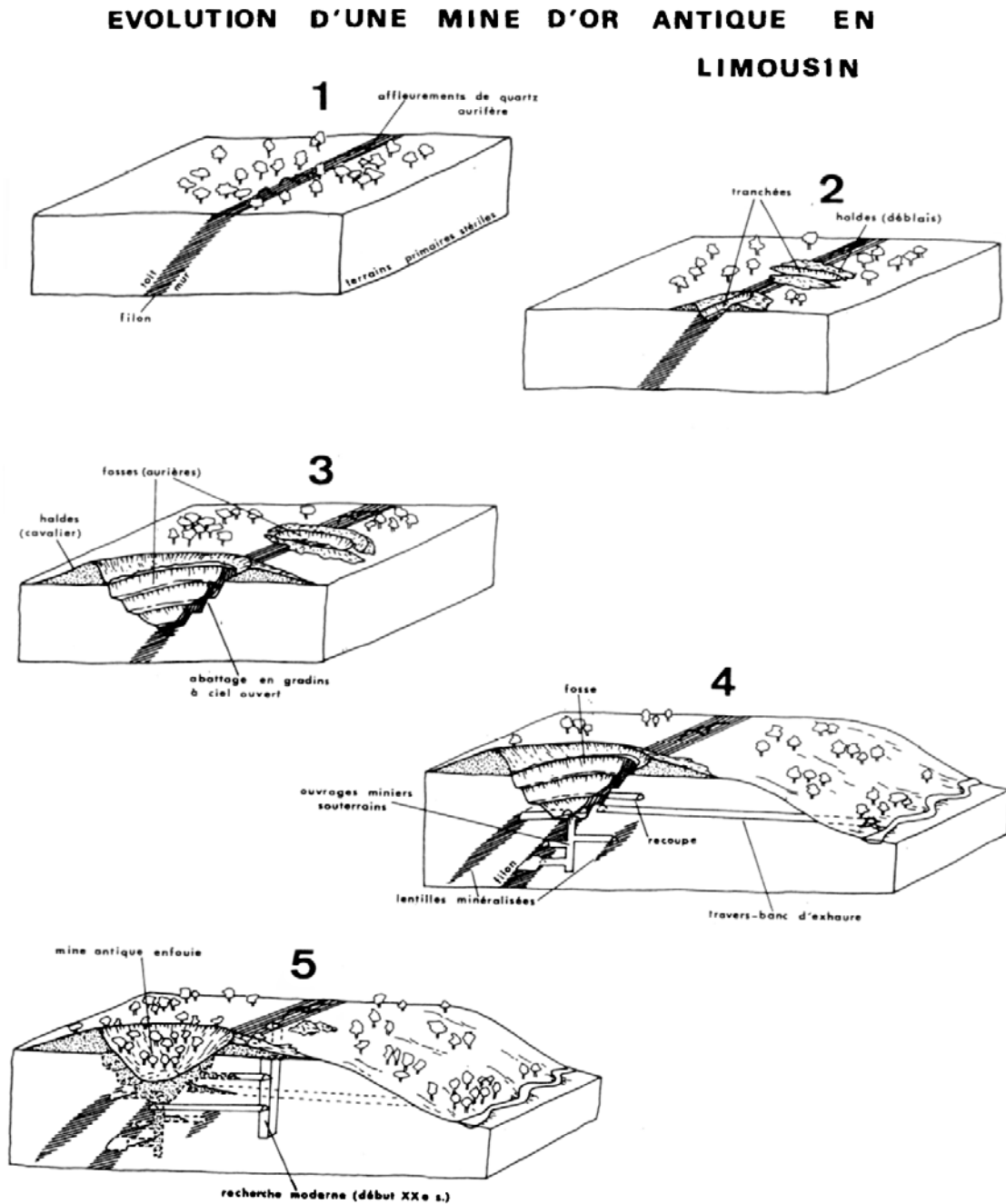


FIGURE 3.5 – Blocs diagrammes de l'évolution des mines du Limousin (Cauuet, 1991).

En Belgique, outre les tertres et autres formes liées à l'orpaillage, une mine a été découverte à As Massotais (Plateau des Tailles) : celle-ci présente des similitudes avec les vestiges du Limousin ou la mine Dalaucothi au Pays de Galles. Cette mine du Plateau des Tailles se présente comme une excavation noyée. La vidange et l'exploration de cette dépression, à l'initiative de Grailet, a mis à jour une galerie d'une dizaine de mètres où des boisages (étais) et une pelle en bois ont été découverts (figure 3.6). La datation par Cauuet d'une planchette de calage des boisages a permis de dater cette exploitation entre 240 et 530a AD, soit postérieure de plus de deux siècles aux autres sites d'orpaillage datés en Ardenne (Domergue *et al.*, 2006 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017).

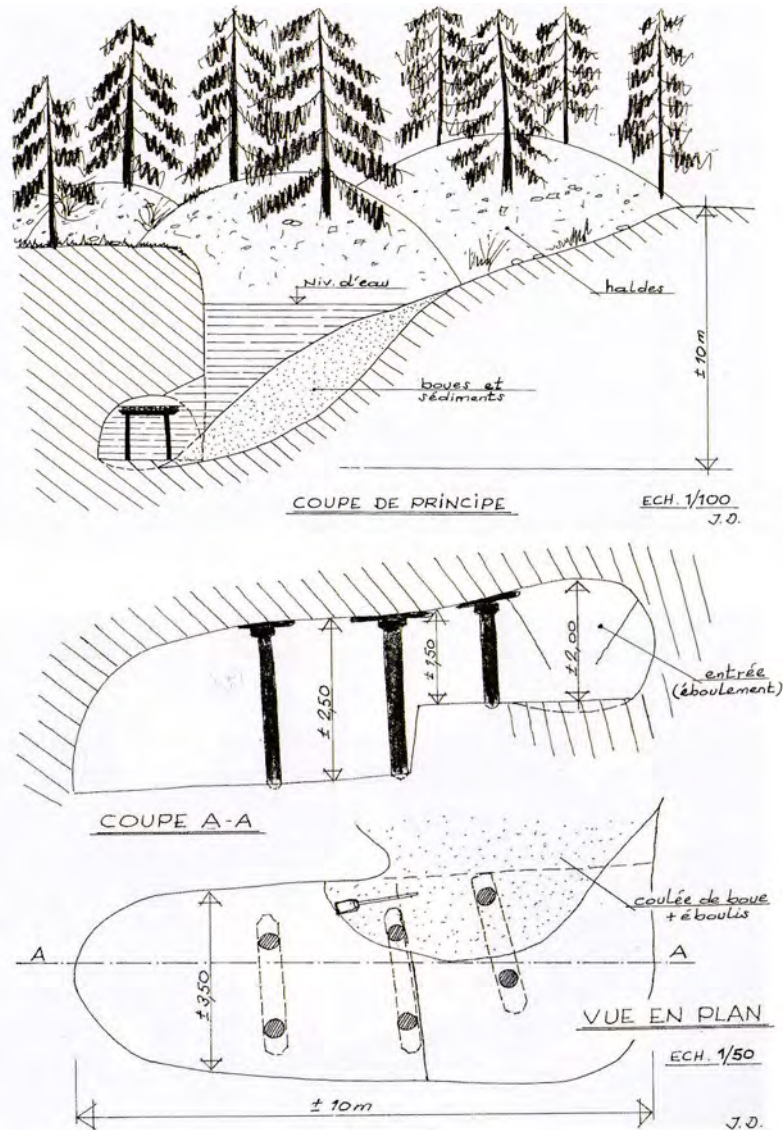


FIGURE 3.6 – Schémas de la mine de As Massotais (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Époque romaine

À la suite de la conquête de la Gaule par Rome, la majeure partie des exploitations d'or réduisent fortement leurs activités. Les mines du limousin et l'orpaillage en Ardenne cessent complètement et tombent dans l'oubli jusqu'au 19^e siècle (Cauuet, 1991 ; Grailet, 1998 ; Domergue *et al.*, 2006 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Cet abandon, plutôt étonnant au vu de l'importance de l'activité celte, serait peut-être à lier au changement d'échelle de l'économie qui passe de « locale » à l'époque celte, à plus globale lors de l'avènement de l'Empire romain. Alors que les mines d'or sont abandonnées, toutes les autres exploitations minières voient leurs activités augmenter, notamment l'extraction du fer (Domergue *et al.*, 2006).

À l'inverse de la situation en Gaule, les exploitations d'or décuplent dans la péninsule ibérique à partir de la conquête romaine (218a BC) et surtout au début de l'empire. De très grandes mines voient le jour, notamment dans le nord-ouest de la péninsule, au Portugal et en Espagne actuels. Les romains y édifièrent un important réseau de chenaux, des digues, des réservoirs et des lavoirs qui servaient à drainer un conglomérat tertiaire aurifère (figure 3.8). Les eaux, amenées par les chenaux sur le conglomérat, se chargeaient en sédiments et étaient menées à des lavoirs munis de sluices. Par conséquent, la fraction qui n'a pas été entraînée dans le courant est accumulée en tertres tandis que la fraction fine produit d'importants dépôts de matériaux en aval (Ruiz del Árbol Moro *et al.*, 2014).

On remarque tout particulièrement les sites de Las Médulas, enregistrés au patrimoine mondiale de l'UNESCO, dont le paysage est transformé de façon spectaculaire (figure 3.7). La technique employée par les orpailleurs romains, appelée *Ruina montium*, consistait à provoquer l'effondrement de pans entiers de collines en y creusant des tunnels qui, une fois inondés, provoquaient la fracturation du dépôt. Les sédiments entraînés par l'eau étaient traités de façon « classique » dans des aires de lavage à l'aide de sluices (Viladevall Solé, 2005). Cette méthode a probablement également été utilisée au Pays basque à la même époque (Domergue *et al.*, 2006). S'inspirant de cette technique, une méthode consistant à soumettre des dépôts aurifères à des courants d'eau sous pression, a été employée en Amérique du Nord au 19^e siècle (Nelson & Church, 2012).



FIGURE 3.7 – Panorama de Las Médulas.

Source : Ibañez Fernández, R. (<https://www.lespagneincontournable.com/tag/las-medulas/>), consulté le 10/07/2018.

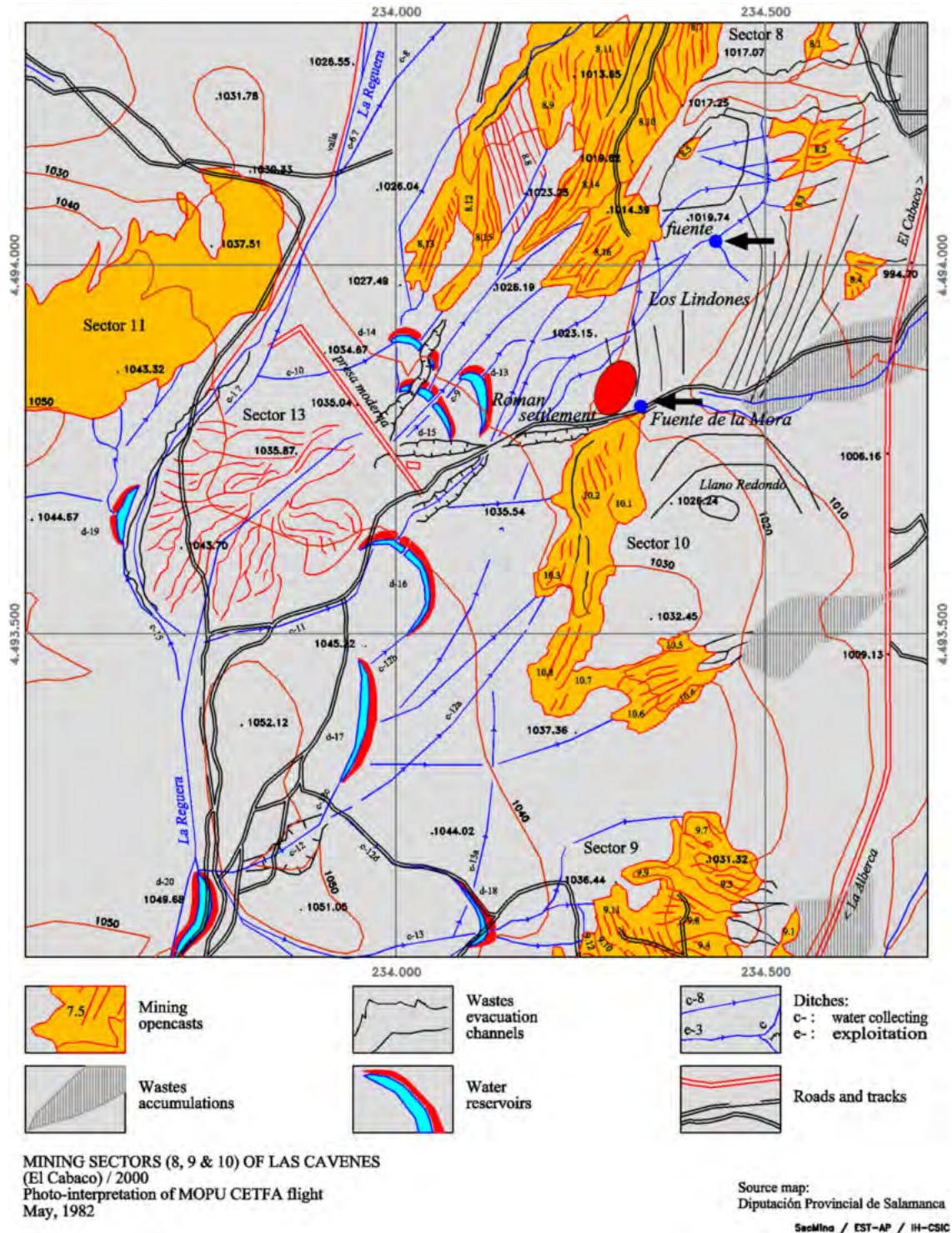


FIGURE 3.8 – Photo-interpretation de mines romaines de Las Cavenes (Salamanque) (Ruiz del Árbol Moro *et al.*, 2014).

3.2.2 Aux 19^e et 20^e siècles

En Belgique, à la fin du 19^e siècle et début du 20^e (de 1895 à 1913), J. Jung puis son fils provoquent une « ruée vers l'or » en Ardenne prussienne, en bordure est du massif de Stavelot. Ils débutent leurs travaux à Himmelfürst sur le Ladebach (Born), puis poursuivent sur la Warchenne et le Goldbach (Faymonville) ainsi que sur le Ru de Poteau (Recht) et sur le Schinderbach (Amblève) (Godfroid, 1980 ; Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Quarante-trois concessions minières sont accordées par l'état prussien (figure 3.10), mais hormis les travaux des Jung et leurs quelques ouvriers, il semblerait que les activités aient été très limitées ; J. Jung a probablement « gonflé intentionnellement la nouvelle » (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Les activités étant très peu rentables, elles ont rapidement cessé dès le départ des Jung de la région, les autres concessions n'étant que le produit de la spéculation de financiers prussiens, certaines étant d'ailleurs sur des terrains stériles (Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

En plus de ces activités d'orpillage, une exploitation d'or en roche se trouverait à Quarreux (Heid de la mine d'or), sur le versant en rive droite de la Chefna. Elle se présente sous la forme d'une excavation de 10 m de long pour 6 m de large à flanc de versant, dans les roches du Cambrien supérieur. Elle aurait été exploitée dans la première moitié du 19^e siècle, mais le caractère aurifère du site reste à confirmer (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

À l'image de la redécouverte de l'or en Ardenne, la prospection et l'exploitation a repris en France au début du 20^e siècle. Les mines d'or en roche vont se développer, notamment en Bretagne, dans le Limousin et dans les Pyrénées (figure 3.9). Des extractions rentables commencent en Mayenne en 1903 et s'établissent dans les régions géologiquement similaires, à proximité des exploitations anciennes. Elles sont conduites avant la première guerre mondiale et subsistent localement jusqu'au début des années 1950, où une seule mine reste en activité à Salsigne. À partir de 1982, dans le limousin, la prospection des vestiges étudiés par Cauuet (1991; 2004) a conduit à la création d'une mine à Cros Gallet (Saint-Yrieix-la-Perche), mais toute activité cesse début des années 2000. Parallèlement, les activités d'orpillage semblent toujours se poursuivre et reprennent surtout durant le 19^e siècle et existent encore confidentiellement aujourd'hui (Konig, 2015).



FIGURE 3.9 – Mines d'or en France (<http://www.orpillage.fr/histoire/20.html>).

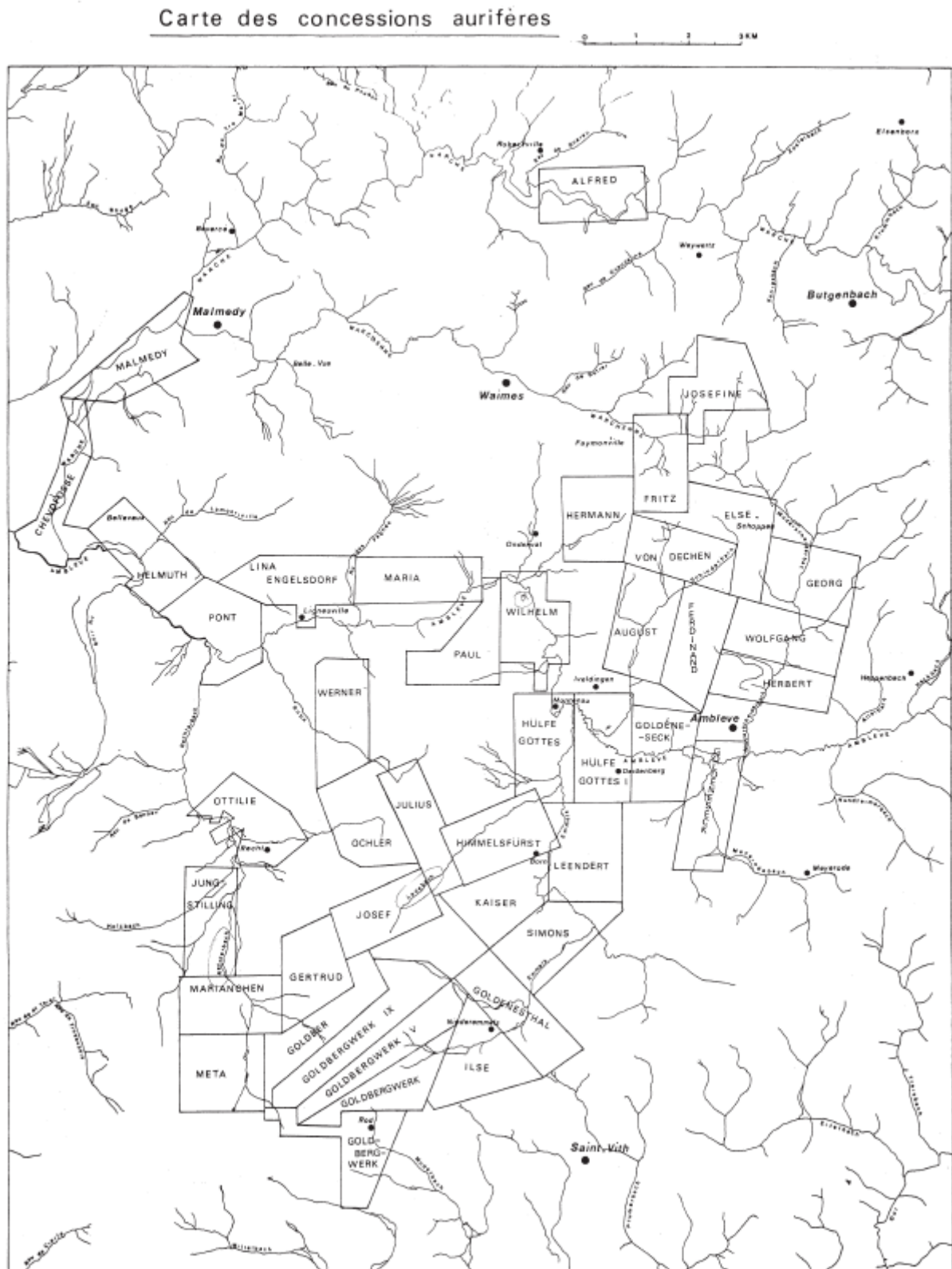


FIGURE 3.10 – Carte des concessions aurifères accordées entre 1896 et 1913 (Godfroid, 1980). Également présentée par Grailet (1998) et Detaille & Van Eerdenbrugh (2014).

3.3 Impacts géomorphologiques de l'orpaillage

Au vu des quelques exemples cités, il semble que les impacts de l'orpaillage ont été non négligeables. Les différentes techniques utilisées pour extraire l'or provoquent la manipulation d'importantes quantités de sédiments : le sédiment aurifère, mais aussi les dépôts stériles.

L'eau étant impérative pour l'extraction de l'or (on parle d'ailleurs de lavage du matériel aurifère) des systèmes de chenaux, de retenues et de bassins ont été créés. De plus, l'eau a parfois aussi été utilisée pour l'extraction du matériel aurifère, comme à Las Médulas (Godfroid, 1980 ; Cauuet, 1991 ; Grailet, 1998 ; Cauuet, 2004 ; Ruiz del Árbol Moro *et al.*, 2014 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

À l'issue des travaux d'orpaillage, les sédiments sont généralement répartis en deux fractions (Godfroid, 1980 ; Grailet, 1998 ; Cauuet, 2004 ; Nelson & Church, 2012 ; Ruiz del Árbol Moro *et al.*, 2014 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) :

- La fraction grossière qui n'a pas été mobilisée par l'eau de lavage, constituée de cailloux et d'éléments plus volumineux, est entassée en tertres.
- La fraction fine (petits cailloux, sable et silt) est parfois aussi accumulée en buttes, une partie au moins étant entraînée par la rivière.

Par conséquent, aujourd'hui, de nombreuses traces des activités d'orpaillage sont encore visibles : buttes constituées des matériaux stériles et de la fraction grossière du sédiment aurifère ; dépressions témoignant des excavations et des systèmes hydrauliques employés ; ... Ces formes héritées permettent de situer et de comprendre les méthodes d'exploitation et même d'évaluer les volumes manipulés, la quantité d'or extrait, etc. (Cauuet, 2004 ; Nelson & Church, 2012 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

Plusieurs études menés en Espagne, aux États-Unis, au Canada, en Australie et en Nouvelle Zélande ont permis de cerner et de quantifier les impacts géomorphologiques de l'orpaillage sur les rivières orpaillées.

Dans la péninsule ibérique, les importants volumes de sédiments mobilisés par les activités romaines ont produit des dépôts conséquents en aval des sites (figure 3.8 : zones en hachuré gris).

Knighon (1989) a montré que, de 1875 à 1982, les activités minières installées sur 75 km de la rivière Ringarooma (Tasmanie), ont émis 40.10^6 m³ de matériaux. Durant cette période, une élévation importante du niveau du lit a eu lieu, rythmée par les différentes phases d'activités, et s'est propagée jusqu'à 30 km en aval des sites. Cette aggradation s'est aussi accompagnée du passage à un style fluvial en tresse, parfois même anastomosé, et à l'élargissement du lit de 300 %. Au terme de l'exploitation, le lit a commencé à s'inciser à un taux de 0,5 m/an de l'amont vers l'aval en tendant à reprendre un lit unique.

En Californie, de 1849 à 1884, l'orpaillage dans le bassin de la rivière Sacramento aurait produit $1,3.10^9$ m³ de sédiments. La seconde phase d'exploitation, de 1893 à 1953 aurait émis 24.10^6 m³. Ces volumes mobilisés ont eu pour conséquence de provoquer une aggradation de plusieurs mètres tout en perturbant le style du cours d'eau. Aujourd'hui, ces sédiments continuent à perturber le cours de la rivière, car une part importante d'entre-eux constitue des dépôts de débordements et sont susceptibles d'être mobilisés (Nelson & Church, 2012).

Un constat similaire a été fait en Nouvelle Zélande : de 1861 à 1920, sur la Clutha (Ile du Sud), 230.10^6 m³ ont été émis en provoquant une aggradation de 3 m. Barker (2001 *in* Nelson & Church 2012) a pu y distinguer différentes parts : 31.10^6 m³ ont quitté la rivière, 46.10^6 m³ sont en transit

et 153.10^6 m^3 reste encore disponibles sous forme de dépôts. Sur la rivière Ohinemuri (Coromandel, Ile du Nord), Clement *et al.* (2017) ont montré que le taux de sédimentation est passé d'environ 0,2 mm/an à 5,5 - 26,8 mm/an après 1907. Cela a conduit à déterminer que $1,13.10^6 \text{ m}^3$ de sédiments provenant de l'orpaillage ont été injectés dans les cours d'eau, les facteurs géomorphologiques jouant un rôle important dans l'épaisseur locale des dépôts.

Grâce à la mesure du mercure et d'autres polluants liés au minage, Lecce & Pavlowsky (2014) ont montré que, sur la période d'orpaillage intense (de 1842 à 1856) du district minier de Gold Hill (Caroline du Nord, USA), le taux moyen d'aggradation de la plaine alluviale était de 2,7 cm/an, soit trois fois le taux moyen à long terme (0,9 cm/an). Ce taux serait la combinaison des activités minières, mais aussi du changement de l'occupation du sol provoqué par ces mêmes activités (déboisement, mises en culture, ...).

Afin d'analyser l'impact des petites exploitations, Nelson & Church (2012) ont étudié la rivière Fraser (Nouvelle Angleterre, Canada). 456 exploitations individuelles y ont été localisées. Celles-ci ont rejeté environ 58.10^6 m^3 de sédiments dans la rivière (figure 3.11) : ceux-ci ont été déchargés dans le cours d'eau à des taux fort variables suivant les périodes d'exploitations, pour un taux moyen de $1.10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. Le matériel remanié est surtout constitué de sables, graviers et petits cailloux (sable : environ 40 % ; gravier : environ 30 % ; petits cailloux : environ 14 % ; silt : environ 13 %). 27.10^6 m^3 de cailloux et graviers ont été émis dans la rivière et progressent vers l'aval à une vitesse de 3,1 à 6,3 km/an, provoquant une aggradation importante dans le cours inférieur. Les perturbations provoquées par l'orpaillage mettraient 300 ans à être résorbées.

En conclusion, il apparaît que les activités d'orpaillage du 19^e siècle de différentes régions aurifères du monde ont produit des impacts géomorphologiques non négligeables. Les importants volumes de sédiments mis en mouvement et le tri de ceux-ci ont provoqué la propagation de vagues sédimentaires. Elles se traduisent par l'aggradation des lits et d'éventuels changements de styles fluviaux, parfois suivi d'une incision. Par conséquent, l'orpaillage en Ardenne, notamment les sites d'exploitation celtes, a également dû avoir des impacts géomorphologiques importants sur les cours d'eau. Si elles en ont la capacité, les rivières semblent tendre à retourner à l'équilibre, même en plusieurs siècles. L'impact de l'orpaillage celtique sur les cours d'eau importants n'est peut-être identifiable que par d'éventuels niveaux de dépôts dans la séquence sédimentaire des plaines alluviales (paléo-chenaux, niveaux sableux ou limoneux particuliers, ...).

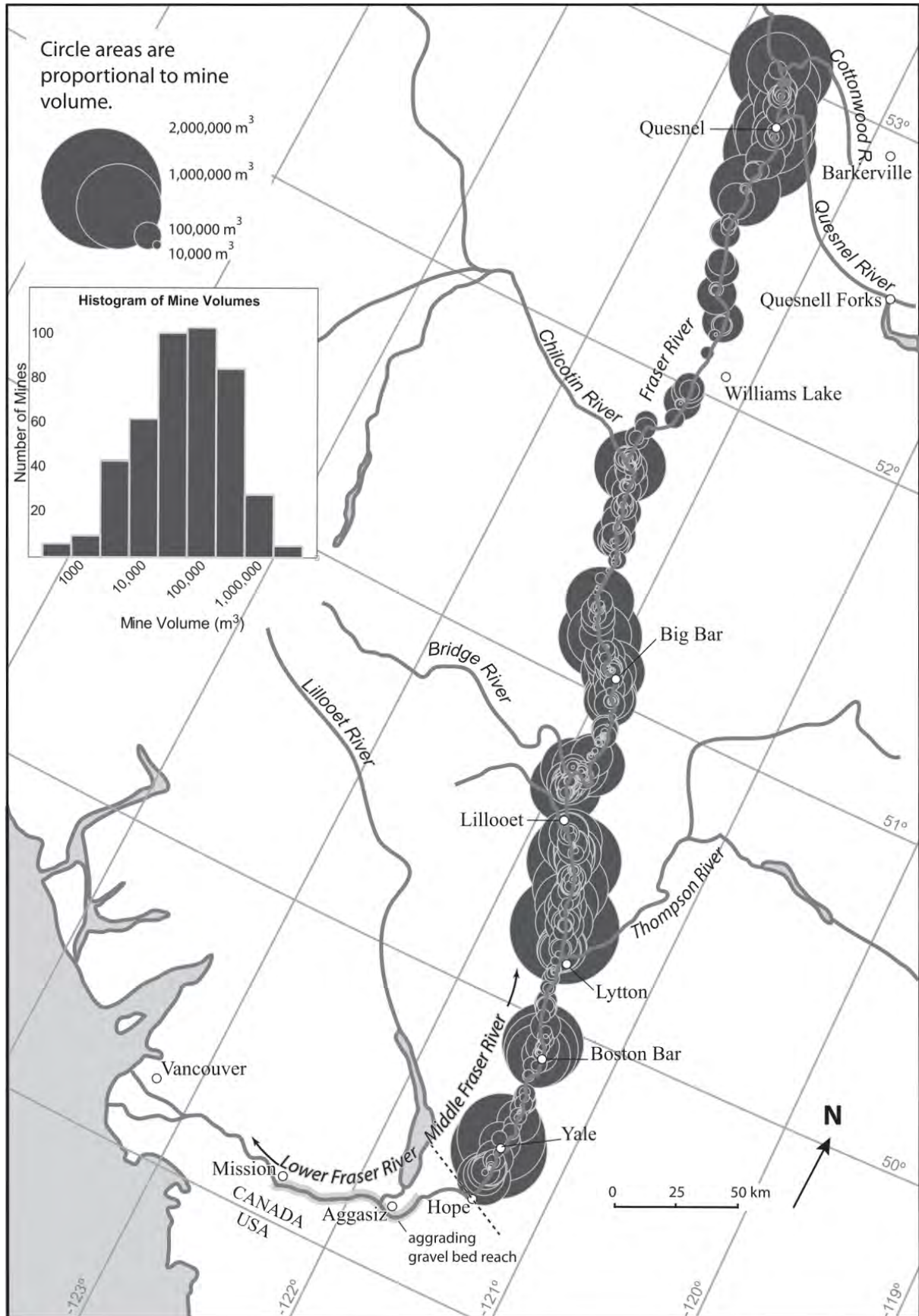


FIGURE 3.11 – Carte des volumes estimés excavés par chaque exploitation sur la rivière Fraser (Nelson & Church, 2012).

4 Inventaire des tertres et formes liés à l’orpaillage

Un inventaire des tertres et des formes du relief liés à l’orpaillage a été réalisé sur les rivières ardennaises. Il présente l’état des lieux des sites encore identifiables aujourd’hui.

Dans un premier temps, ce catalogue a été dressé à partir de deux documents : le mémoire de Godfroid (1980) et le livre de Detaille & Van Eerdenbrugh (2014). Quelques autres documents répertorient des sites (notamment Wavreille (1987) et Grailet (1998)), Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) les ayant synthétisés, les complétant de leurs propres observations. Godfroid (1980) présente une cartographie très complète des tertres de la Haute Amblève et définit la morphologie de chaque secteur (présence de chenaux, d’excavations et de réexploitations). Detaille & Van Eerdenbrugh (2014), dans leur recherche de l’or en Ardenne, présente une synthèse des cours d’eau aurifères et des vestiges d’orpaillage. C’est ainsi qu’ils dressent un tableau comparatif des sites repérés par Gillet en 1979 par rapport à la situation en 2014. Ils décrivent aussi la mine d’or d’*As Massotais* ainsi que d’autres curiosités. Ils fournissent également plusieurs cartes, parfois schématiques, mais très claires de la position des traces d’activité d’orpaillage de la Rougerie, du Rechterbach, du massif de Serpont, de Suxy, ...

Dans un deuxième temps, nous avons utilisé le LIDAR afin de cartographier avec précision les différents sites répertoriés par les auteurs ainsi que quelques zones encore inconnues. En outre, quelques informations supplémentaires y ont été associées, comme le nombre de tertres, la surface occupée par le site, la taille du bassin versant, le volume estimé de matériel remanié, une estimation de l’or extrait sur le site, ...

Les méthodes employées sont expliquées dans la première partie : spécificités du LIDAR et construction de l’inventaire sous ArcGIS. La deuxième partie est consacrée à la description des sites par secteur et par cours d’eau, à la situation géologique et aux observations obtenues lors des visites sur le terrain. La troisième partie présente une synthèse sous la forme d’une carte de l’ensemble des sites répertoriés, couvrant le massif ardennais, la présentation de quelques valeurs (nombre de tertres, volumes, diamètres moyens, etc.) et l’analyse des localisations sur les cours d’eau (taille de bassin versant, débits à plein bord). Enfin, le choix de la Rougerie et d’un secteur de l’Amblève comme site d’étude est expliqué.

4.1 Méthodologie

4.1.1 LIDAR : Hillshade

Le Hillshade, ou *vue en estompage de pente*, aide grandement à identifier et délimiter les formes du relief sur un modèle numérique de terrain (MNT). Le principe consiste à « éclairer » chaque pixel de ce dernier en simulant une source lumineuse. Le Hillshade utilisé dans ce mémoire provient du modèle numérique de terrain (MNT, interpolé) de la Wallonie construit grâce au levé LIDAR (Light Detection And Ranging) aéroporté, exécuté entre décembre 2012 et mars 2014. Ce dernier a une résolution de 1 m et une erreur quadratique moyenne de 0,12 m pour l'altitude (Service public de Wallonie, 2015).

Le principe du LIDAR est semblable à celui du RADAR hormis qu'un faisceau laser infrarouge est ici employé et non les ondes radios. Le système LIDAR émet des impulsions laser qui sont réfléchies par le sol, la végétation, les bâtiments, etc. Ces « échos » sont captés par le détecteur du système. Chaque impulsion est ainsi enregistrée et permet, au moyen du temps écoulé entre l'émission et la réception, de connaître la distance entre le capteur et le point de réflexion. Notons tout de même que plusieurs échos peuvent correspondre à une même impulsion. Par exemple, un premier écho peut provenir du sommet de la végétation, le dernier de la surface du sol (figure 4.1) (Bonnet *et al.*, 2013).

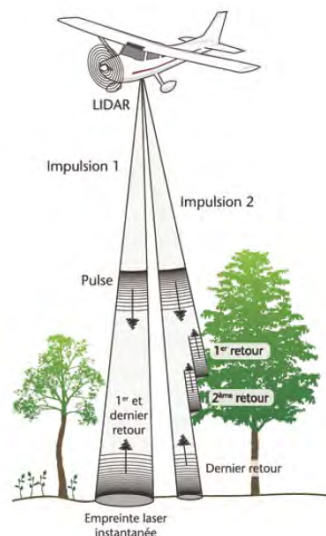


FIGURE 4.1 – Illustration du principe de fonctionnement du LIDAR (Bonnet *et al.*, 2013).

Concrètement, dans le cas du levé aéroporté du Service Public de Wallonie, l'avion a été équipé d'un GPS, d'une plateforme inertielle (pour enregistrer l'accélération et les mouvements de rotation de l'appareil) et du système LIDAR à balayage (les impulsions laser sont émises perpendiculairement à la trajectoire de l'avion au moyen d'un miroir rotatif). Les deux premiers systèmes permettent, à l'aide de corrections GPS fournies par des stations au sol, de connaître à tout instant l'orientation et la position précise de l'avion. Ce dernier a effectué des bandes de vol parallèles à 1500 m au-dessus du sol, avec un taux de recouvrement de 30 %, ce qui permet la construction d'un nuage de points dont la densité moyenne est de 0,78 point/m² (Service public de Wallonie, 2015).

On obtient un nuage de points couvrant l'ensemble du territoire défini et répondant à la tolérance d'erreur fixée, les points communs aux différentes bandes et champs de référence permettant d'ajuster les mesures. Ces données sont ensuite filtrées et classifiées : analyse *full wave* permettant d'isoler la végétation et la surface ; analyse morphologique délimitant notamment les constructions ;

contrôle de qualité (classification manuelle ou assistée) pour corriger les erreurs et définir les classes, notamment celles correspondant à l'eau (problématique, car elle absorbe au moins partiellement le rayonnement infrarouge) et aux ponts (Service public de Wallonie, 2015).

On peut alors construire le modèle numérique de surface (MNS), comprenant l'ensemble des points des classes définies à l'étape précédente, mais surtout le modèle numérique de terrain (MNT), où seuls les points de la classe correspondant au « sol naturel » ont été repris. Ces deux modèles sont constitués sur base d'une grille de mailles de 1 mètre de résolution couvrant l'ensemble du territoire, la valeur de chaque maille (pixel) est définie en effectuant le calcul de la moyenne des points qui s'y situent. Il arrive cependant qu'il y ait des plages de pixels sans valeurs. Dans le but de combler ces lacunes, une interpolation peut être exécutée, dans notre cas, la méthode « Natural Neighbors » (interpolation par voisins naturel) (Service public de Wallonie, 2015) où les pixels obtiennent une valeur d'altitude en fonction des points voisins sur base d'une tessellation de Voronoï (ESRI, 2018).

À partir de ces modèles, on peut alors créer les différents Hillshades. Concrètement, une fenêtre de convolution (généralement 3x3 pixels) parcourt le MNT : pour chaque pixel, le calcul des gradients par rapport aux pixels voisins permet de déduire la pente et son orientation ; en fonction de ces deux paramètres et de la position (azimut et élévation) de la source lumineuse, une valeur lui est affectée : plus il « fera face au soleil », plus sa valeur sera grande. Dans notre cas, les Hillshades du SPW ont une source lumineuse à 30° d'azimut et également 30° d'élévation (Service public de Wallonie, 2015).

Pour les sites étudiés sur l'Amblève et la Rougerie, un extrait des données de base a été obtenu pour, d'une part orienter différemment « l'éclairage » afin de mieux définir les formes du relief et, d'autre part construire des profils topographiques. La méthode pour définir ces transects est expliquée à la page 58 : 5.1.3 Extraction via le LIDAR.

4.1.2 Construction de l'inventaire

La construction de l'inventaire est basée sur une reconnaissance visuelle. Chaque site a été répertorié par le croisement des informations bibliographiques et de l'identification sur le LIDAR. Les traces d'activités d'orpillage sont généralement constituées de groupes de tertres plus ou moins coalescents, parfois accompagnés de morphologies particulières (chenaux, dépressions ou fronts d'exploitation), qui se démarquent sur le Hillshade.

Concrètement, la création de l'inventaire a été menée en trois phases majeures :

- Dans un premier temps, les sites, définis par Godfroid (1980) et reportés par ses soins sur des cartes topographiques au 1 :25 000, ont été cartographiées sous ArcGIS. Certaines observations de l'auteur ont également été spécifiées : morphologies issues de l'orpillage ou non, âge présumé du site, ... Les limites des zones ont été précisées sur base du LIDAR et beaucoup de celles-ci ont été regroupées. Certaines ont été supprimées, car ils ne concernaient pas l'orpillage ou ont disparu aujourd'hui.
- Dans un second temps, les tertres des autres régions ont été ajoutés à ce fichier grâce aux nombreuses indications de Detaille & Van Eerdenbrugh (2014), qui ont effectué un important travail de recensement, tant des vestiges que des cours d'eau aurifères. Ces sites d'orpillage ont été délimités sur le LIDAR, sachant qu'ils ne fournissent pas une cartographie précise mais uniquement des cartes schématiques ou des mentions écrites. Ces cours d'eau aurifères ont été inspectés sur le LIDAR afin d'identifier d'éventuelles zones non inventoriées par ces auteurs.
- Enfin, quelques informations ont été ajoutées à chaque site, comme la taille du bassin versant, le débit à plein bord et la largeur du cours d'eau, le nombre de tertres présents, le volume estimé de ceux-ci, une projection de la quantité d'or extraite sur le site, ...

Le tableau présentant l'inventaire complet des sites se trouve à l'annexe A, page 129. Il se structure comme suite :

- ID : identifiant du site : code à trois lettres et un chiffre. Cette méthode de numérotation est inspirée de celle de Godfroid (1980). Concrètement, pour chaque cours d'eau, les groupes de tertres ont reçu les trois premières lettres du nom du cours d'eau et numérotés depuis l'aval vers l'amont. Par exemple, *Amb-2* est le second groupe de tertres rencontré sur l'Amblève en progressant depuis l'aval. Certains identifiants ne sont pas les trois premières lettres afin d'éviter les confusions (*Noi* pour Noir-Eau mais *NoR* pour Noir Ru). On notera également que la mine de As Massotais n'a pas été identifiée selon ce système, car il s'agit d'un vestige d'orpillage qui est, à priori, en dehors d'un cours d'eau. Dans certains cas, on se trouve en présence de petits affluents sans nom sur la carte IGN. Par conséquent, *_a* ou *_b* a été ajouté aux identifiants. Par exemple, *Rec_b-1* correspond au premier groupe de tertres sur l'affluent du Rechterbach venant de Steinborn.
- Secteur : Les secteurs ont été définis suivant les noms donnés dans la littérature ou selon les régions géographiques concernées :
 1. La Haute Amblève est la région étudiée par Godfroid (1980) et compte les sites se trouvant dans le bassin versant de l'Amblève en amont de Stavelot.
 2. La Salm : formes liées à l'orpillage se situant dans le bassin versant de ce cours d'eau.
 3. Le Plateau des Tailles : reprend les sites localisés sur le pourtour de ce plateau.
 4. Suxy : nom donné à la région comptant des tertres au sud de Neufchateau, sur la bordure sud du massif ardennais. Suxy est le nom du village situé à proximité des tertres.
 5. Sainte-Cécile : secteur des tertres et formes du Ruisseau de Herbais. Cette dénomination, à l'image de Suxy, correspond au village à proximité des sites. Ce secteur se situe sur la bordure est du massif de Givonne.
 6. La Croix-Scaille : secteur comptant un seul site se trouvant sur la marge est du massif cambrien de Rocroi.
- Coordonnées : x et y du centre du site (exprimées en m). La projection cartographique utilisée est le Lambert 72 (EPSG : 31370), le LIDAR étant lui-même proposé sous cette projection. Ce choix s'impose, car la conversion du Hillshade en Lambert 2008 (EPSG : 3812) occasionne des déformations trop importantes des morphologies de faible ampleur.
- Cours d'eau : cours d'eau sur lequel se trouve le site. En plus du nom de celui-ci, trois paramètres sont donné :
 - B. V. : Taille du bassin versant du cours d'eau concerné à la limite aval du groupe de tertres (en km²).
 - Q_b et w : respectivement le débit à plein bord (en m³/s) et la largeur (en m) du cours d'eau. Ces deux dimensions ont été calculées sur base de la taille du bassin versant (notée A dans les équations). Les paramètres des équations ne sont valables que pour les rivières ardennaises à charge caillouteuse et dont le substratum est imperméable :
 - $Q_b = 0,1346 A^{0,974}$ (Petit *et al.*, 2007)
 - $w = 1,032 A^{0,489}$ (Petit *et al.*, 2005)
- Époque : époque estimée de l'orpillage selon les informations bibliographiques du site ou du contexte plus général du cours d'eau : les tertres les plus récents portent la mention *19e siècle*, les autres, soit *Ancien* (origine celtique probable) soit *Inconnue* (forte incertitude quant à l'âge de l'exploitation). Par exemple, Godfroid (1980) définit deux sites sur le Goldbach dont il n'estime pas l'époque alors qu'il considère les autres groupes comme récents (19^e- 20^esiècle).

Deux sites portent les datations de Dumont : l'un sur le Plateau des Tailles (Ruisseau de Rolayi) et l'autre aux Troufferies de Libin (Ruisseau de Large Fontaine). Malheureusement, nous n'avons pas été en mesure d'identifier exactement les tertres échantillonnés. Enfin, la datation de la mine de As Massotais est également indiquée.

- Deux dimensions géométriques du site cartographié sont données automatiquement par le programme : la longueur et la surface, respectivement exprimées en m et m².
- Nombre de tertres : nombre de tertres identifiables sur le LIDAR.
- Nombre moyen de tertre par hectare (nombre / ha) : ce nombre est calculé à partir de la surface de la zone et du nombre de tertres répertoriés.
- La surface moyenne occupée par un tertre (en m²) est définie par la surface du site et le nombre de tertres.
- Le diamètre moyen des tertres (en m) est calculé à partir de la surface moyenne en postulant que les tertres peuvent être assimilés à des cônes : la surface qu'ils occupent au sol correspondant à l'aire d'un cercle.
- Le volume moyen des tertres : exprimé en m³, est calculé selon le même postulat : à partir de la surface moyenne des tertres et sachant que les tertres font environ 2 m de haut en moyenne, la formule $\frac{A*h}{3}$ (où A est l'aire de la base circulaire et h la hauteur) permet de fournir une estimation du volume.
- Volume total des tertres : également en m³, cette grandeur est obtenue en multipliant le volume moyen par le nombre de tertre de la zone.
- Or extrait : quantité estimée maximale d'or extraite sur le site (en kg). Elle est définie selon le calcul de Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) : le volume des tertres est multiplié par la teneur en or (0,15 g/t selon Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)) et par la densité (employée afin de convertir la teneur en g/m³). La densité vaut 1,6 soit la densité du quartz (2,65), en considérant la porosité à 40% du volume (Houbrechts, comm. pers.). La valeur obtenue par ce calcul est une estimation maximale car on utilise le volume total des tertres, or une part, parfois importante de ceux-ci, est constituée de sédiments stériles déplacés afin d'atteindre le matériel aurifère.
- Godfroid ID : lorsqu'une ou plusieurs zones définies par Godfroid (1980) sont incluses dans un site de l'inventaire, leurs identifiants y sont indiqués.
- Source : source bibliographique mentionnant et permettant de délimiter le site.

4.2 Secteurs

4.2.1 Haute Amblève

Ce secteur est le plus important en termes de superficie, du nombre de sites et du nombre de tertres (figure 4.2). Onze rivières présentent des morphologies issues de l'orpailage : l'Amblève, l'Emmels, le Goldbach, le Ladebach, le Rechterbach, le Rechterbach de Steinborn, le Ru de Poteau, les deux ruisseaux de Ondenval, la Schinderbach et la Warchenne. Il s'agit d'une région déjà intensément orpillée à une époque ancienne (Celtes) ainsi que plus récemment, fin du 19^e et début du 20^e siècle. Quarante-trois concessions y ont été octroyées (figure 3.10, page 22) entre 1896 et 1913 (Godfroid, 1980 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) bien que très peu de travaux dépassant la simple prospection y ont été effectués, hormis par les Jung J. et F. et leurs associés.

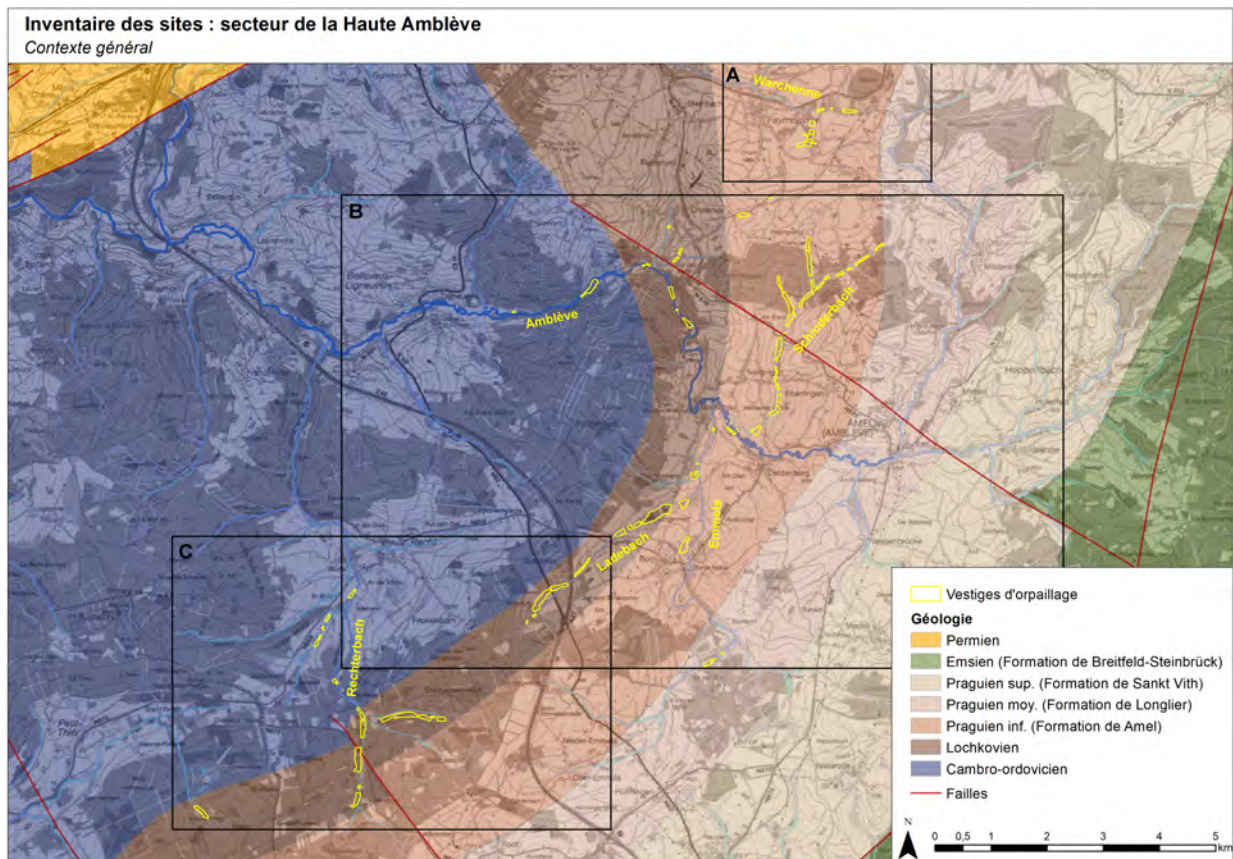


FIGURE 4.2 – Inventaire de la Haute Amblève.
Encadré A : figure 4.3 ; B : figure 4.6 ; C : figure 4.9. Géologie : Vandenven (1990).

Au niveau de la géologie, les vestiges se retrouvent dès que les cours d'eau atteignent le Praguien inférieur (formation de Amel). On remarque toutefois que les sites du Ladebach et du Rechterbach se trouvent sur le Lochkovien. À ce propos, Vandenven (1990) précise que le conglomérat de base ne dépasse pas 30 cm de puissance au niveau de Born, où l'autoroute franchit le Ladebach. Quelques groupes se trouvent sur substrat Cambrien ou Ordovicien, mais cela est probablement la conséquence de placers issus de l'érosion des roches lochkoviennes et praguiennes rencontrées en amont. C'est également ce cas de figure qui explique probablement la présence de des deux sites sur le cours supérieur de l'Emmels, situés sur substrat du Praguien moyen (Formation de Longlier), la rivière suivant la limite entre le Praguien inférieur et moyen avant de bifurquer au nord-ouest à Eschborn.

À des fins descriptives, les cours d'eau comptant les sites inventoriés dans ce secteur peuvent être répartis en trois groupes, depuis le nord-est jusqu'au sud-ouest (figure 4.2) : la Warchenne et le Goldbach au nord (encadré A) ; l'Amblève, l'Emmels, le Ladebach, les ruisseaux de Ondenval et le Schinderbach (encadré B) ; Le Rechterbach et le Ru de Poteau (encadré C).

La Warchenne et le Goldbach

Au nord-est du secteur (figure 4.3), à l'est de Faymonville, se trouve la Warchenne et son affluent le Goldbach. Trois sites fortement remaniés sont présent sur la Warchenne même. Deux sites définis par Godfroid (1980) ont disparu. Pour le Goldbach, les formes sont toutes très probablement issues des activités du 19^esiècle, car elles sont bien marquées et suivent les limites parcellaires actuelles. Cette disposition a d'ailleurs conduit à définir 6 sites distincts, mais contigus.

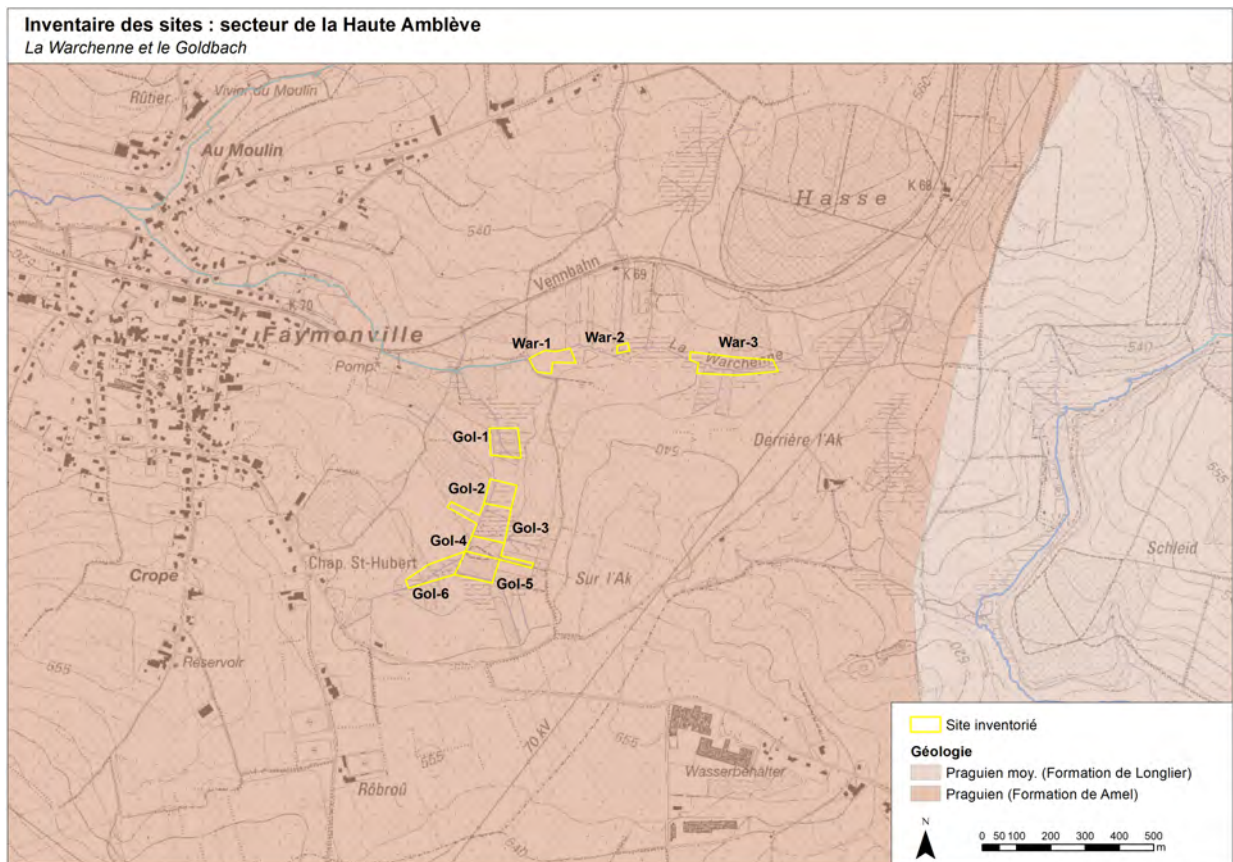


FIGURE 4.3 – Inventaire de la Haute Amblève : la Warchenne et le Goldbach. Géologie de Vandeven (1990).

Selon nos estimations (figure 4.4), le volume des tertres vaut respectivement 12 145 m³ (répartis en 33 tertres) et 30 093 m³ (225 plus petits tertres) sur la Warchenne et le Goldbach ce qui représenterait près de 3 kg d'or extrait sur la première et 7 kg sur le second. On sait, grâce à Godfroid (1980) que des sites ayant disparu, ces valeurs doivent être considérées comme des estimations « basses », c'est-à-dire des quantités minimales.

Au niveau de la prospection de ces cours d'eau, la zone Gol-1 semblait prometteuse, car, sur le LIDAR, les tertres sont amples et on note la présence de trois chenaux. Le couvert forestier important et dense de ce site ne facilite pas les observations. Les deux sondages effectués à l'aval du site et de la confluence n'ont pas été concluants : pas de niveaux bien marqués, impossibilité

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Warchenne	3	1073	18217	33	18	552	27	368	12145	2,9
Goldbach	6	2492	45140	225	50	201	16	134	30093	7
Secteur	9	3566	63357	258	41	246	18	164	42238	10,1

FIGURE 4.4 – Tableau de synthèse de la Warchenne et du Goldbach.

d'identifier des niveaux limoneux dans la tourbière en aval, ... Pourtant, on se trouve sur les sites étudiés par De Rauw (1913) : il est possible que les niveaux tourbeux qu'il identifie sous les tertres aient disparu aujourd'hui ; il est vraisemblable que De Rauw ait effectué une coupe d'un tertre de Jung, donc du 19^e siècle, et, par conséquent, vieux de quelques dizaines d'années seulement à son époque.

L'Amblève et ses affluents

Au centre du secteur, se trouvent l'Amblève et ses affluents (figure 4.6). Les 10 sites encore présents sur le cours même de l'Amblève ont un bon état de conservation au vu des formes visibles sur le LIDAR. Les 5 sites des deux ruisseaux d'Ondeval sont très fortement perturbés, tout comme les 6 groupes de l'Emmels. 24 sites sont présents sur le Schinderbach : bien qu'en très mauvais état sur le cours principal (arasés et/ou exploités pour le gravier), ils sont relativement bien conservés sur les deux petits affluents en rive droite. Sur le Ladebach, 9 grands sites sont bien conservés.

Ces sites sont probablement d'origines celtiques à l'exception de 3 : deux d'entre-eux, respectivement localisés sur le Schinderbach (Sch_b-2) et l'Emmels (Emm-1) datent probablement du 19^e siècle selon Godfroid (1980) et Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) ; le troisième est une zone du Ladebach (Lad-2), dont les formes sont partiellement issues du 19^e siècle pour la partie aval (Godfroid, 1980).

Selon le tableau de la figure 4.5, le volume remanié correspondrait à un total de 364 959 m³, principalement répartis entre le Ladebach (128 296 m³ constituant un total de 375 tertres) et le Schinderbach (588 tertres estimés, soit 149 634 m³). Selon nos calculs, ce volume indiquerait l'extraction d'environ 88 kg d'or.

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Amblève	10	3133	57210	154	27	371	22	248	38140	9,2
Emmels	6	2348	50442	78	15	647	29	431	33628	8,1
Ladebach	9	6213	192444	375	19	513	26	342	128296	30,8
Ruisseaux de Ondeval	5	1467	22892	79	35	290	19	193	15261	3,7
Schinderbach	23	10990	224451	588	26	382	22	254	149634	35,9
Secteur	53	24150	547439	1274	23	430	23	286	364959	87,6

FIGURE 4.5 – Tableau de synthèse de l'Amblève et ses affluents.

Lors de la prospection, confirmant les observations du LIDAR, les sites du cours du Schinderbach se sont avérés peu intéressants, car fortement endommagés (tertres arasés, possibles chenaux remblayés), notamment dans les prés de fauche et bien souvent peu visibles lors que la végétation est haute. Seul les formes issues de l'orpillage des deux affluents (notamment Sch_a-1) présentent un intérêt, mais l'accès n'y est pas aisé. Le Ladebach est remarquable par ses très nombreux tertres souvent coalescents, parfois ré-exploités pour le gravier. Des chenaux et des fronts d'exploitations sont également identifiables, notamment sur le versant sud (surtout au site Lad-2 : figure 4.7). Un

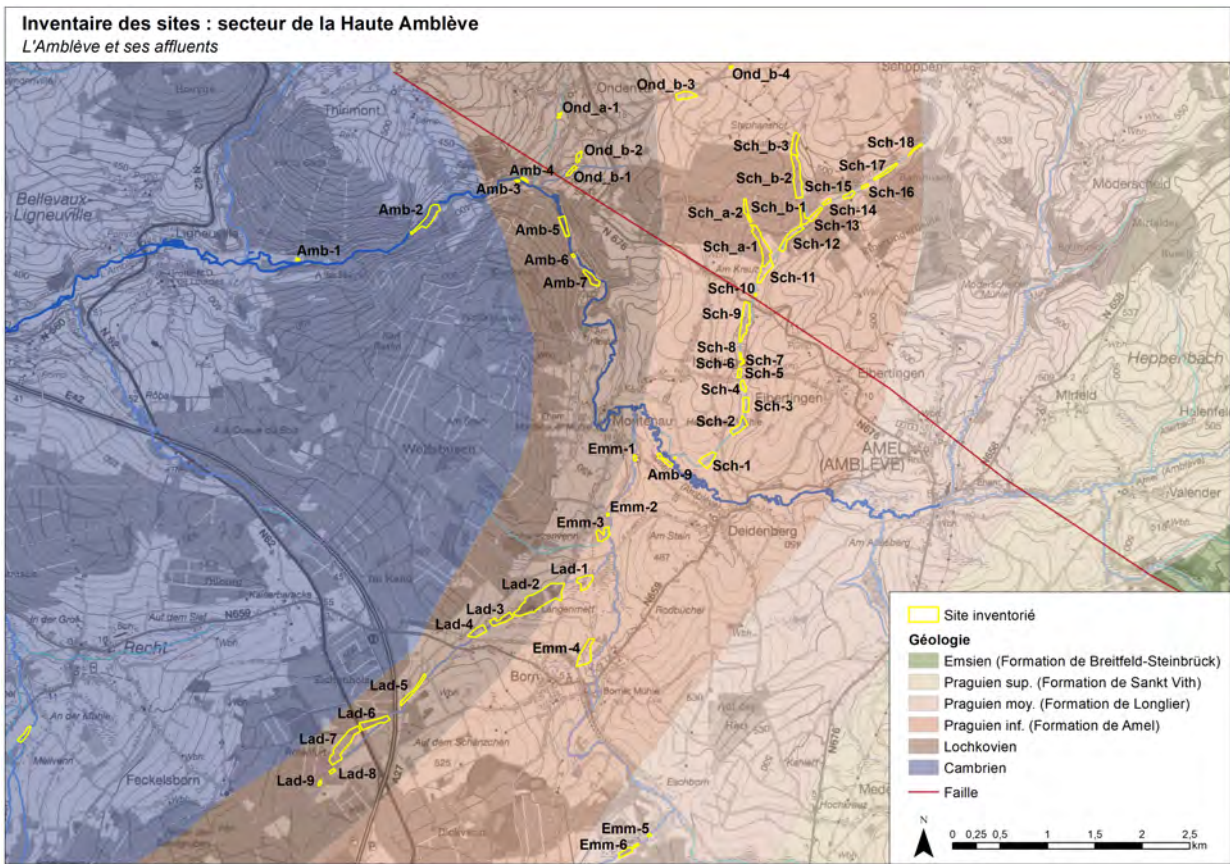


FIGURE 4.6 – Inventaire de la Haute Amblève : l'Amblève et ses affluents. Géologie de Vandenven (1990).

oppidum (le Hullsburg (Gillet, 1970)) se trouve à proximité (en vert sur la figure 4.7), suggérant que l'orpailage du cours d'eau aurait été mené à l'époque celtique.

Sur l'Amblève même, trois sites ont été visités. Amb-7 présente de 29 grands tertres avec un important chenal au centre, encore bien marqué aujourd'hui, mais les abords y sont fortement remaniés. Amb-5 montre, quant à lui, une rangée de 20 grands tertres entre la rivière et un chenal, mais une coupe à blanc récente rend le site difficilement praticable. Enfin, le site Amb-2 s'est révélé être très intéressant (figure 4.8) : il compte 52 tertres isolés entre l'Amblève et ce qui ressemble à un front d'exploitation sur le flanc de la vallée. D'après la carte pédologique, toute la zone est une tourbière qui, en réalité, ne s'est développée qu'entre les tertres et le versant. Ces accumulations tourbeuses pourraient permettre de définir l'âge de l'exploitation. Sur l'autre rive de l'Amblève, une prairie de fond de vallée est présente. On retrouve également quelques zones dégagées d'arbres et arbustes en aval, rendant aisé le levé de profils et la réalisation de sondages.

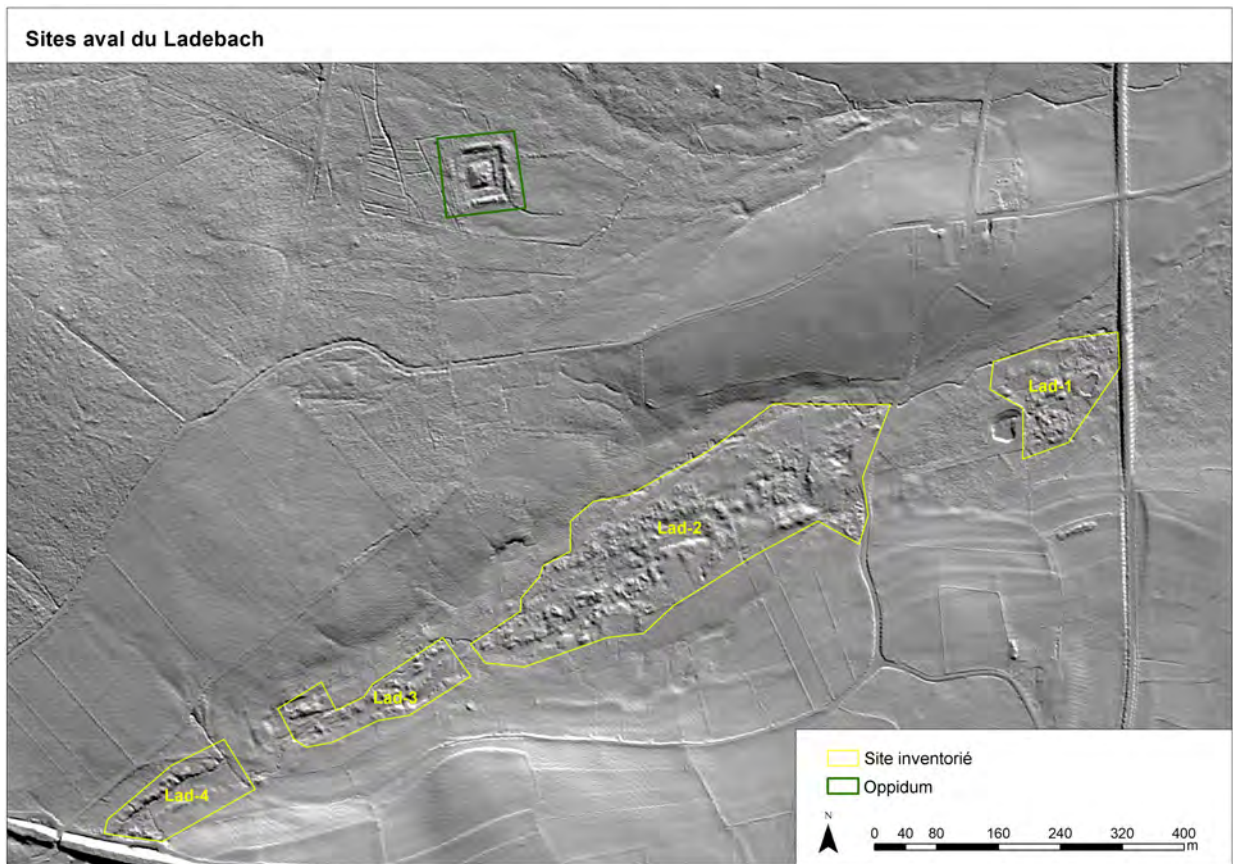


FIGURE 4.7 – Inventaire des sites aval du Ladebach.



FIGURE 4.8 – Site Amb-2.

La photo est prise depuis le versant en rive gauche. On devine les tertres alignés le long de l'Amblève, sur l'autre rive, au centre de la figure.

Le Rechterbach et le Ru de Poteau

Au sud-ouest du secteur (figure 4.9), des sites sont également présents sur le Rechterbach et ses deux affluents. Le Rechterbach compte 8 sites plutôt bien conservés, deux sites, Rec-3 et Rec-6, datent respectivement du 19^esiècle (Godfroid, 1980) et 20^esiècle (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Trois sites se trouvent sur le Rechterbach de Steinborn, notamment le premier comporte de grands tertres bien conservés. Selon notre estimation (figure 4.10), 116 638 m³ de matériels constituent les tertres, ce qui correspondrait à une production total de 28 kg d'or.

Le Ru de Poteau, affluent en rive gauche, compte 5 sites créés par les exploitations du 19^esiècle (Godfroid, 1980 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014). Ces groupes sont mal conservés ou sont issus d'activités de faible ampleur, car ils sont peu visibles sur le terrain ainsi que sur le LIDAR ; 9 628 m³ auraient été remaniés.

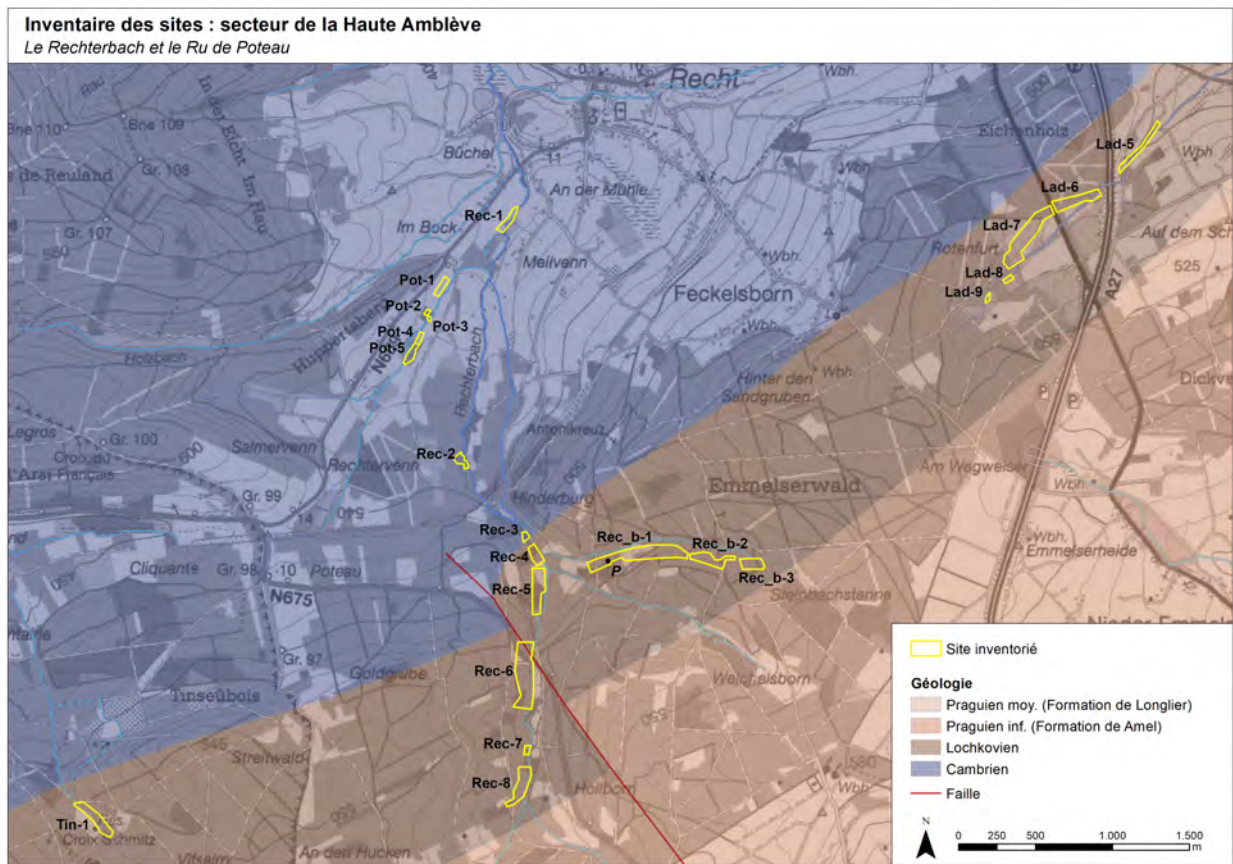


FIGURE 4.9 – Inventaire de la Haute Amblève : le Rechterbach et le Ru de Poteau. Géologie : Vandenven (1990).

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Rechterbach	11	6666	174957	286	16	612	28	408	116638	28
Ru de Poteau	5	1157	14442	39	27	370	22	247	9628	2,3
Secteur	16	7823	189399	325	17	583	27	389	126266	30,3

FIGURE 4.10 – Tableau de synthèse du Rechterbach et du Ru de Poteau.

Lors de la visite de terrain, l'intérêt du site Rec_b-1 du Rechterbach de Steinborn s'est confirmé : il présente de superbes tertres, de très grande ampleur (figure 4.11), répartis en deux files le long de ce qui semble être un chenal. Ces morphologies se situent sur le versant en rive gauche, relativement éloignées du cours d'eau, et ce jusqu'à la jonction avec le site Rec_b-2. Godfroid (1980) pense que l'orpaillage a été relativement limité sur ce site et que l'on a surtout extrait de l'arkose. Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) considèrent plutôt que les orpailleurs ont suivi un placer éluvionnaire. L'incertitude quant à l'origine des tertres et l'absence de fonds de vallée propice à réaliser des sondages a conduit à ne pas poursuivre plus avant l'étude de ce site.



FIGURE 4.11 – Tertres de Rec_b-1, sur le Rechterbach de Steinborn.

Sur le Ru de Poteau, la visite a montré que les tertres sont peu visibles et qu'ils semblent avoir été fort perturbés par les aménagements des prairies. De gros travaux de drainage au niveau de la confluence ont fortement endommagé le site en général.

4.2.2 la Salm

Au sud-ouest de Recht, on quitte le bassin versant de l'Amblève pour celui de la Salm (figure 4.12). Quelques sites se trouvent sur la Salm même, la Gottale et le Ruisseau de Tinseubois, mais les plus importants se rencontrent sur deux affluents de la Salm (la Rougerie et le Ruisseau des Fagnes). Ils présentent un grand nombre de tertres (respectivement 168 tertres, soit 77 784 m³ remaniés estimé, et 165 tertres, soit 63 807 m³) ainsi que d'autres formes associées qui méritent d'être détaillées. Les sites de ces deux cours d'eau ont produit respectivement 19 et 15 kg d'or selon nos estimations.

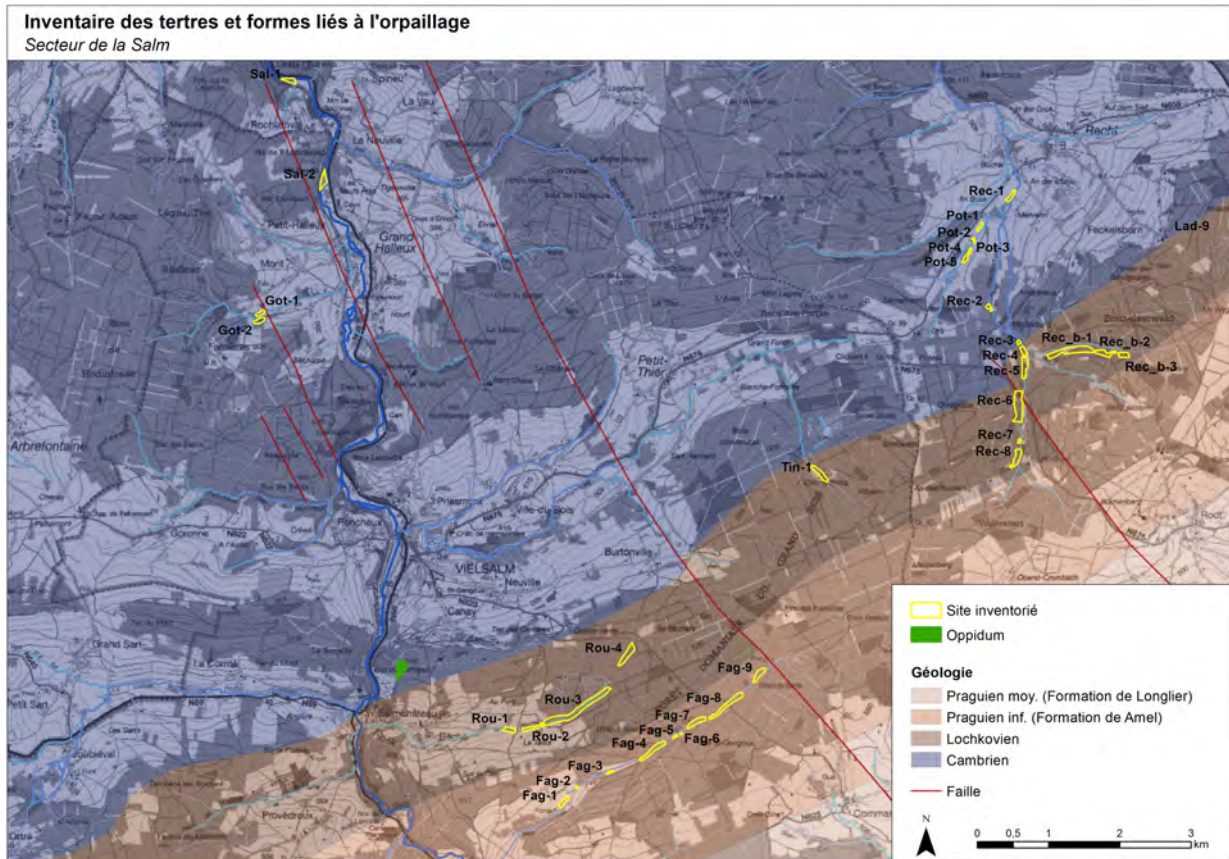


FIGURE 4.12 – Inventaire des sites orpaillés de la Salm.
Géologie définie à partir de Vandeven (1990).

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Salm	2	1142	22500	40	18	562	27	375	15000	3,6
La Gottale	2	727	13951	24	17	581	27	388	9301	2,2
Rau de Tinseubois	1	709	16492	14	8	1178	39	785	10995	2,6
La Rougerie	4	4200	116676	168	14	695	30	463	77784	18,7
Rau des Fagnes	9	4602	95710	175	18	547	26	365	63807	15,3
Secteur	18	11380	265329	421	16	630	28	420	176886	42,5

FIGURE 4.13 – Tableau de synthèse du secteur de la Salm.

L'ensemble de ces formes liées à l'orpaillage sont très probablement anciennes, d'origine celtique, car aucune exploitation récente n'est mentionnée dans la littérature. Cette hypothèse serait renforcée par la présence de l'oppidum de Salmchâteau (souvent appelé « Camp Romain ») situé sur la crête

entre ce village et Vielsalm, à proximité de la Rougerie et secondairement du Ruisseau des Fagnes (Gillet, 1970).

Au point de vue de la géologie, on notera tout particulièrement que La Rougerie a creusé sa vallée en suivant les roches lochkoviennes. Le Ruisseau de Tinseubois se trouve également sur le Lochkovien. Le Ruisseau des Fagnes, bien que situé sur du Praguien inférieur, subit l'influence probable du Lochkovien. Enfin, les sites de la Salm et de la Gottale se trouvent sur des roches cambro-ordoviciennes. Le caractère aurifère de la Gottale est probablement dû à la présence des failles.

La Salm, la Gottale et le Ruisseau de Tinseubois

Sur le cours même de la Salm, seuls deux sites ont été définis à Rochelival en aval de Grand Halleux. Le premier compte 19 tertres, le second 20. Ces groupes semblent fortement endommagés, notamment par le talus du chemin de fer.

Sur la Gottale, affluent en rive gauche de la Salm à Hourt, deux sites ont été répertoriés. Ces vestiges constituaient probablement un seul ensemble avant d'être séparés par la création d'un chemin. Ces sites sont répartis de part et d'autre du cours d'eau et comptent respectivement 9 et 15 tertres. Le second, éloigné du cours d'eau d'environ 30 m, longe ce qui semble être un front d'exploitation.

Pour le Ruisseau de Tinseubois, affluent du Ruisseau de Petit-Thier Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) n'ont pas constaté de vestiges. Par contre, Godfroid (1980) y a défini un site, mais émet des doutes quant à l'orpillage. Sur le LIDAR, le secteur qu'il indique présente des morphologies très marquées : des tertres, un front d'exploitation et trois chenaux.

la Rougerie

La Rougerie est un affluent en rive droite de la Salm à Salmchâteau. Elle compte 168 tertres répartis en 4 sites, le site Rou-3 (figure 4.14) à lui seul compte 113 tertres bien conservés. Ceux-ci se répartissent sur 2,2 km de part et d'autre d'une tranchée large de 14 m en moyenne dans laquelle s'écoule le cours d'eau large de 1,7 m. On note également une rupture de pente marquée sur la rive gauche.

Lors de la prospection de la Rougerie, le site Rou-3 a de nouveau particulièrement attiré notre attention. Il présente des tertres très bien conservés (figure 4.15 (a)). Les morphologies, définies ci-dessus grâce au LIDAR, sont effectivement particulièrement impressionnantes (figure 4.14). Un drain creusé au travers des tertres en rive droite, dans la partie aval du site, a permis d'identifier une longue coupe (figure 4.15 (b)). La rivière érode partiellement un tertre quelques dizaines de mètres en amont de ce drain. On constate la présence de dépressions circulaires qui n'avaient pas été repérées sur le LIDAR. D'après Van Eerdenbrugh (comm. pers.), elles sont probablement issues de l'exploitation des tertres pour le gravier. Enfin, d'autres morphologies intrigantes ont été identifiées (chenaux, fosse rectangulaire en amont, ...) et Van Eerdenbrugh qui connaît très bien le site, nous a communiqué ses observations.



FIGURE 4.14 – Inventaire de la Rougerie : site Rou-3.

Point A : position du tertre de la figure 4.15 (a) ; point B : position de la coupe figure 4.15 (b)



(a)



(b)

FIGURE 4.15 – Prospection sur la Rougerie :

(a) Tertre dans la prairie en amont du site Rou-2 ; (b) Section centrale de la coupe dégagée dans le drain.

Le Ruisseau des Fagnes

Le Ruisseau des Fagnes (aussi parfois appelé Cierfa) compte 9 sites, soit 175 tertres. Sur le LIDAR, ces derniers sont disposés en file, généralement en rive gauche. Sur la rive droite, on distingue de fréquentes ruptures de pentes, faisant penser à des fronts d'exploitation. Les sites Fag-4 et Fag-7 présentent respectivement 44 et 26 tertres de grande ampleur.

Ces observations sont confirmées sur le terrain, le site Fag-4 présentant effectivement des tertres remarquables. Toutefois, les différents sites de ce cours d'eau sont peu accessibles à cause du couvert végétal très dense, parfois impénétrable. Pour la même raison, la distance de vue y est extrêmement réduite, ce qui rend difficile une appréhension globale des sites (figure 4.16).



FIGURE 4.16 – Un tertre du site Fag-4, envahi par la végétation.

4.2.3 Plateau des Tailles

Le Plateau des Tailles compte 3 cours d'eau présentant des morphologies issues de l'orpaillage : le Noir Ru, le Ruisseau du Rolayi et le Ruisseau de Montleban (figure 4.17). La mine de As Massotais, bien qu'elle figure dans l'inventaire, est citée séparément, car elle n'est pas située le long d'un cours d'eau.

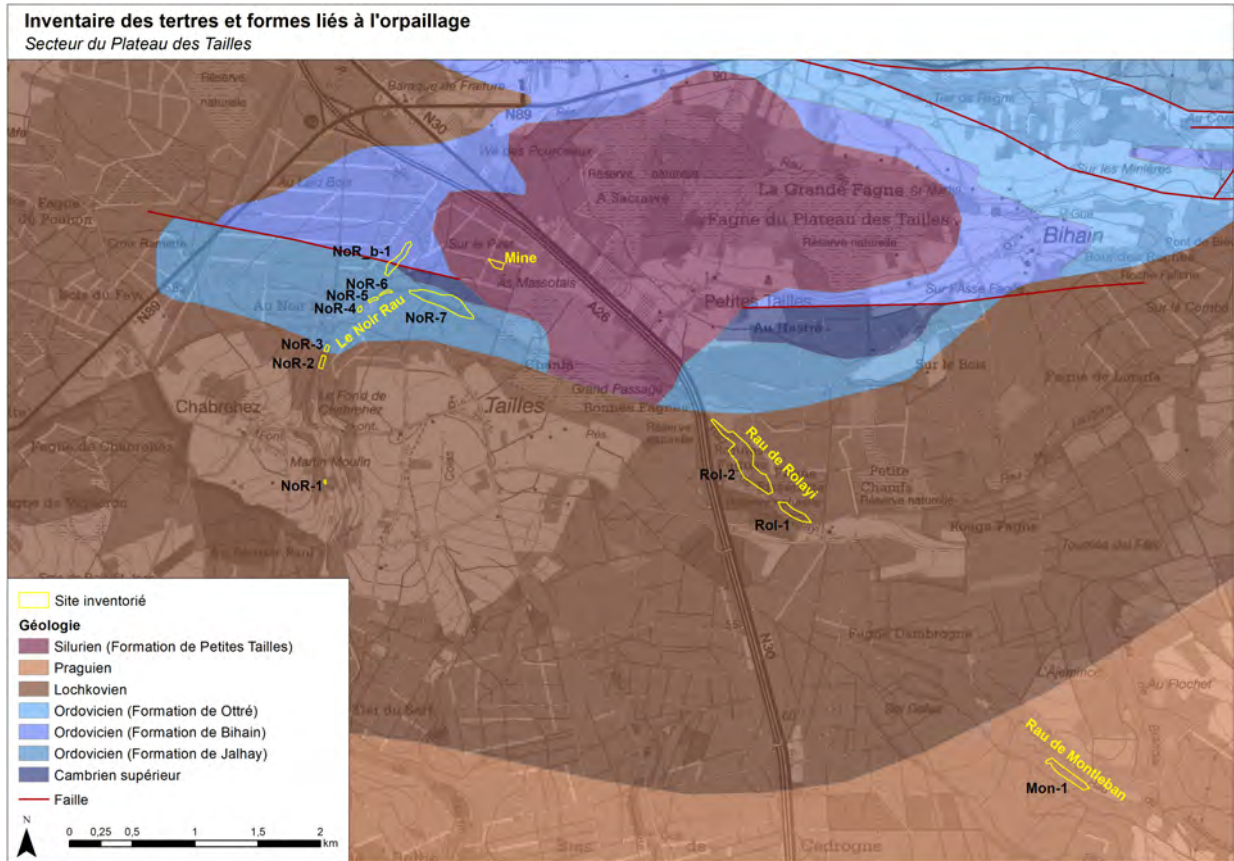


FIGURE 4.17 – Inventaire des formes issues de l'orpaillage du Plateau des Tailles. Géologie définie à partir de Asselberghs (1999) et Geukens (1999).

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Noir Ru	8	3011	68762	116	17	593	27	395	45841	11
Rau de Montleban	1	893	21635	10	5	2164	52	1442	14424	3,5
Rau de Rolayi	2	1700	70026	15	2	4668	77	3112	46684	11,2
Secteur	11	5604	160423	141	9	1138	38	759	106949	25,7
Mine d'As Massotais	1	331	5122	2	4	3414	66	2276	6829	

FIGURE 4.18 – Tableau de synthèse du secteur du Plateau des Tailles.

Le Noir Ru compte 116 tertres répartis en 9 sites, soit un volume de matériel remanié de 45 841 m³ (figure 4.18). Les zones NoR-7 (60 tertres) et NoR_b-1 (24 tertres) sont peut-être partiellement issues du lavage des produits de la mine d'As Massotais, située à proximité. Au sud-est, le Ruisseau de Rolayi compte deux sites. Le premier, en aval, de morphologie particulière, a été retenue bien qu'il n'ait pas été possible de distinguer de tertres sur le LIDAR. Le second site montre 15 buttes bien marquées : il totalise un volume estimé de 46 684 m³ de matériel remanié, soit 11 kg d'or extraits. L'un des tertres a été datée de 320±40 a BC en 1980 par Dumont (Grailet,

1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017). Un groupe de 10 tertres, fort endommagés, est rencontré sur le Ruisseau de Montleban.

Les tertres du Plateau des Tailles, hormis sur le Noir Ru, sont de grandes ampleurs (figure 4.18) : leur nombre estimé par hectare est faible par rapport aux autres secteurs, mais le volume moyen y est très élevé (1 631 m³ alors que la moyenne global est de 489 m³).

Obtenir une représentation satisfaisante de la géologie de ce secteur a été compliqué. Sur base de la notice explicative de la carte hydrogéologique de Bouezmarni *et al.* (2015), celle-ci a été reconstituée à partir de l'assemblage de la carte géologique du massif de Stavelot de Geukens (1999) et de la carte de l'Éodévien de Asselberghs (1999) : les limites exactes sont sujettes à caution. Ceci étant dit, les sites du Ruisseau de Rolayi sont sur le Lochkovien ; le site du Ruisseau de Montleban est sur le Praguien inférieur, alors que ses sources sont également dans le Lochkovien ; les vestiges du Noir Ru sont sur l'Ordovicien, à proximité d'un petit affleurement du Cambrien supérieur et d'une faille. La mine, quant à elle, se trouve sur le Silurien (formation de Petites Tailles), mais l'excavation atteint peut-être l'Ordovicien ou le Cambrien supérieur, peut-être la faille.

4.2.4 Massif de Serpont

L'inventaire du massif de Serpont a été notamment exécuté sur la base de la carte dressée par Detaille (figure 4.21). Les sites se répartissent sur les cours de la Lomme, du Ruisseau de la Barrière, de la Noir-Eau, du Ruisseau du Serpont et du Ruisseau de Large Fontaine. Le chemin de fer a très fortement perturbé les vallées de la Lomme, puis de la Noir-Eau et enfin du Ruisseau du Serpont.

Au niveau géologique, l'ensemble des sites se trouve sur le Lochkovien, hormis quelques'uns sur le Cambrien. Pour le Ruisseau de la Barrière, les tertres ne sont présents qu'en aval de la faille de Bras. Un comportement semblable s'observe sur le Ruisseau du Serpont, en aval de la Faille de Serpont. Les vestiges du Ruisseau de Large Fontaine et de la Noir-Eau sont sur la Formation de Fépin, leur caractère aurifère semble partiellement lié à la Faille de Bras. Dans ce contexte, Bruni & Hatert (2017) ont montré que l'or se trouve dans des placers provenant de l'érosion de filons de quartz, parfois sulfurés, issu du métamorphisme tardi-varisque ainsi que des conglomérats de la Formation de Fépin. Toutefois, ils n'excluent pas d'autres origines au sein du massif.

Le Ruisseau de la Barrière s'écoule depuis le massif vers la Lomme. On y recense 3 sites totalisant 42 tertres (total de 15 134 m³ estimé). La Lomme elle-même compte seulement 39 tertres (22 913 m³) répartis en 4 groupes. Le site Lom-3 est probablement amputé d'une partie de ses tertres par les aménagements du chemin de fer.

L'aspect général des sites de la Noir-Eau et du Ruisseau de Large Fontaine suggère une certaine continuité des exploitations aurifères. Les sites de la Noir-Eau présentent 100 tertres de grande taille et bien marqués en aval de la confluence. En amont, seuls deux groupes sont présents : le premier, de 6 tertres, paraît intéressant, alors que le second montre des tertres très endommagés.

Le Ruisseau de Large Fontaine parcourt les anciennes Troufferies de Libin. Une grande partie de son cours est bordée par un total de 154 tertres de grande taille, notamment dans la partie aval, surtout en rive gauche. Cela représente un volume de 46 566 m³, soit 11 kg d'or extrait selon nos estimation. Ce groupe et Noi-3 forment probablement un même site, mais on les distingue, car ce dernier est en aval de la confluence. Dumont a daté en 1979 un des tertres du Ruisseau de Large Fontaine de 20±55a BC. On peut supposer que les activités d'orpillage de l'ensemble du massif soient de cette époque.

Les 8 sites du Ruisseau du Serpont, comptant 118 tertres, s'étirent le long du massif cambrien depuis la confluence avec la Noir-Eau. Les sites Ser-2 et Ser-3, bien que bordés par le chemin de

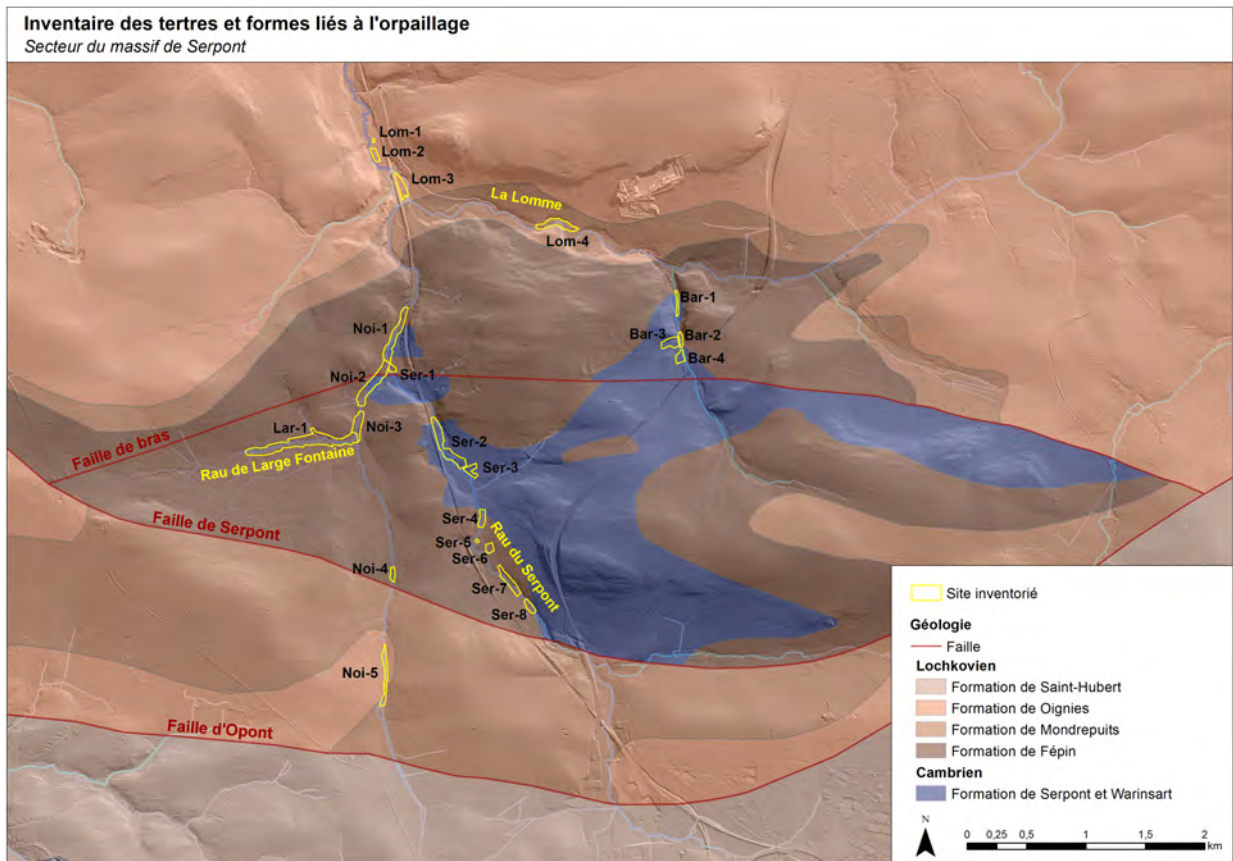


FIGURE 4.19 – Inventaire des sites du massif de Serpont.
Géologie définie à partir de Beugnies (1985) et Bruni & Hatert (2017).

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Lomme	4	1812	34370	39	11	881	33	588	22913	5,5
Noir-Eau	5	4154	86792	120	14	723	30	482	57861	13,9
Rau de la Barrière	4	1521	22701	42	19	541	26	360	15134	3,6
Rau de Large Fontaine	1	2226	69849	154	22	454	24	302	46566	11,2
Rau du Serpont	8	3616	71563	118	16	606	28	404	47708	11,5
Secteur	22	13329	285275	473	17	603	28	402	190183	45,6

FIGURE 4.20 – Tableau de synthèse du secteur du Massif de Serpont.

fer, sont remarquables. Le premier compte 50 tertres, notamment dans la partie amont où est situé un groupe important associé à un front d'exploitation. Le second ne totalise que 9 tertres, mais on note la présence de ce qui semble être deux tranchées d'exploitation dans le versant en rive droite.

Une visite de terrain a été réalisée sur la partie aval de la Noir-Eau ainsi que sur environ 1 km du cours de la Lomme en aval de la confluence avec celles-ci afin d'identifier des coupes dans les berges. De nombreux secteurs de la vallée sont des prairies naturelles, ce qui permet de réaliser facilement des sondages, des profils et des levés de profil topographique. Certaines portions présentent des signes encourageants : figure 4.22. Le Ruisseau de Large Fontaine, avec ses tertres et sa tourbière, n'a malheureusement pas été prospecté car il se trouve dans une réserve naturelle et loin des chemins et sentiers.

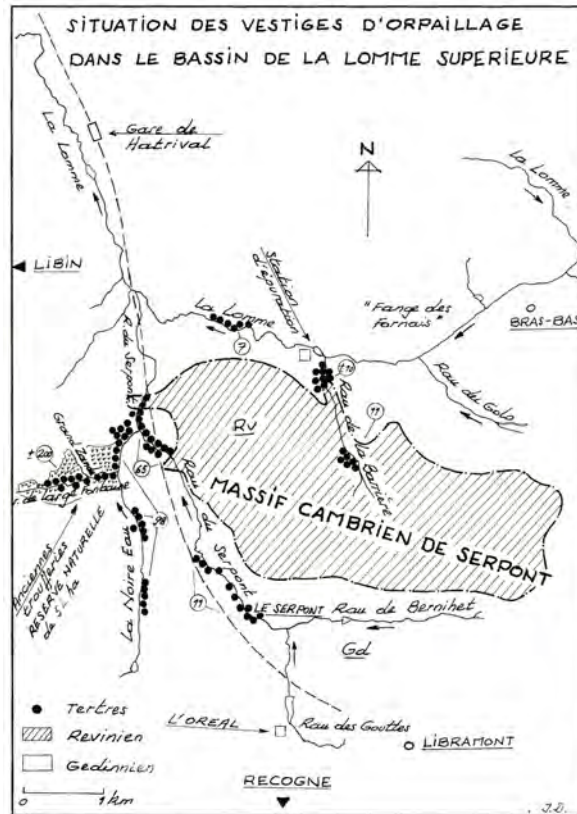


FIGURE 4.21 – Carte des tertres et formes héritées de l’orpailage sur le pourtour du massif de Serpont (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014)



FIGURE 4.22 – La Lomme en aval des tertres d’orpailage. Coupe potentielle dans la berge du cours d’eau et prairie en arrière plan.

4.2.5 Suxy

À l'image du secteur du massif de Serpont, la carte de Suxy de Detaille (figure 4.25) a été utilisée pour dresser l'inventaire. Au point de vue de la géologie, la région a exclusivement comme substrat le Praguien inférieur (Formation de Amel) d'après Asselberghs (1999), soit la même Formation que sur le Schinderbach, la Warchenne et le Goldbach. La proximité de la Faille de Herbeumont suggère à Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) que l'or de cette région a plutôt une origine filonienne.

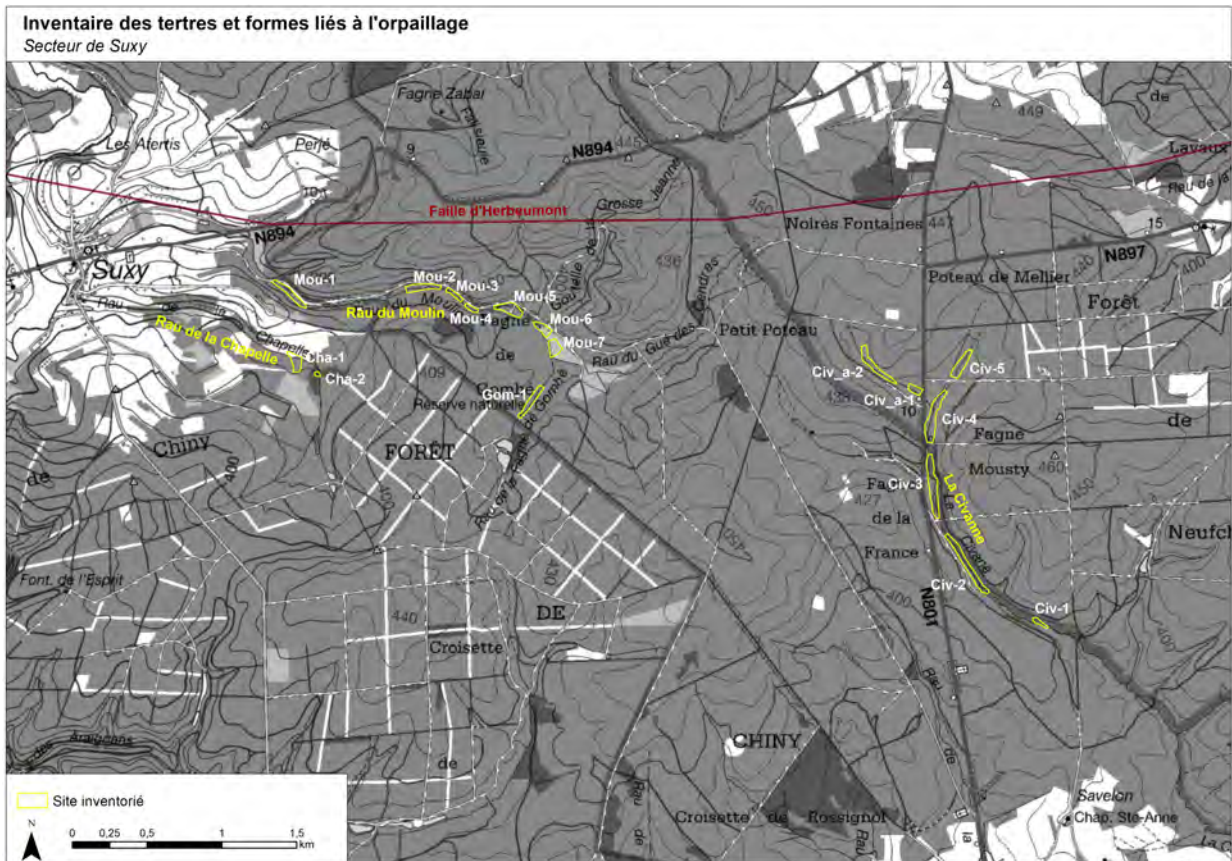


FIGURE 4.23 – Inventaire des tertres du secteur de Suxy.
Tracé de la faille d'Herbeumont sur base de de Bethune (1954).

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Civanne	7	4570	81237	115	14	706	30	471	54158	13
Rau de la Chapelle	2	515	8329	17	20	490	25	327	5553	1,3
Rau du Moulin	7	2857	46821	57	12	821	32	548	31214	7,5
Rau de la Fagne des Gomhès	1	579	8741	15	17	583	27	388	5827	1,4
Secteur	17	8522	145128	204	14	711	30	474	96752	23,2

FIGURE 4.24 – Tableau de synthèse du secteur de Suxy.

Dans ce secteur, 4 cours d'eau présentent des sites d'orpillage (figure 4.23) : le Ruisseau du Moulin, le Ruisseau de la Chapelle, le Ruisseau de la Fagne de Gomhès et la Civanne. Les tertres sont souvent moins spectaculaires ici que dans les secteurs précédents, et leur nombre n'excède jamais 15 buttes par sites sur le Ruisseau du Moulin et ses affluents, mais atteint un maximum de 30 tertres pour le site majeur sur la Civanne. L'ensemble des tertres totalise tout de même un

CHAPITRE 4. INVENTAIRE DES TERTRES ET FORMES LIÉS À L'ORPAILLAGE

volume estimé de 96 752 m³ sur une surface de 145 128 m², soit 23 kg d'or extraits *a priori* (figure 4.24).

Sur le Ruisseau du Moulin, affluent de la Vierre à Suxy, se trouvent 7 sites pour un total de 57 tertres. On y remarque notamment quelques beaux tertres au niveau des confluences avec le Ruisseau de la Fagne de Gomhès et la Goutelle de la Grosse Jeanne.

Sur le Ruisseau de la Fagne de Gomhès, un site montre 15 tertres alignés sur la rive gauche. Il se peut que le site était plus étendu en amont mais des étangs ont été créés, changeant le profil de la vallée.

Pour le Ruisseau de la Chapelle, on remarque 13 tertres en rive gauche mais leur origine est suspecte.

Enfin, la Civanne compte 117 tertres répartis en 7 sites. On note particulièrement Civ-4 longé par la N801. Celui-ci est constitué de 25 tertres alignés en deux files de part et d'autre du cours. Il semble que l'on ait un front d'exploitation sur la rive gauche.

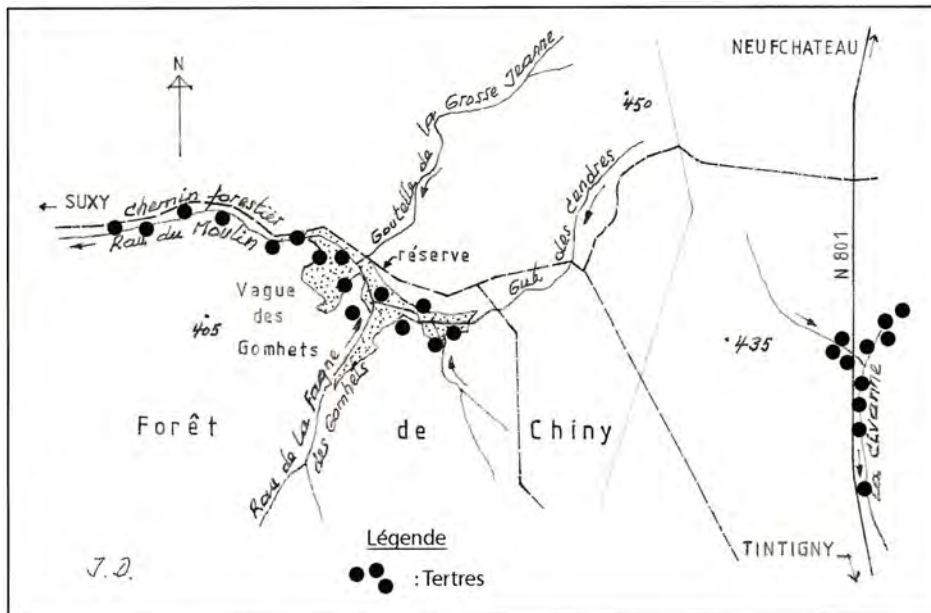


FIGURE 4.25 – Carte des sites dans la région de Suxy (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014).

L'aval des vestiges a été prospecté sur le Ruisseau du Moulin car le fond de vallée est particulièrement bien dégagé de végétation haute et la rivière présente des berges verticales haute de 50 cm à 1 m. Sur la Civanne, les tertres en contrebas de la route sont intéressants, mais la faible largeur de la vallée ne permet pas d'avoir de plaine alluviale bien développée, le cours d'eau semblant même torrentueux sur certains secteurs : les faibles dépôts sont insuffisant pour notre étude.

4.2.6 Sainte-Cécile et la Croix-Scaille

Les 4 sites des deux secteurs concernés sont sujet à caution car les différents auteurs considèrent les cours d'eau impliqués comme aurifères mais ne font pas mention de tertres ou de formes issues de l'orpillage.

Pour Sainte-Cécile (figure 4.26), les 3 sites inventoriés, localisés sur le Ruisseau des Herbais (aurifère selon Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)), totaliseraient 124 tertres (figure 4.27). Il semblerait que des fronts d'exploitation soient présents. Au niveau géologique, selon la carte de de Bethune (1954), le substrat est Lochkovien, en zone métamorphique, à la marge est du massif cambrien de Givonne.

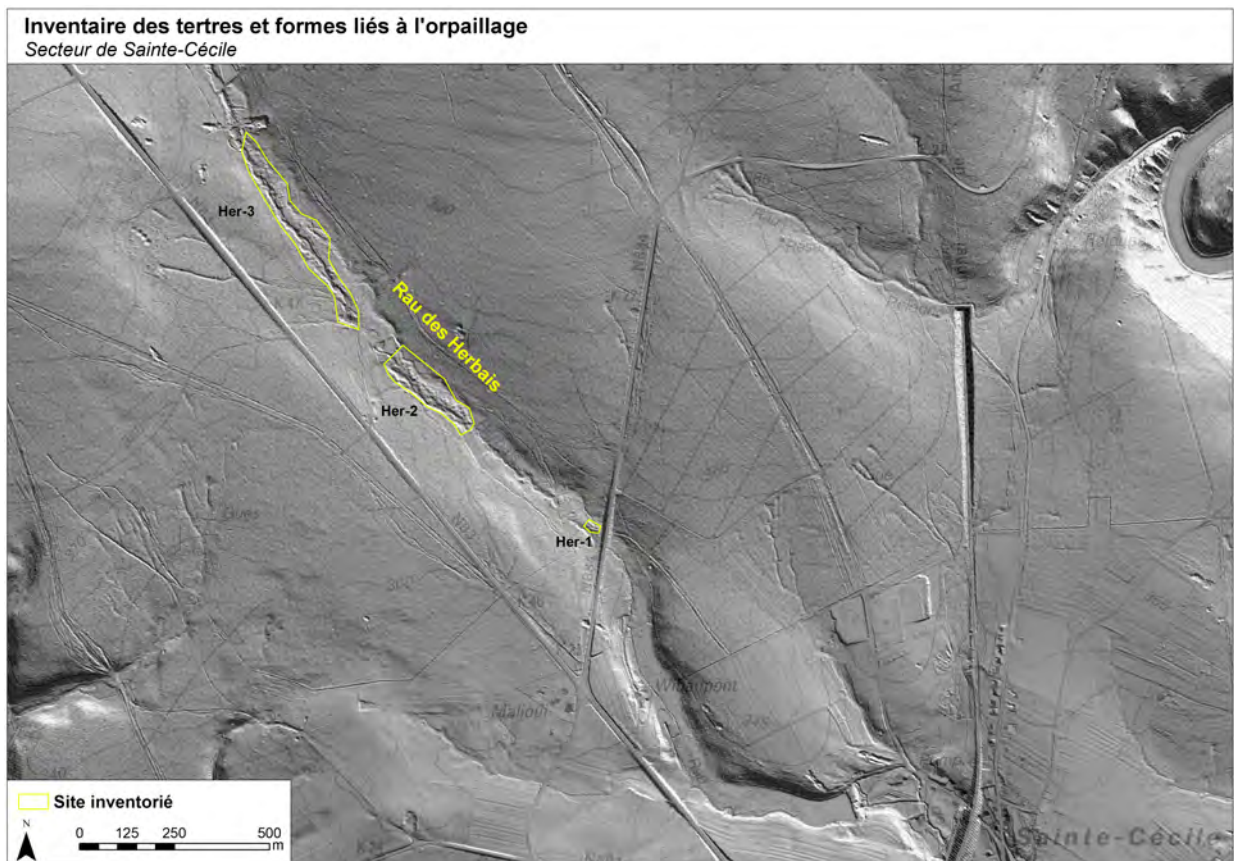


FIGURE 4.26 – Inventaire des sites du secteur de Sainte-Cécile.

Cours d'eau	Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertres / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Rau de Herbais	3	2072	54688	124	23	441	24	294	36459	8,8
Rau du Champ Cuvelier	1	290	3606	15	42	240	17	160	2404	0,6

FIGURE 4.27 – Tableau de synthèse du secteur de Sainte-Cécile et de la Croix-Scaille.

À la Croix-Scaille, le Ruisseau du Champ Cuvelier compterait un groupe de 15 tertres, non loin de sa source. Géologiquement, ce ruisseau s'écoule en bordure est du massif de Rocroi (figure 4.28), à la limite entre le Cambrien supérieur et le Lochkovien (Formation de Fépin) (Asselberghs, 1999 ; Capette & Hallet, 2016). Nonnon (1984), Grailet (1998) et Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) attestent du caractère aurifère du ruisseau, sans signaler de vestiges que le LIDAR nous a révélé.

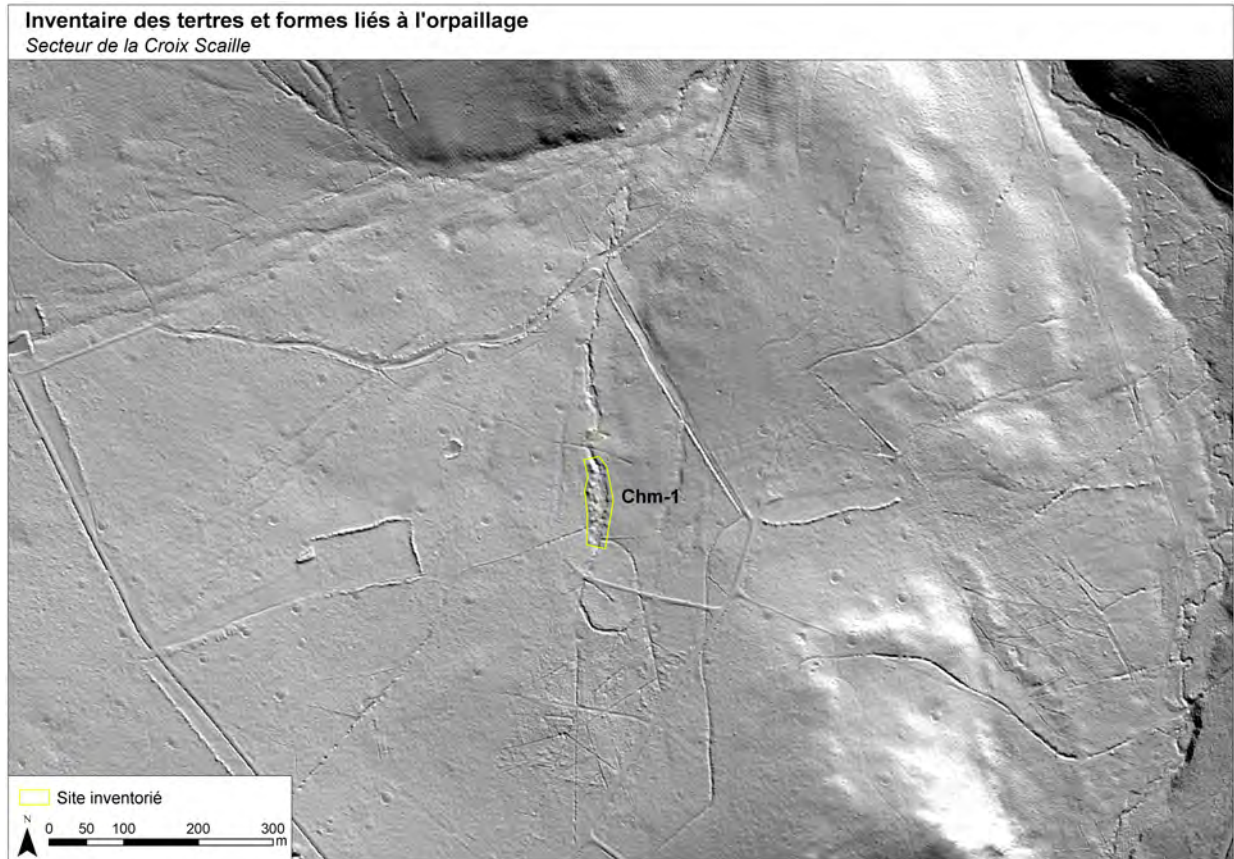


FIGURE 4.28 – Inventaire des sites de la Croix Scaille.

L'apparence de ces sites sur le LIDAR concorde avec celle des autres secteurs, et présente un même contexte géologique (substrat lochkovien, en marge de massifs cambrien et en zone métamorphique). Cependant, aucune prospection n'y a été menée. Il reste à déterminer s'ils sont issus d'activités de l'orpaillage, notamment en vérifiant le matériel qui les constituent.

4.3 Synthèse générale

La carte (figure 4.31) présentée page 52 a été conçue afin de synthétiser l'inventaire. Les sites repérés sont confrontés à la géologie du massif ardennais, définie sur base de la carte au 1 : 500 000 de de Bethune (1954). On y distingue, sur la bordure sud du massif cambrien de Stavelot, du nord-est au sud-ouest, les secteurs de la Haute Amblève, de la Salm et du Plateau des Tailles. Au sud-ouest de ceux-ci, au nord de Libramont, les traces d'activités d'orpillage se concentrent sur la bordure nord-ouest du massif de Serpont. Plus au sud, les sites de Suxy sont visibles, trois sites sur le Ruisseau de Herbais, affluent de la Semois à Sainte-Cécile, et une zone sur le Ruisseau du Champ Cuvelier, à la Croix-Scaille.

Concernant la géologie générale, en accord avec les observations fournies par la littérature (De Rauw, 1913; 1920 ; Gillet, 1970 ; Godfroid, 1980 ; Grailet, 1998 ; Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014), les sites se localisent en marge des massifs cambriens, surtout sur ou sous l'influence du Lochkovien, hormis à Suxy situé sur le Praguien. Ils semblent se trouver en zone métamorphique à l'exception, encore une fois, du secteur de Suxy, qui paraît être soumis à l'influence de la faille d'Herbeumont.

Pour donner quelques chiffres (figure 4.29), 150 groupes de tertres ont été définis, soit une estimation de 3 235 tertres répartis entre les différents secteurs, sur une surface totale de plus de 1,7 km². Selon nos évaluations, le volume cumulé de l'ensemble des tertres représenteraient 1 143 095 m³, soit un volume moyen par tertre de 353 m³. Le diamètre moyen des tertres est de 26 m, mais il varie de quelques mètres (7 m au site *Ond_b-4* sur le ruisseau amont de Onderval) à plusieurs dizaines (53 m à *Sch-3* sur le Schinderbach), suivant les secteurs, les cours d'eau et l'état de conservation des sites. Les diamètres les plus importants concernent avant tout les sites endommagés et perturbés : les tertres étant peu marqués sur le LIDAR, leur nombre est probablement sous-estimé entraînant une sur-évaluation de la surface moyenne des tertres.

Secteur		Nombre de sites	Longueur cumulée (m)	Surface cumulée (m ²)	Nombre de tertres	Nombre moyen tertre / ha	Surface moyenne tertre (m ²)	Diamètre moyen tertre (m)	Volume moyen tertre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)
Haute Amblève	Warchenne et Goldbach	9	3566	63357	258	41	246	18	164	42238	10,1
	Amblève et affluents	53	24150	547439	1274	23	430	23	286	364959	87,6
	Rechterbach et Ru de Poteau	16	7823	189399	325	17	583	27	389	126266	30,3
Salm		18	11380	265329	421	16	630	28	420	176886	42,5
Plateau des Tailles		11	5604	160423	141	9	1138	38	759	106949	25,7
Serpont		22	13329	285275	473	17	603	28	402	190183	45,6
Suxy		17	8522	145128	204	14	711	30	474	96752	23,2
Sainte-Cécile		3	2072	54688	124	23	441	24	294	36459	8,8
Croix-Scaille		1	290	3606	15	42	240	17	160	2404	0,6
Inventaire complet		150	76736	1714643	3235	19	530	26	353	1143095	274,3

FIGURE 4.29 – Tableau de synthèse des secteurs.

Le nombre de sites est probablement sous-estimés, car de nombreuses traces issues de l'orpillage sont aujourd'hui disparues. Gillet (1970) considère que près de 90% des tertres ont été détruits entre le début du 20^e siècle et 1968, suite à des aménagements, notamment agricoles et forestiers, ainsi que l'exploitation de gravier pour la construction. Nous même avons constaté la disparition de quelques sites répertoriés par Godfroid en 1980.

On notera en particulier que le secteur de la Haute Amblève présente la plus forte concentration de tertres (1857 tertres), pour une moyenne estimée de 23 par hectare. La surface moyenne de ces formes est légèrement plus faible que la moyenne générale (489 m² contre 530 m² en moyenne globale). Le faible volume moyen de la Warchenne et du Goldbach (262 m³) démontre peut-être l'ampleur limitée des travaux d'orpillage du 19^e siècle par rapport aux travaux anciens. Les tertres

du Plateau des Tailles présentent des volumes moyens importants : 3 112 m³ sur le rau de Rolayi, 1 442 m³ sur le rau de Montleban, mais seulement 395 m³ sur le Noir Ru.

En considérant que la teneur en or est de 0,15 g/t (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014), près de 274 kg d'or auraient été extraits au maximum, toutes époques confondues, soit 238 kg de plus que la quantité avancée par Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (36,028 kg) pour la même teneur. Notre évaluation est sujette à caution car le volume total des tertres est utilisé sans distinguer le matériel réellement orpaillé des dépôts stériles déplacés.

Bien que peu visibles sur la carte (figure 4.31), les sites se situent principalement en tête de bassin versant. Cette observation se confirme en dénombrant les zones en fonction de la taille de celui-ci (figure 4.30). La moyenne est de 16 km², mais la médiane est de 5 km² avec un maximum à 195 km². 77 sites, soit 51 %, se retrouvent dans des bassins versants de moins de 5 km², 40 se trouvent dans des bassins entre 5 et 10 km². Par conséquent, 78 % des formes issues de l'orpaillage se situent dans des bassins de moins de 10 km². On distingue tout de même des groupes de tertres jusqu'à 35 km², notamment ceux du massif de Serpont. Les vestiges des bassins de plus grande ampleur sont, sans surprise, les zones de l'Amblève (entre 75 et 80 km² et 115 et 135 km²) et les deux zones extrêmes situées sur la Salm (176 et 195 km²).

En ce qui concerne les débits à plein bords au niveau des sites, 111 ont des valeurs inférieures à 1 m³/s. La moyenne, élevée à cause des deux zones de la Salm (respectivement 23 et 21 m³/s), est de 1,9 m³/s. La localisation de la majeure partie des sites en tête de bassin est probablement liée à la faible compétence des cours d'eau limitant la dilution de l'or et favorisant la formation de placers alluviaux. En outre, ces débits ne sont pas très contraignant pour les opérations d'excavations (détournements, etc.) tout en fournissant suffisamment d'eau pour le lavage.

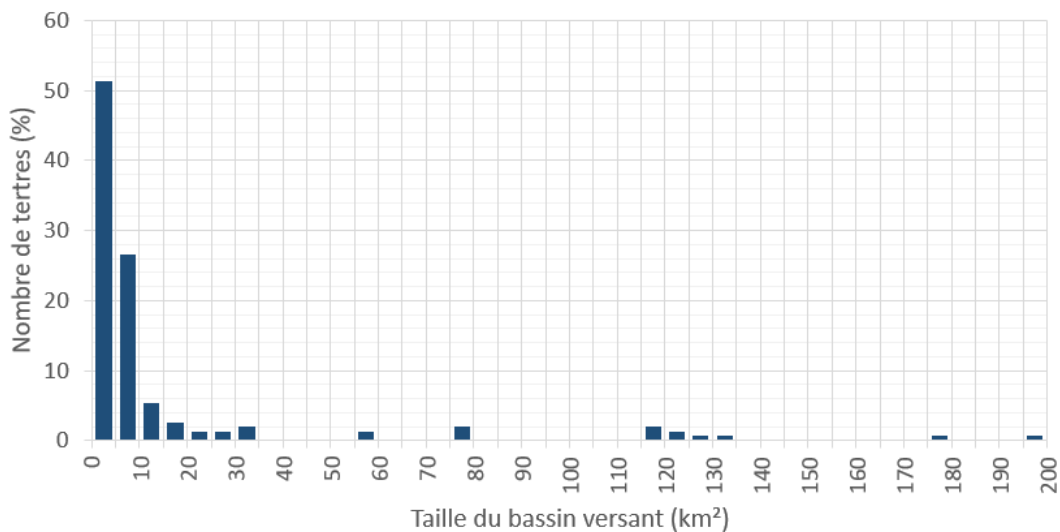


FIGURE 4.30 – Distribution des sites inventoriés en fonction de la taille du bassin versant.

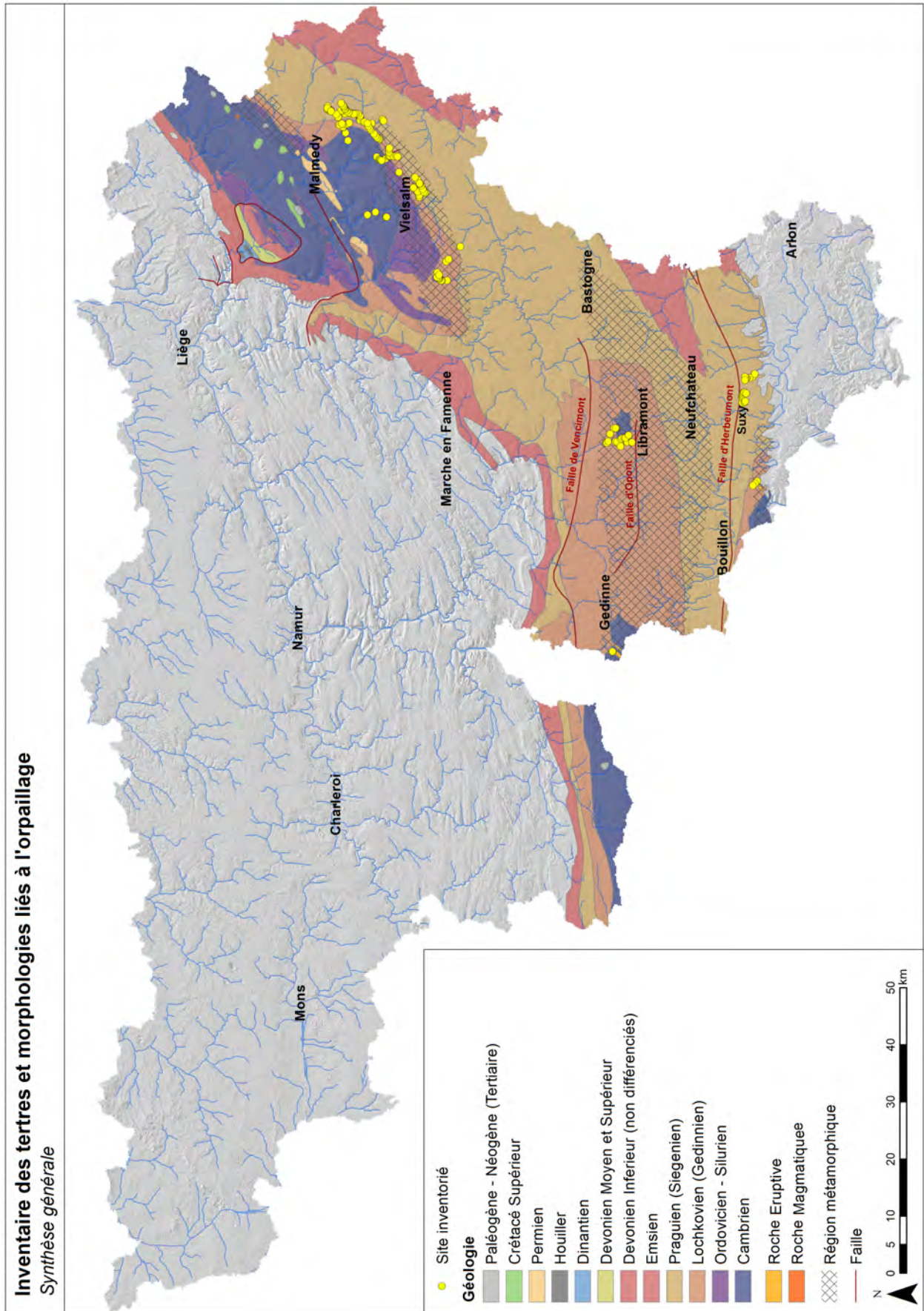


FIGURE 4.31 – Carte des tertres et formes liés à l'orpailage en Wallonie. La géologie est issue de de Bethune (1954). Seule la géologie des terrains ardennais et limitrophes est représentée.

4.4 Choix des sites d'études

À partir des prospections, le choix de sites particuliers à étudier plus en profondeur s'est posé afin d'analyser l'impact géomorphologique de l'orpillage sur les rivières ardennaises. Parmi les zones les plus représentatives, le choix s'est porté sur le site Rou-3 de La Rougerie, dans le secteur de la Salm et sur le site Amb-2 de l'Amblève.

Le site de La Rougerie a été choisi pour sa morphologie particulière. Le cours d'eau méandre dans une large tranchée bordée par une à deux rangées de tertres de grande dimension et bien conservés, sur une distance de près de 2,2 km quasiment sans interruption. Une coupe en travers des tertres en rive droite et un tertre partiellement érodé par la rivière en rive gauche ont été identifiés. Les contacts et l'expertise du site par B. Van Eerdenbrugh sont un plus non-négligeable. La Rougerie est un cours d'eau de faible ampleur, y étudier les dépôts en aval est difficile, notamment à cause des pressions anthropiques postérieures à l'orpillage.

Dans ce contexte, les sites du Ladebach et de l'Amblève ont été envisagés. Le site Amb-2 a été choisi, car le site nous semble plutôt bien conservé. Une tourbière s'est développée entre les tertres et le versant présentant un possible front d'exploitation. Cette tourbière peut fournir des indications quant à la morphologie du site à la fin de l'exploitation voir peut-être permettre sa datation. Si l'accumulation de tourbe a commencé consécutivement aux activités d'orpillage, dater un élément de la base de la tourbe permettrait de donner un âge de la fin de ces travaux. Des secteurs de la plaine alluviale en aval sont très intéressants, car ils permettent de réaliser des profils : l'orpillage pourrait être associé à un ou plusieurs niveaux sédimentaires, correspondant à d'éventuelles phases d'activités successives qui pourraient alors être datées. Ces zones ont subi probablement l'influence de Amb-2 et des 52 sites répertoriés en amont sur l'Amblève et ses affluents exploités : les ruisseaux d'Ondenval, le Schinderbach, l'Emmels et le Ladebach.

5 Études de cas

5.1 Méthodologie

Les deux études de cas présentées dans ce mémoire ont nécessité la mise en œuvre de nombreuses méthodes. Celles-ci sont exposées ci-après en respectant la chronologie : définition des profils et sondages, identification et levé de coupes, levés topographiques, les méthodes d'échantillonnage et enfin le traitement de ces derniers en laboratoire.

5.1.1 Profils et coupes

La première étape consiste à définir les sites de prélèvements. À l'image de la construction de l'inventaire des zones de tertres, des profils et coupes ont été positionnés sur les sites d'étude par observation du LIDAR (Hillshade) suivis de la validation de ceux-ci par des visites de terrain. Celles-ci permettent de choisir, suivant les conditions, la ou les méthodes de prélèvements afin de définir la dynamique sédimentaire. Les informations fournies par B. Van Eerdenbrugh se sont également révélées précieuses dans le cas de la Rougerie. Il est également arrivé, qu'au vu des premiers résultats obtenus en laboratoire, de nouveaux prélèvements aient été effectués pour affiner ou compléter les données.

Deux méthodes principales s'offrent à nous :

- Suite aux visites de terrain, la présence de berges érodées ou de talus abrupts permet de définir des coupes. Concrètement, pour chacune, la paroi est « dégagée et rafraîchie » afin de mettre en évidence les contacts et limites des différents niveaux ou morphologies. Le schéma à l'échelle est ensuite réalisé ainsi que le prélèvement d'échantillons des niveaux présentant un intérêt pour l'étude.
Le schéma peut être effectué à la main (dessins et mesures au décimètre et mètre de menuisier), mais une station totale peut également être employée. Dans ce cas, les limites et morphologies sont levées, créant un nuage de points dont les coordonnées (x,y) sont transformées pour les ramener sur un même plan par la méthode expliquée ci-après : 5.1.3 page 56. La coupe est dessinée en reliant les points entre eux. Cette méthode présente l'avantage d'être très précise. Elle est surtout utilisée pour les coupes de grandes dimensions, au vu des moyens mis en œuvre.
- La seconde méthode consiste à établir un profil. Celui-ci est exécuté en général perpendiculairement à l'axe de la vallée. Concrètement, sur base d'un levé topographique, des sondages sont exécutés à intervalles réguliers et/ou lorsque un changement de morphologie en surface est constaté. Ceux-ci sont effectués à la tarière de pédologue ou au peat sampler (sonde russe) suivant le type de sol rencontré : un test préalable à la gouge peut être utile. Après traitement en laboratoire des échantillons, une représentation graphique est construite, les différents niveaux y sont définis en reliant les limites identifiées dans chaque sondage par les changements de granulométrie, de quantité de matière organique, etc. Une coupe est en fait construite sans avoir à creuser une importante tranchée en travers de la vallée.
- Outre ces deux méthodes, des sondages et des prélèvements indépendants peuvent bien sûr être réalisés.

5.1.2 Échantillonnage

Différentes méthodes et outils d'échantillonnage ont été utilisés suivant le contexte et le matériel à prélever. Par exemple, sur l'Amblève, il s'est avéré que l'emploi de la tarière lors de certains sondages n'a pas été performant : soit les limites ou les transitions entre les différents niveaux n'ont pu être identifiées correctement, soit un échantillon suffisamment cohérent n'a pu être prélevé à cause de l'humidité ou du caractère tourbeux de certaines couches. Un sondage au peat sampler est alors bien plus efficace.

Dans certains cas, notamment sur les coupes, il suffit de prélever les échantillons directement en prenant quelques précautions élémentaires : leur donner un identifiant clair et sans équivoque ; les positionner sur le schéma de la coupe et/ou via la prise des coordonnées GPS ; prendre garde à d'éventuelles contaminations (la zone de prélèvement, les instruments et le sachet doivent être propres).

La tarière de pédologue

La tarière de pédologue permet d'effectuer des sondages dans des dépôts plutôt cohérents, telles les alluvions dominées par les limons. Cet instrument est constitué d'une tête en pas de vis, permettant de prélever 15 à 20 cm d'échantillon, et d'un manche en T extensible par l'ajout de sections de 1 m de long.

Chaque prélèvement s'effectue par rotation de la tarière jusqu'à ce qu'elle se soit enfoncée d'environ 15 cm. Un sondage complet est achevé en prélevant successivement dans un même puits jusqu'à atteindre le refus : le matériel est trop grossier et empêche de poursuivre le sondage. Dans les plaines alluviales, cela signifie généralement que le cailloutis a été rencontré. Après chaque prélèvement, il est important de mesurer la profondeur atteinte ce qui permet de le positionner dans la succession des échantillons du sondage. À chaque carotte extraite, une première observation est importante. Par exemple, un changement de couleur ou même de granulométrie suggère une transition entre deux niveaux, subdiviser l'échantillon est alors utile.

Bien entendu, comme pour un prélèvement direct, quelques précautions sont à prendre : chaque échantillon doit être identifié correctement (par exemple : nom du sondage - profondeur du haut et du bas de l'échantillon) ; le sondage doit être positionné correctement sur le transect ou par GPS ; une couche extérieure du prélèvement doit être retirée afin d'éliminer les éventuelles contaminations, notamment provoquées par l'extraction du puits ; la tarière et les outils doivent être nettoyés à l'eau entre chaque prélèvement.

Peat sampler (Sonde russe)

Contrairement à la tarière, le peat sampler, ou sonde russe, permet d'effectuer des sondages dans des dépôts peu cohérents, comme une tourbière ou des niveaux limoneux très humides. Celle-ci est constituée d'une pointe surmontée d'un demi-cylindre fermé par un volet. Tout comme la tarière, elle est surmontée d'un manche « extensible ». Elle permet de prélever 50 cm d'échantillon et butte également sur le cailloutis.

Concrètement, la sonde est introduite verticalement dans le sol sur 50 cm, volet fermé. Un demi-tour dans le sens anti-horaire est ensuite imprimé à la sonde, enfermant un demi-cylindre (carotte) d'échantillon où les structures sont parfaitement conservées. Elle peut alors être extraite en prenant garde de ne pas effectuer de rotation horaire, ce qui exposerait le prélèvement. À cause de la pointe, environ 15 cm de matériel est perturbé dans la partie supérieure des dépôts sous-jacents. Un second

sondage doit être effectué à proximité immédiate avec un décalage de 25 cm. Ces deux sondages combinés permettent de reconstituer toute la séquence sans aucune perturbation.

Une nouvelle fois, les mêmes précautions sont à prendre, mais le conditionnement est ici plus complexe. Afin de libérer le prélèvement de la sonde, le demi-cylindre est positionné vers le haut puis la sonde est pivotée dans le sens horaire, le volet restant immobile et horizontale. Un demi tube en PVC est ensuite placé au-dessus qui, après retournement de l'ensemble, contiendra l'échantillon. En plus d'un identifiant « classique », les profondeurs du sommet et de la base du prélèvement doivent être inscrites sur le tube, aux extrémités correspondantes, afin de positionner le prélèvement dans le bon sens et à la bonne place dans la série d'échantillons constituant le sondage.

5.1.3 Topographie

La topographie des profils a été obtenue de deux façons selon les cas. S'ils comportent des sondages et échantillonnages, ils nécessitent une topographie fine levée à l'aide d'une station totale. S'ils sont uniquement topographique, le recourt au LIDAR (MNT) peut être suffisant : les altitudes sont extraites du Modèle Numérique de Terrain selon un intervalle donné sur le profil.

Station totale et traitement des données

La topographie des profils définie par cette méthode comporte une première phase d'acquisition des données sur le terrain. Pour chacun, la position de points situés sur le profil est levée à l'aide d'une station totale et d'une canne munie d'un prisme après matérialisation de celui-ci sur le terrain à l'aide de piquets et d'un décamètre.

La station totale doit être positionnée correctement et de façon à ce que l'ensemble du profil puisse être visé au mieux. Si ce n'est pas le cas, une ou plusieurs mises en station supplémentaires sont nécessaires pour permettre le levé complet. Lors de celles-ci, il faut pouvoir viser au minimum trois points déjà visés par la ou les mises en station précédentes. En effet, les mesures sont enregistrées dans un référentiel propre à chacune. Par conséquent, un système commun de coordonnées ne peut être définis lors des calculs que par les points connus.

Sur le profil, les points sont levés à intervalles régulier avec le prisme. En plus de ceux-ci, certaines particularités peuvent être levés afin de rendre compte au mieux de la réalité topographique : ruptures de pente, sommets et pied de berges, position de chenaux éventuels, position des sondages, etc. À la fin, chaque point correspond à une visée enregistrée par la station. Pour les calculs et la représentation finale, il est important de clairement identifier les visées correspondant aux différentes mises en station, les points particuliers (piquets, berges, chenaux, ...) et la hauteur du prisme.

Pour chaque visée, les valeurs suivantes sont enregistrées :

- L'identifiant unique à chaque visée ;
- L'angle horizontal (Hz) exprimé en gons ;
- L'angle vertical (Vt) exprimé en gons ;
- La distance oblique (Dobl) en mètre ;
- La hauteur de la station (HSt) en mètre ;
- La hauteur du prisme (HPr) en mètre ;
- Les remarques éventuelles : la visée concernée correspond à la position d'un piquet, d'un point particulier, ...

Les transformations permettant de définir la position des points dans un système de coordonnées local sont alors réalisées. Après conversion des angles en radians ($radians = gons * \frac{2\pi}{400}$), les valeurs x, y et z de chaque point sont calculées :

- $x = Dobl * \sin Hz * \sin Vt$
- $y = Dobl * \cos Hz * \sin Vt$
- $z = (Dobl * \cos Vt) + HSt - HPr$

Dans le cas de plusieurs mises en station, l'angle horizontal enregistré à chaque visée est donné par rapport à une « direction 0 » a priori inconnue et propre à chaque position de la station. Par conséquent, le résultat des calculs de cette première étape correspond à la localisation des points visés depuis chaque station dans un système de coordonnées propre à chacune d'elles. Il s'agit d'effectuer les transformations nécessaires pour que l'ensemble des points soient localisés dans un même système. Pour ce faire, une transformation affine est exécutée sur les coordonnées x et y. La même méthode est appliquée afin de définir la position des points dans un système de coordonnées, comme le Lambert 72, afin de les localiser sur carte par exemple.

Concrètement, cette opération permet une rotation (α), une translation en x (Tx) et en y (Ty) ainsi qu'une mise à l'échelle (k) à partir de points connus dans les deux systèmes. Il suffit de résoudre l'équation matricielle $P = (A^T A)^{-1} (A^T W)$ où A est la matrice des coordonnées d'origines et W celle des coordonnées dans le nouveau système (Figure 5.1). Une fois ces paramètres définis, les équations suivantes sont appliquées pour définir les nouvelles coordonnées x et y :

- $X = (Xorigine * k * \cos\alpha) - (Yorigine * k * \sin\alpha) + Tx.$
- $Y = (Xorigine * k * \sin\alpha) + (Yorigine * k * \cos\alpha) + Ty.$

	W	A			
P0	-7,181193164	4,14508948	0,82918098	1	0
	9,94898897	-0,82918098	4,14508948	0	1
P8	0,39865018	7,64490007	7,94367159	1	0
	7,370393396	-7,94367159	7,64490007	0	1
P18	10,17297927	11,9393144	17,4535219	1	0
	3,681643347	-17,4535219	11,9393144	0	1

	P
k*cosA	0,71017351
k*sinA	0,71073434
Tx	-10,7004906
Ty	7,58702361

FIGURE 5.1 – Exemple des matrices (W et A) pour la transformation affine et le résultat (P). Cet exemple correspond à la transformation nécessaire entre les deux premières mises en station lors du levé de la coupe RGR-C de la Rougerie.

Pour les élévations (z), il suffit d'appliquer une simple translation à partir des valeurs d'élévation d'un point connu dans les deux systèmes. Par exemple, si le point de référence à une élévation de 0 m dans le premier et 1 m dans le second, il suffit d'ajouter 1 m aux valeurs des points du premier système pour qu'ils soient correctement situés (en z) dans le second.

Pour réaliser le profil d'élévation, il faut construire un nouvel axe sur base des coordonnées (x, y) afin de situer les points le long du profil comme l'illustre la figure 5.2. La première étape est de définir la position du nouvel axe (axe x') qui correspond à une droite d'équation $y = m * x + p$. Le calcul des paramètres m et p s'effectue sur base des coordonnées de deux points du profil (respectivement x_0, y_0 et x_1, y_1) :

- $m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$
- $p = y_0 - m * x_0$

La seconde étape consiste à définir le paramètre c ($c = y + \frac{x}{m}$) pour chaque point du profil pour ajuster les coordonnées, appelées x_c et y_c :

- $x_c = \frac{c - p}{c + \frac{1}{m}}$
- $y_c = m * x_c + p$

La troisième étape permet de déterminer la position x' de chaque point à partir des coordonnées du point choisi comme origine par le théorème de Pythagore :

$$x' = \sqrt{(x_c - x_o)^2 + (y_c - y_o)^2}$$

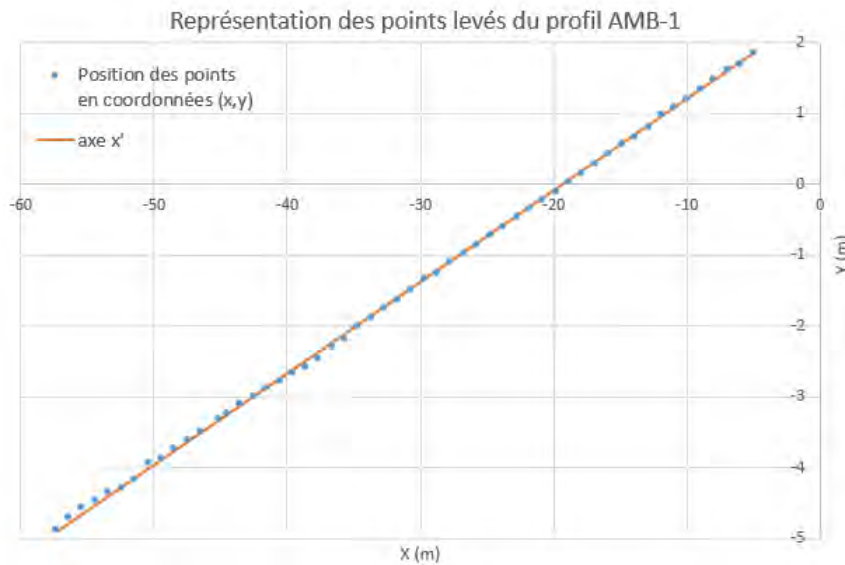


FIGURE 5.2 – Illustration pour la conversion d’un système de coordonnées (x,y) vers un axe unique.

Extraction via le LIDAR

La définition d’un profil topographique peut être effectuée par l’intermédiaire du LIDAR (MNT). La précision du résultat dépend de la résolution du MNT, de sa précision propre et de l’orientation du profil par rapport au pixel (la précision sera la plus faible lorsque le profil passe en diagonale au travers des pixels). Dans notre cas, la précision est entre 1 et $\sqrt{2}$ m. Parfois, au vu de la méthode de construction du MNT, la valeur de certains pixels est issue d’une interpolation et le profil paraître en conséquence « lissé ».

La méthode suivante a été appliquée sous ArcMap :

1. Tout d’abord, le profil est créé sous la forme d’une ligne dans un Shapefile ou un feature class. Des points sont alors définis à intervalle régulier par la méthode suivante :
 - (a) Création d’un Shapefile ou d’un Feature Class de points.
 - (b) Sélection du profil (ligne).
 - (c) Exécution de l’outil *Construct Points* (Editor toolbar). Il permet de créer des points à intervalles réguliers le long de la ligne sélectionnée. L’option Distance est choisie afin de créer des points espacés par une longueur choisie (l’ajout de points en début et fin de ligne peut être précisé si nécessaire).
2. Les valeurs des pixels du MNT situé à l’emplacement des points sont extraites avec l’outil *Extract Values To Points* ((ArcToolbox/Spatial Analyst). Un nouvel attribut (RASTERVALU) contenant les altitudes des points est ainsi créé.
3. Une représentation graphique du profil peut être construite si l’intervalle choisis à l’étape précédente est de 1 m : les points étant localisés le long du profil par leurs identifiants (ID), leurs positions respectives le long du transect peut être donnée par $ID - 1$. Cependant, suivant

les options choisies, le dernier point peut ne pas être à la bonne distance, un intervalle différent de 1 m peut avoir été défini ou plusieurs profils peuvent être contenus dans un même fichier. Pour récupérer la position des points le long du ou des profils, les deux outils suivants sont à exécuter :

- (a) *Create Routes* (ArcToolbox/Linear Referencing Tools) : à partir du premier fichier de ligne, ce programme crée un nouveau fichier où les lignes sont converties en « itinéraires » ou « routes ». Cette conversion est nécessaire car ArcGIS ne peut effectuer de mesure le long des « polygones simples ».
- (b) *Locate Features along Routes* (ArcToolbox/Linear Referencing Tools) : il « parcourt » les itinéraires et, suivant un rayon de recherche défini, va mesurer la position de chaque point le long de ces routes. À noter que le rayon de recherche doit être inférieur à l'intervalle entre les points définis préalablement. Au terme du traitement, la table d'attributs contient les informations suivantes :
 - Les attributs de la couche des points en entrée, c'est-à-dire les valeurs d'altitude et les identifiants des points.
 - Un attribut avec l'identifiant de l'itinéraire concerné (par défaut RID), les valeurs indiquées sont celles utilisées lors de la création des itinéraires.
 - Un attribut avec les distances depuis l'origine de l'itinéraire concerné (MEAS par défaut), ce qui nous intéresse en l'occurrence.
 - En option, effective par défaut, un attribut avec les distances entre les points et l'itinéraire concerné (nommé Distance par défaut), positive si le point est « à gauche » ou négative si il est « à droite ». Normalement, il doit être égal ou très proche de zéro dans notre cas.

5.1.4 Laboratoire

Granulométrie

Définir la granulométrie d'un échantillon consiste à établir la distribution statistique des éléments le composant, exprimée en pourcentage du poids total, suivant leur appartenance aux classes granulométriques. Celles-ci sont déterminées sur base d'une échelle logarithmique.

En pratique, l'opération s'effectue en trois temps : un premier tamisage sous eau permet de séparer les éléments dont la taille est supérieure à 600 μm du reste de l'échantillon. Un second tamisage à sec est exécuté sur cette part d'éléments « grossiers ». Enfin, les éléments inférieures à 600 μm sont soumis à une granulométrie laser. Les différents résultats sont ensuite combinés pour définir la granulométrie de l'échantillon.

1. Le tamisage sous eau consiste, d'une part, à « laver » l'échantillon en séparant les éléments les uns des autres grâce à un courant d'eau et, d'autre part, à séparer les fractions supérieures et inférieures à 600 μm . La première fraction est placée à l'étuve à 105 degC pour être séchée. La seconde est laissée à décanter afin de siphonner le maximum d'eau pour être aussi placée à l'étuve. Une fois séchée, elle sera pesée et employée pour le raccord entre les résultats issus du tamisage à sec et de la granulométrie laser.
2. Le tamisage à sec de la première fraction a pour but d'isoler les parts de chaque classe au moyen de tamis ordonnés par ordre de taille de mailles croissantes, allant de 600 μm jusqu'à 26 mm. Chaque part est pesée. Pour les éventuels éléments supérieurs à 26 mm, un pied à coulisse est utilisé pour mesurer leur axe b respectif : les mailles des tamis étant carrées, les éléments retenus ont une largeur égale ou supérieure à la diagonale de la maille, soit l'axe

- b. À remarquer qu'il arrive souvent qu'une partie de l'échantillon traité soit tout de même de granulométrie inférieure à $600 \mu\text{m}$. Pour pallier à ce problème, le poids de cette partie est ajouté au poids de la fraction fine déterminé à l'étape précédente.
3. La granulométrie laser mesure les particules sur base des théories de Fraunhofer et de Mie. La première mesure la diffraction de la lumière (en l'occurrence un laser) provoquée par une particule : l'intensité de la lumière diffractée et l'angle de diffraction sont fonction du rayon de la particule. Cet effet n'étant valable que pour des particules de dimension supérieure à $25 \mu\text{m}$, la seconde théorie intervient : les éléments provoquent une réfraction et une diffusion car leurs tailles sont proches de la longueur d'onde du faisceau lumineux.

L'Université de Liège dispose d'un Mastersier 2000, utilisé par voie humide, l'échantillon étant ici dilué dans l'eau. En pratique, ce matériel est capable de définir la granulométrie de particules de $0,02 \mu\text{m}$ à $2\,000 \mu\text{m}$. Un taux d'obscurcissement de 10 à 20 % est nécessaire pour permettre la mesure, soit moins de 2 g d'échantillon. Une double analyse est requise car elle permet de révéler une erreur de mesure (liée à la présence d'un agrégat, d'une bulle d'air, ...) traduite par une discordance importante des distributions. Le rapport généré contient l'ensemble des paramètres affecté à l'appareil, quelques mesures statistiques (moyenne, D_{50} , D_{90} , D_{99} , etc.) ainsi qu'une présentation graphique du résultat (taille des particules en fonction du volume exprimé respectivement en μm et en pourcentage). Ces résultats peuvent être exportés dans un format et selon des classes granulométriques définies par l'utilisateur. À remarquer que le granulomètre effectue le classement selon la sphère équivalente alors que seul la largeur (axe b) conditionne le passage des mailles des tamis : il est donc possible qu'un certain pourcentage soit défini dans la classe $600\text{-}850 \mu\text{m}$ voir $850\text{-}1180 \mu\text{m}$.

4. Pour obtenir la granulométrie complète de l'échantillon, le raccord entre les résultats issus du tamisage à sec et du Granulomètre est nécessaire. Le résultat des mesures de ce dernier, exprimé en pourcentage par classe, est converti en poids par classe, sachant que l'appareil a analysé un sous-échantillon homogène de la fraction $600 \mu\text{m}$ pesée à la première étape. Les quantités issues du tamisage à sec et du Granulomètre sont additionnées pour les classes $600\text{-}850\mu\text{m}$ et éventuellement $850\text{-}1180\mu\text{m}$.

Les parts de l'échantillon appartenant à chaque classe, ainsi définies, sont converties en pourcentage du poids total de l'échantillon, ce qui permet de tracer les courbes de distribution (pourcentage cumulé ou non de l'échantillon en fonction des classes), de calculer les quantiles D_{99} , D_{90} et D_{50} , etc. afin d'interpréter la distribution granulométrique de l'échantillon.

Perte au feu

Certains échantillons prélevés étant constitués en grande partie de matière organique, comme les prélèvements issus des sondages effectués à la sonde russe, il a été nécessaire de déterminer la part de celle-ci par perte au feu. Cette méthode consiste à calciner les échantillons, la comparaison entre le poids initiale et celui à l'issue de l'opération permet de définir la proportion. D'après (Denis, 2010), sur base de Rydin & Jeglum (2006), un échantillon est considéré comme étant de la tourbe s'il comporte une part d'au moins 30% de matière organique.

Concrètement, environ 10 à 15 g de matériel des échantillons concernés est prélevé et pesé au milligramme près. Ils doivent être aussi représentatif que possible dans le cas d'exemplaires de sondage à la tarière. Pour ceux, issus de sondage au peat sampler, le matériel est prélevé à chaque niveau identifié lors de l'observation préliminaire.

Ces prélèvements sont alors séchés à l'étuve à 105 ° C pendant 24 heures et une nouvelle fois pesés. Cette dernière permet de quantifier la part d'eau contenue dans les échantillons. Celle-ci peut s'élever à 60 % du poids initial (Denis, 2010), ce qui explique la perte d'environ 5 g du poids initiale dans la majeure partie des cas.

Les prélèvements sont alors portés à 550 ° C à nouveau pendant 24 heures. À cette température, la matière organique est dégradée en CO₂ qui s'échappe sous forme de gaz et en carbone (graphite). Une dernière pesée permet l'obtention de la part minérale. La proportion de matière organique, exprimée en pourcent, se calcule par :

$$MO(\%) = \frac{P_0 - P_1}{P_0} * 100$$

Avec : $MO(\%)$: pourcentage de matière organique contenue dans l'échantillon ; P_0 : poids de l'échantillon séché ; P_1 : poids de l'échantillon après calcination.

Lors des manipulations, au vu de la précision requise et de la faible quantité de matériel, il est important de maintenir les échantillons le plus au sec possible. Il convient de les préparer en fonction de la capacité d'accueil du four, quitte à répéter le « cycle complet » plusieurs fois.

Séparation densimétrique

L'orpaillage provoquant un tri densimétrique (3.2 page 14), les chercheurs d'or relèvent toujours la présence de « sable noir » (hématite, magnétite, tourmaline, zircon, ...) associé aux paillettes d'or (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017). Afin de vérifier si les échantillons issus des tertres ont été lavé et appauvris ou non en minéraux denses par rapport à ceux issus de la rivière ou d'autres dépôts, une séparation densimétrique a été exécutée à l'aide de bromoforme (densité 2,8 g/cm³). Celle-ci s'est concentrée sur la fraction 500-63 μm (sables moyens à très fins), car cette classe est la plus susceptible de contenir de l'or et généralement conservée à la fin de l'orpaillage. Le bromoforme est employé car il permet d'isoler la part de l'échantillon de densité supérieure à 2,8 g/cm³.

En pratique, après tamisage et séchage, environ 10 g de la fraction 500-63 μ sont prélevé de façon homogène. Le poids exact est nécessaire pour les calculs finaux, car la partie dont la densité est inférieure à 2,8 g/cm³ est perdue durant le processus. Les échantillons sont placés dans des tubes en plastique pour centrifugeuse avec du bromoforme.

Après équilibrage du poids des différents tubes (contrainte due à l'appareil), la centrifugeuse est lancée jusqu'à 2000 tours/min. À l'issue de cette opération, une partie de l'échantillon est concentrée au fond du tube alors que le reste surnage à la surface du bromoforme. Cette opération est répétée deux fois en mélangeant le surnageant entre les centrifugations car des éléments de forte densité ont pu être retenu par d'autres de densité moindre.

Afin de récupérer la part de forte densité, la partie inférieure du tube est plongée dans de l'azote liquide afin de la geler. Le surnageant, ainsi que le bromoforme resté liquide, sont évacués à l'aide d'acétone. Une fois que le tube est dégelé, les minéraux du tube sont également extraits avec de l'acétone. Cette part est alors filtrée, séchée à l'étuve puis pesée. Grâce au poids total, le pourcentage de minéraux dont la densité est supérieure à 2,8 g/cm³ peut être calculé.

À noter que le bromoforme contaminé par l'acétone durant l'opération, n'a plus la densité voulue. Au laboratoire de géomorphologie, un protocole de recyclage est utilisé.

Datation Carbone 14

Cette méthode de datation a été mise au point par Libby dès 1949, soit peu après la Seconde Guerre mondiale comme nombre d'autres méthodes de datation radiométriques et autres applications du nucléaire. De façon basique, la méthode consiste à doser la quantité de ^{14}C , isotope instable du carbone, présente dans un échantillon organique ce qui permet de dater la mort de l'organisme (Demoulin, 2016).

Le ^{14}C ne représente que $1,2 \cdot 10^{-12}$ % de l'ensemble du carbone présent sur la planète¹. Il est généré à partir de l'azote atmosphérique par substitution d'un proton par un neutron produit par rayonnement cosmique (équation 5.1). Le ^{14}C étant instable, il est directement soumis à la désintégration selon l'équation 5.2. Le rythme de production/désintégration dans l'atmosphère conduit à avoir un taux relativement stable. Les isotopes produits s'oxydent rapidement (CO_2), entrent dans le cycle du carbone et atteignent toute la biosphère et se diffusent dans les océans : absorption par photosynthèse par les végétaux, composition des coquilles calcaires, ... (Demoulin, 2016).



Tant que l'organisme est vivant, les échanges avec son environnement maintiennent un taux constant de ^{14}C . À sa mort, les échanges cessent et le stock de ^{14}C , n'étant plus renouvelé, commence à diminuer en raison des désintégrations. La demi-vie du ^{14}C est de 5 730 ans, c'est-à-dire qu'il faut 5 730 ans pour constater la désintégration de la moitié du stock. Historiquement, la demi-vie était erronée (5 568 ans) : au vu du nombre de datations effectuées avant la correction, cette valeur est toujours employée aujourd'hui en appliquant un facteur correctif de 1,03. Du fait de cette demi-vie et du très faible taux initial, la datation est considérée comme fiable jusqu'à 7 périodes, soit jusqu'à 40 000 à 50 000 ans (Demoulin, 2016).

Anciennement, la mesure de ^{14}C consistait à mesurer la radioactivité β^- du carbone extrait de l'échantillon. Cette longue opération, pouvant prendre plusieurs semaines, nécessitait une quantité relativement importante d'échantillon (1 à 2 g de carbone pur). Actuellement, et comme ça a été le cas ici, la méthode AMS (Acceleration Mass Spectrometry) est utilisée, car elle permet d'obtenir des résultats en quelques heures sur base de faible quantité (± 1 mg de carbone). En résumé, la méthode consiste à ioniser les atomes de carbone puis à les accélérer et à les soumettre à un champ magnétique qui aura pour effet de les dévier d'autant plus que l'atome est léger. À la fin du processus, les quantités relatives de chaque isotope sont obtenues, ce qui permet d'établir les rapports $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$. Le prélèvement peut alors être daté sur base d'un échantillon actuel servant de référence (Demoulin, 2016).

Deux facteurs peuvent induire une erreur de datation :

- Le taux de ^{14}C n'est pas constant dans le temps. Cette instabilité provient des variations de l'activité solaire et de la magnétosphère qui influencent directement la production de ^{14}C . Plus récemment, l'effet des activités humaines est notable, notamment l'utilisation des combustibles fossiles qui relâche d'importantes quantités de ^{12}C et ^{13}C ce qui dilue le ^{14}C . Les essais nucléaires sont également remarquables car ils ont temporairement doublé le taux (Demoulin, 2016).
- Le taux de ^{14}C n'est pas égal dans les différents réservoirs (atmosphère, hydrosphère, biosphère et pédosphère). Par exemple, l'eau absorbe préférentiellement le ^{14}C : les organismes marins ont un taux supérieur aux organismes terrestres. Ce *fractionnement isotopique* peut

1. Les isotopes stables ^{12}C et ^{13}C représentent respectivement 98,9 % et 1,1 %.

être corrigé par la mesure du $\delta^{13}\text{C}$ (comparaison du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ entre l'échantillon et une référence) en considérant que le fractionnement est deux fois plus important pour le ^{14}C (Demoulin, 2016).

Pour ces raisons, il est nécessaire de corriger l'âge estimé grâce à une courbe de calibration (figure 5.3). Cette dernière a été établie en croisant différentes sources de datations : la dendrochronologie, les varves lacustres et les spéléothèmes. Elle est considérée comme parfaitement fiable jusqu'à 12 600 ans, mais permet une datation jusqu'à 50 000 ans. Les datations calibrées sont exprimées en « a cal BP » (Before Present : âge calibré où l'âge 0 est 1950 : le début de la datation ^{14}C). Elles peuvent aussi être formulées en « a cal BC » (âge calibré Before Christ : avant J.C.) et « a cal AD » (âge calibré Anno Domini : après J.C.) (Demoulin, 2016). Cette courbe est régulièrement mise à jour : IntCal13, établie en 2013, est actuellement la référence (Reimer *et al.*, 2013a ; Demoulin, 2016).

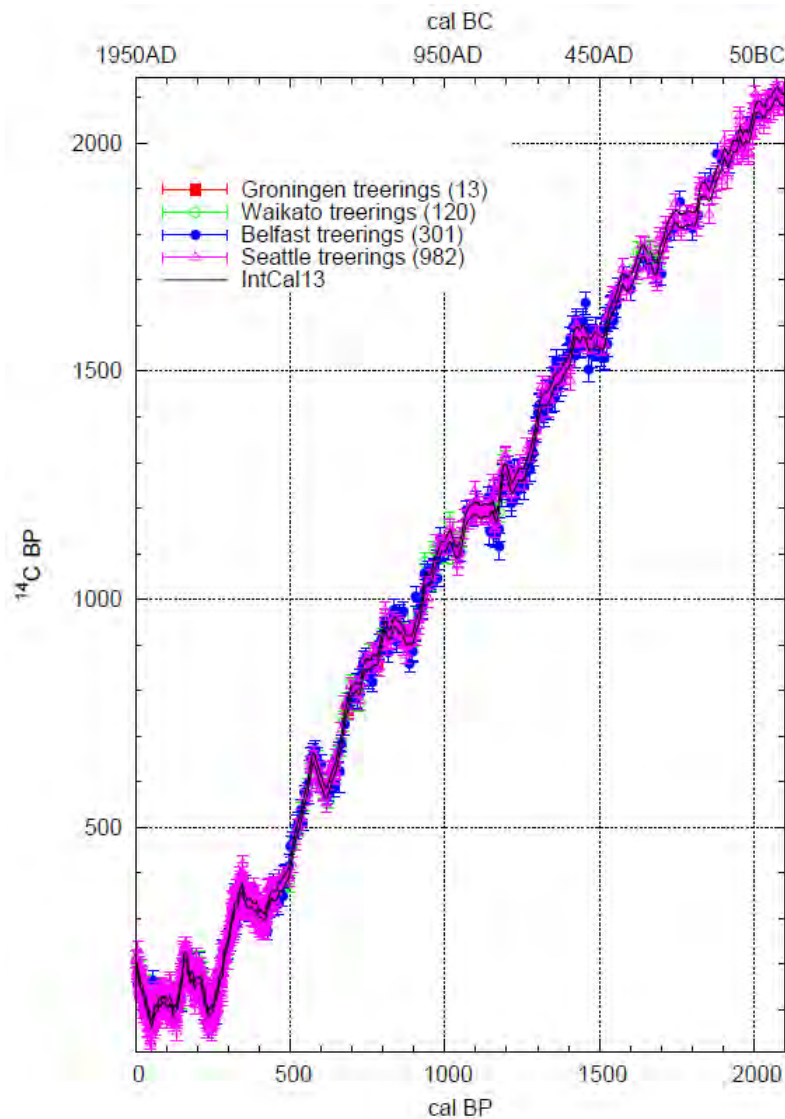


FIGURE 5.3 – Extrait de la courbe de calibration de datation ^{14}C IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013b).

Outre ces sources d'erreurs, indépendantes de notre volonté et corrigées après dosage du carbone, d'autres facteurs sont à prendre en compte : type de matériel à dater, position de celui-ci dans le dépôts, processus l'ayant amené dans cette position, etc.

Tout matériel organique peut en théorie être daté. Il faut une quantité de carbone suffisante

pour pouvoir « doser » les différents isotopes. La contamination, c'est-à-dire l'apport ultérieur de carbone, influence le rapport des isotopes et fausse la datation. Par exemple, la présence de racines se nourrissant du matériel à dater augmentent fortement le taux de ^{14}C , provoquant une sous-estimation, parfois importante, de l'âge (Demoulin, 2016).

En géomorphologie, dater un élément organique est généralement un moyen indirect de datation d'un dépôt. Par conséquent, il est important de prendre en considération le processus qui a amené un élément potentiellement datable dans sa position actuelle dans la séquence sédimentaire. Par exemple, il est préférable de dater un morceau de charbon plutôt qu'un macro-reste végétal ou un niveau tourbeux. Le premier provient d'un évènement précis (un incendie) et a été isolé rapidement des influences extérieures pour être préservé, alors que les autres sont plus sujets aux contaminations et leurs conditions d'enfouissement peuvent avoir été longues et difficiles à évaluer. Le charbon donne une date précise pour un niveau précis, alors que la tourbe donnera plutôt une période, plus ou moins large suivant le taux d'accumulation.

La méthode de prélèvement en elle-même doit éviter la contamination : usage d'un matériel propre, ne pas toucher l'échantillon sans protections, etc. L'échantillon est aussi nettoyé à l'eau désionisée, afin de retirer le limon par exemple, et séché à 40°C . L'échantillon est ensuite conditionné de façon à ce qu'il soit protégé de la lumière et des chocs trop importants lors de la conservation et du transport au laboratoire d'analyse.

Deux datations au ^{14}C ont été effectuées lors de cette étude. Celles-ci ont été exécutées par le laboratoire Beta Analytic. La fiche d'identification de chaque échantillon demandée par le laboratoire d'analyses doit être complétée : type de l'échantillon, traitements préalables effectués, provenance géographique, ... Les rapports des datations réalisées par Beta Analytic se trouvent en annexe B, page 133 et C, page 134 de ce document.

5.2 La Rougerie à Bèche

Ce chapitre concerne l'étude de cas menée sur la Rougerie. Après de multiples visites de terrain, dont certaines en compagnie de G. Houbrechts et B. Van Eerdenbrugh, l'étude s'est concentrée sur un secteur présentant les formes issues de l'orpaillage les moins perturbées ainsi que sur une fosse rectangulaire vers l'amont.

Dans cette partie, les caractéristiques de la Rougerie, son contexte géologique et les formes générales de la vallée sont décrites, suivi de la présentation des deux secteurs étudiés en particulier. Pour compléter ces quelques observations, 8 profils topographiques créés à partir du LIDAR sont présentés. Enfin, les coupes et les prélèvements effectués sont analysés.

5.2.1 Caractéristiques du site

La Rougerie est un affluent en rive droite de la Salm dont la confluence se situe à Salmchateau (figure 5.4). En quelques chiffres, ce petit cours d'eau est long d'environ 4,5 km pour un bassin versant de 6,5 km². En appliquant le calcul de Petit *et al.* (2007) ($Q_b = 0,1346 A^{0,974}$), le débit à plein bord (Q_b) à la confluence avec la Salm est de 0,83 m³/s. Elle s'écoule globalement du nord-est vers l'ouest dans le Lochkovien. En amont du site Rou-1, la vallée est plutôt large et ouverte. En aval, la rivière s'incise de plus en plus et la vallée se rétrécit. Ce rétrécissement débute au niveau du knickpoint du profil en long. Il est lié à l'érosion régressive de la Rougerie, consécutive à l'érosion quaternaire de la Salm suite au soulèvement tectonique de l'Ardenne (Demoulin, 1995).

Au nord de Bèche, sur le sommet de la colline, se trouve un oppidum, appelé « Camp Romain », bien visible sur le LIDAR. Gillet (1970) affirme que cette place forte et l'orpaillage sont indiscutablement liés. Cahen-Delhay (1977) a daté des charbons de bois provenant du rempart de 470 à 440 BC, soit La Tène I.

Deux groupes d'excavations s'étirent le long de la crête, au nord de la Rougerie. La série de petites excavations circulaires au nord-est suit le contact entre le Lochkovien et le Cambro-Ordovicien². Il s'agit de dépressions créées par l'extraction de l'arkose (figure 5.5). Le second groupe d'excavations, plus à l'ouest, correspond aux anciennes carrières d'ardoises du Thier des Carrières de Cahay (B. Van Eerdenbrugh, comm. pers.).

De part et d'autre de la Rougerie se situent les formes liées à l'orpaillage. Le cours d'eau s'écoule dans une tranchée bordée de tertres répartis en 4 sites. En amont du village, un premier groupe de 17 tertres coalescents se trouve en rive droite. Cent mètres plus en amont, des buttes alignées de part et d'autre du cours d'eau se distinguent (Rou-2) et s'étendent jusqu'au secteur suivant (Rou-3). La tailles de ces tertres « augmente » peu à peu jusqu'à la limite amont. Le troisième site (Rou-3), contigu au précédent, compte 113 tertres très bien conservés, notamment dans la partie aval. Ce bon état de conservation est peut-être dû au changement d'occupation du sol : prairie avec rideau d'arbre sur les tertres en aval, puis bois de feuillus, pessières et landes consécutives à des mises à blancs. La tranchée débute également à la limite amont de ce site. Enfin, un dernier site (Rou-4) de 26 petits tertres se trouve en tête de bassin. Il se peut que les tertres s'étendaient entre Rou-3 et Rou-4 mais cette zone est fortement perturbée par des drains « modernes ».

2. Probablement l'Ordovicien inférieur (Salmien 3) d'après la carte de Geukens (1999). L'échelle de celle-ci ne permet pas de la géoréférencer suffisamment correctement pour l'utiliser efficacement à notre échelle.

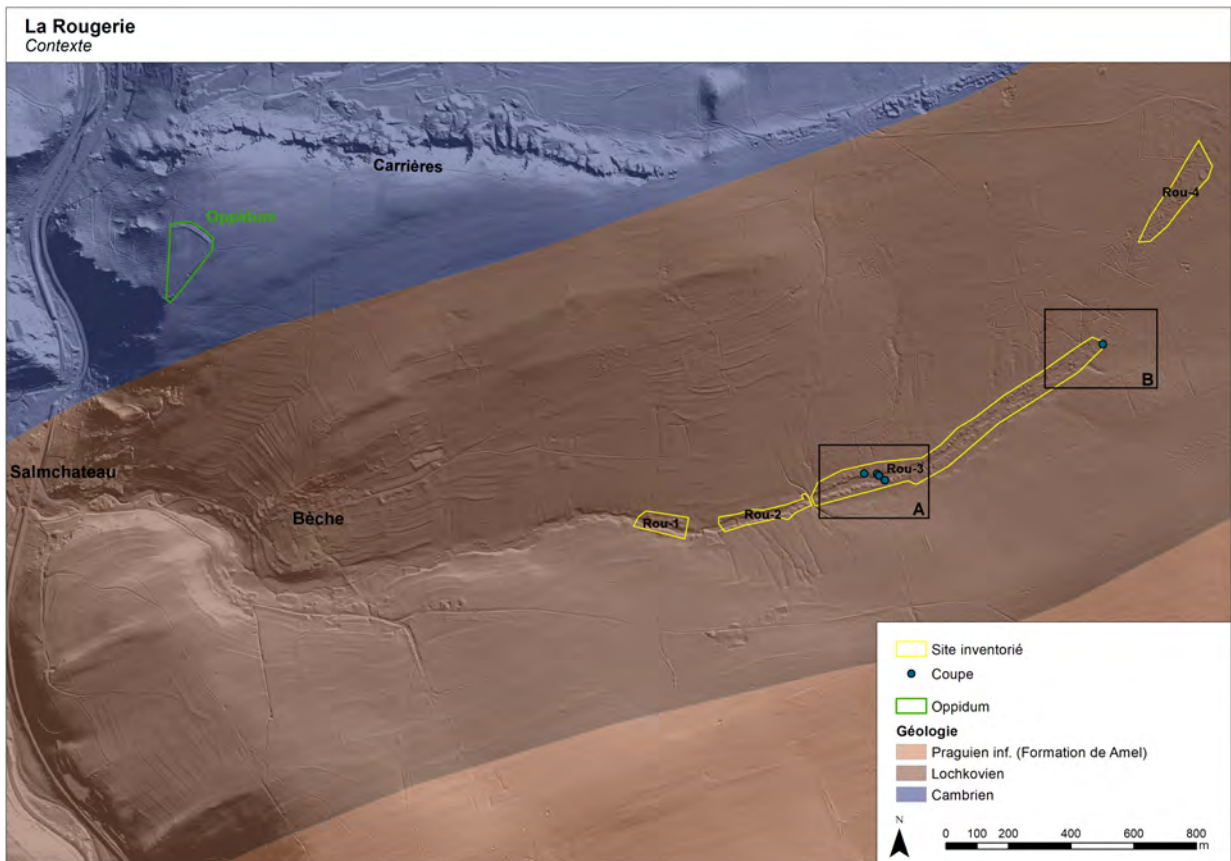


FIGURE 5.4 – Présentation de la Rougerie.
Géologie de Vandeven (1990). Encadré « A » : figure 5.6 ; Encadré « B » : figure 5.7.



FIGURE 5.5 – Meule d'arkose.
Photo de G. Houbrechts.

Secteur étudié aval

Parmi les sites définis dans l'inventaire, Rou-3 a été examiné en détail (figure 5.4). Il présente des morphologies très bien développées et conservées, contrairement aux deux sites en aval, fortement perturbés par l'agriculture, et au site en amont, occupé par des aménagements forestiers (drains).

On s'est particulièrement intéressé à la partie aval de Rou-3 (figure 5.6), secteur le mieux conservé du site, ainsi qu'à sa limite amont (figure 5.7), où une fosse rectangulaire a attiré notre attention.

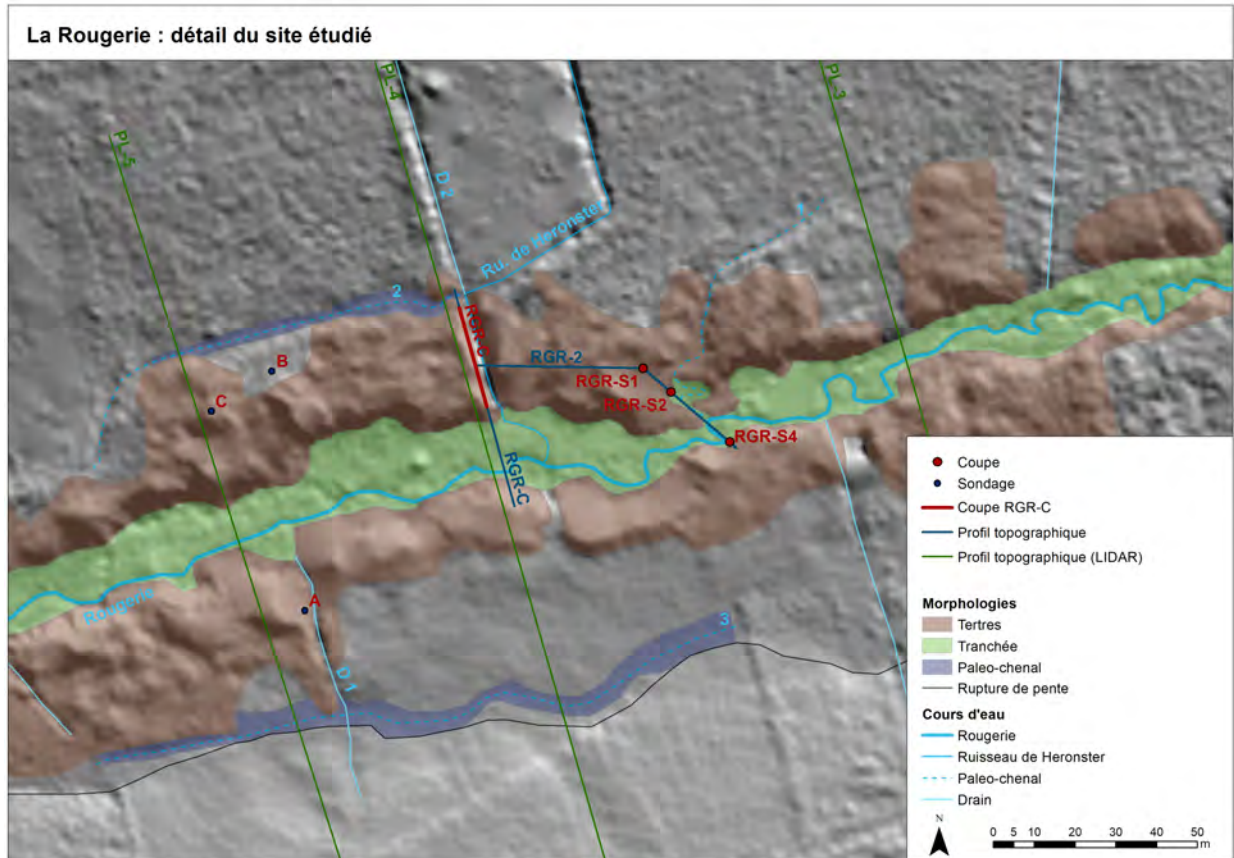


FIGURE 5.6 – Site de la Rougerie : position des coupes.

Les profils topographiques créés au moyen du LIDAR ne figurent ici qu'à titre indicatif, une carte leur est consacrée : figure 5.8.

La figure 5.6 présente le premier secteur étudié. Les morphologies suivantes peuvent y être définies :

- Une tranchée large de 14 m en moyenne, d'une profondeur variant de 2 à 3 m, voir localement 5 m, notamment dans la partie aval du site. Elle débute au niveau de la limite amont du site Rou-3 et s'étend sur son ensemble (figure 5.4).
- Des tertres, alignés en une à deux rangées, longent de part et d'autre la tranchée. Ils peuvent atteindre des surfaces de plus 100 m² pour des hauteurs moyennes de 5 m. Depuis le fond de la tranchée, ils peuvent paraître bien plus haut et atteindre des hauteurs relatives de plus de 10 m. Ces alignements ne sont interrompus que par quelques rares tranchées de drainage, larges de 1 à 2 m. La plus importante en rive droite recoupe perpendiculairement toute la rangée de tertres et voit le passage d'un ruisseau que nous appellerons ruisseau de Heronster, car il provient du lieu-dit de ce nom. Nous avons dégagé une coupe longue de 31 m (appelée RGR-C) dans celle-ci.

- Un diverticule de la tranchée est également présent. Il est formé par ce qui semble être l'ancienne confluence d'un paléo-chenal (« 1 » sur la figure 5.6). Sur le terrain, la morphologie de cette dépression laisse penser qu'il pourrait s'agir d'un ancien cours du ruisseau de Heronster.
- Il semblerait qu'une section d'un second paléo-chenal ait été conservée sur la rive droite (« 2 », 5.6). Déjà discernable sur le LIDAR, cette dépression oblongue est très bien visible sur le terrain. Elle est large de 4 à 5 m, mais ne dépasse pas 50 cm à 1 m de profondeur. En rive gauche, le long d'une rupture de pente, un troisième paléo-chenal est également visible (« 3 », figure 5.6), tant sur le LIDAR que sur le terrain. Il est plus large (5 à 8 m) que le précédent, il prend place dans une prairie où il semble qu'il y ait un flux d'eau diffus, jusqu'à un drain (« D 1 »). Vers l'amont, il disparaît dans une plantation de feuillus.

Au niveau de la typologie du cours d'eau à l'aval immédiat du site, la rivière à un bassin versant de 2,68 km², soit un débit à plein bord de 0,35 m³/s. Par conséquent, la puissance spécifique ($\omega = (g \rho Q S) / w$)³ à ce point vaut 32 W/m², ce qui signifie que ce secteur du cours d'eau se classe à cheval entre les cours d'eau incapables d'auto-ajustement et les rivières à méandres actifs (Petit *et al.*, 2007).

Sur ce secteur, nous avons tenté de déterminer le processus de mise en place des formes provoquées par les activités d'orpillage. Quatre coupes ont été étudiées (figure 5.6). La première (RGR-C), déjà mentionnée précédemment, concerne la tranchée du ruisseau de Heronster. Une excavation dans une dépression à 34m en amont de RGR-C a permis de définir la seconde coupe (RGR-S1). Huit mètres plus loin, en bordure du diverticule de la tranchée, une troisième coupe (RGR-S2) a été exécutée. Une quatrième (RGR-S4) concerne la rive concave d'un méandre érodant un tertre à 63 m de la coupe RGR-C. Ces différentes coupes ont servi à créer le profil RGR-2. Quelques sondages ont aussi été exécutés lors de la prospection détaillée du site (sondages A, B, C) et apportent quelques informations supplémentaires.

Secteur étudié à l'amont de Rou-3

Le second secteur, à la limite amont du site Rou-3, a été défini car une fosse rectangulaire de grandes dimensions est présente dans l'alignement des tertres d'orpillage (figure 5.7). Cette dépression est longue de 16 m pour 9 m de large et profonde de 4 m. Elle est bordée sur ses flancs de talus ressemblant à des tertres. Le côté nord descend en pente douce vers le fond alors que de l'autre côté est pratiquement verticale.

Nous avons émis plusieurs hypothèses quant à son origine : il s'agit peut-être d'une fosse d'extraction ou d'une retenue d'eau. Cette seconde éventualité peut s'expliquer par le fait que le site se trouve à proximité de la tête de bassin : la quantité d'eau disponible ici étant relativement faible, les orpilleurs ont peut-être dûs user d'un bassin de décantation pour les eaux boueuses issues du lavage des alluvions ou disposer d'une réserve d'eau à proximité. Afin de vérifier nos hypothèses, nous avons effectué une coupe dans le fond de la dépression (RGR-S3).

Quelques morphologies rencontrées en aval se retrouvent à proximité de cette fosse, notamment la tranchée bordée de tertres. Cette incision débute à un peu moins de 100 m en aval de la fosse et atteint une des sources de la Rougerie (point « A », figure 5.7). La rupture de pente rencontrée sur le premier secteur y prend également naissance. Au nord, vers l'amont, de nombreux drains ont été créés par les forestiers, déstructurant fortement le site.

3. Calculée sur base de Petit *et al.* (2007), avec : g, la pesanteur (9,81 m/s²) ; ρ , la masse volumique du fluide (1000 kg/m³) ; Q, le débit (ici le débit à plein bord) ; S, la pente longitudinale (0,015 m/m, pente moyenne entre la source et la limite aval du site Rou-3) ; w, largeur du cours d'eau (1,67 m).

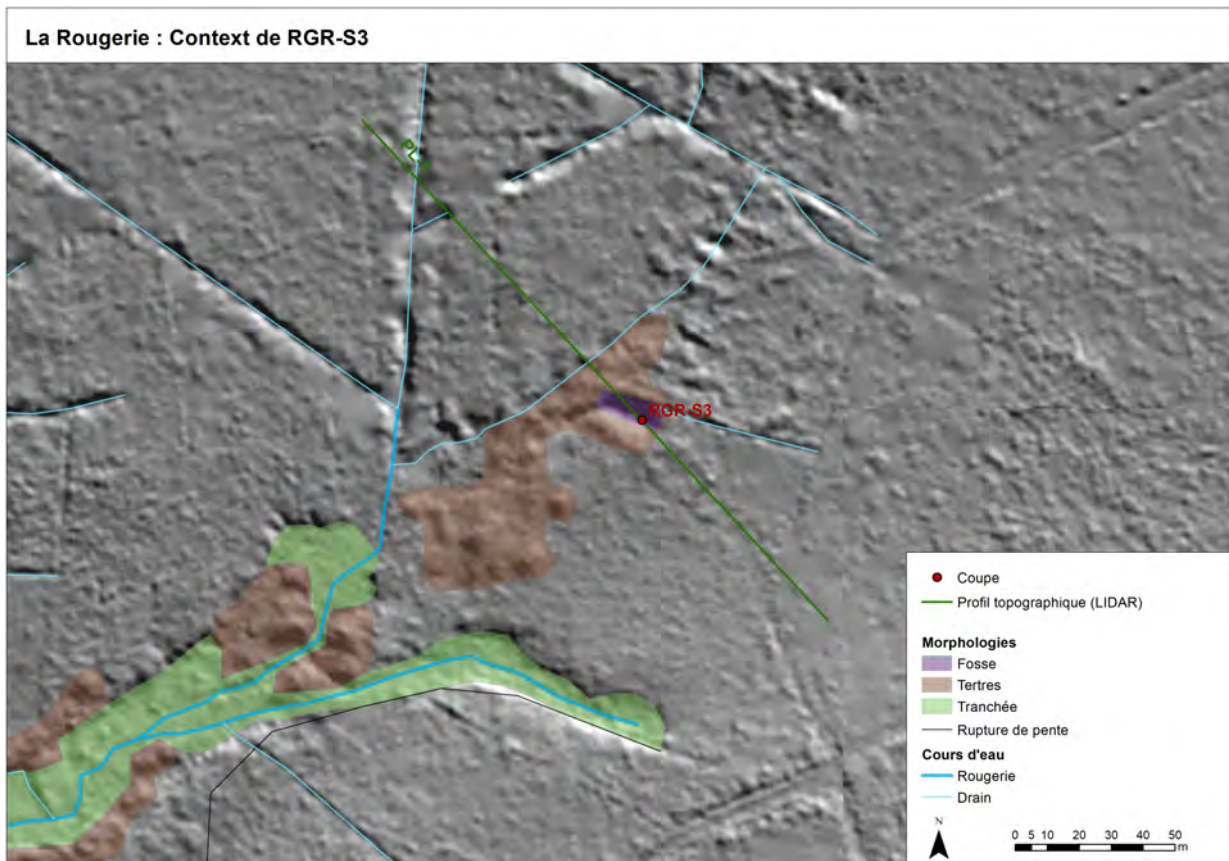


FIGURE 5.7 – Site de la Rougerie : position de la coupe RGR-S3.

5.2.2 Profils topographiques LIDAR

Avant de détailler les secteurs étudiés, il s'avère nécessaire d'analyser quelques profils topographiques de la vallée afin de disposer d'un contexte plus général : 8 profils ont été réalisés à l'aide du LIDAR (figure 5.8).

Ces profils sont transversaux à l'axe de la vallée et s'étendent sur 100 m de part et d'autre de celui-ci. PL-1 passe par la fosse et la coupe RGR-S3. PL-2 se trouve entre les deux secteurs étudiés. PL-3 se situe 100 m en amont de la coupe RGR-C, soit au début du secteur étudié aval. PL-4 est parallèle à la coupe RGR-C : elle a été établie 3 m en aval pour éviter de passer par le talus issu de l'excavation du drain qui prolonge la tranchée de RGR-C sur le versant (« D 2 », figure 5.6). PL-5 se situe 70 m en aval de la coupe RGR-C, où la différence d'altitude entre la tranchée et les tertres est maximum. PL-6 se trouve au centre du site Rou-2. De même, PL-7 se localise au centre du site Rou-1. PL-8 se situe à l'aval des tertres, juste en amont du village de Bèche. L'étude se limite à ce secteur de la vallée, car, à hauteur du village, celle-ci se rétrécit fortement et les versants sont occupés par des habitations et aménagements modernes, ne permettant plus de distinguer les formes anciennes.

Les profils sont présentés ci-après, du profil amont PL-1 à PL-4 (figure 5.9) et de PL-5 au profil aval PL-8 (figure 5.10) :

- Le premier, PL-1, montre le fond de vallée et un versant peu pentu en rive gauche. Le fond de la fosse de la coupe RGR-S3, longue de 12 m sur ce profil, est à peine plus profond de 20 cm que la Rougerie à proximité. Cette différence est trop faible par rapport à l'erreur verticale du LIDAR (0,12 m), mais elle nous indique tout de même que ces niveaux sont correspondants.

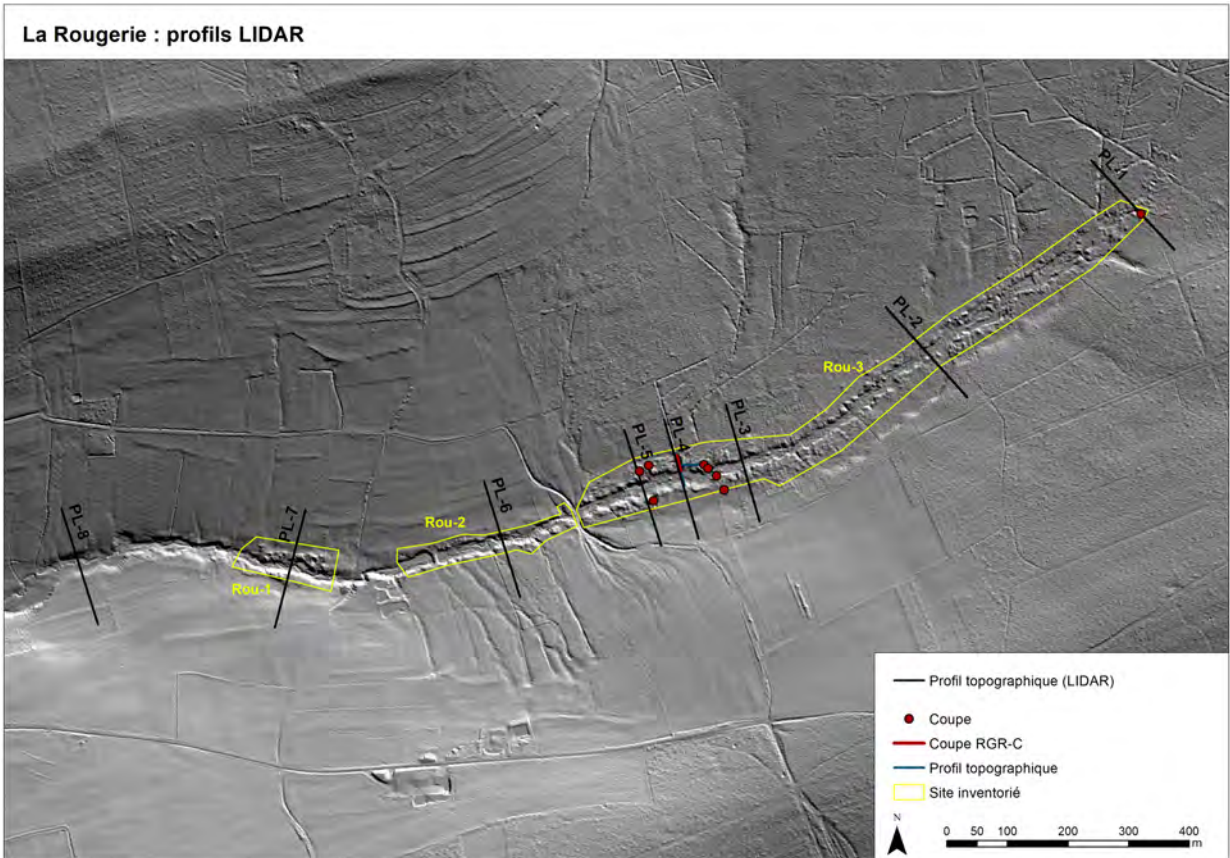


FIGURE 5.8 – Situation des profils topographiques de la Rougerie créés grâce au LIDAR

Le « replat » de 173 à 178 m est un drain moderne, également visible sur le LIDAR. La surélévation attenante, de 178 à 190 m, est probablement le matériel excavé lors de la création de ce drain.

- Sur PL-2, la tranchée apparaît et les tertres se distinguent nettement mieux. De 44 à 48 m, la rupture de pente décrite précédemment est bien définie. Elle est haute de 2m. Au delà de cette rupture, la pente du versant en rive gauche est fort proche de celle du même versant sur PL-1.
- Pour PL-3, la tranchée est seulement large de 6m, mais il s’agit d’un rétrécissement local, dû au groupe de tertres en rive gauche, dont l’un d’eux, haut de 1 m, est visible sur la coupe. La rupture de pente est ici ténue (10 m de long pour seulement 1 m de haut). Une contre pente se remarque entre la rupture et le tertre.
- En PL-4, la tranchée, large de 16 m pour 1,5 m de profondeur, est bordée de part et d’autre par des tertres. En rive gauche, ils occupent une longueur de 28 m pour une hauteur d’un peu plus de 1 m (plus de 2 m depuis le niveau du lit de la Rougerie). La contre pente, longue de 31 m, ainsi que la rupture de pente, haute de 2 m, y sont toujours présentes. En rive droite, les tertres s’étendent sur 30 m et atteignent 2 m de haut (3 m depuis la Rougerie). Les paléo-chenaux définis lors de la présentation du site se situent respectivement de 35 à 45 m et de 140 à 144 m.
- Pour PL-5, les formes identifiées en PL-4 sont toujours bien visibles. La rupture de pente s’est atténuée, elle ne se discerne pratiquement plus. La tranchée est ici large de 16 m. Les tertres en rive gauche sont long de 28 m pour une hauteur de 1,5 m (plus de 3 m depuis le lit du

cours d'eau). En rive droite, ils couvrent 38 m de la largeur de la vallée. Dans ces derniers, de 128 à 138 m, se trouve une dépression provoquée par la ré-exploitation de gravier (B. Van Eerdenbrugh, comm. pers.). Sur 6 m, de 142 à 148 m, se trouve toujours le paléo-chenal.

- Sur PL-6, les tertres ne se détachent quasiment pas du profil général de la vallée. La tranchée est toujours bien présente (3 m de profondeur entre la plaine alluviale en rive droite et le lit du cours d'eau), la Rougerie n'occupe d'ailleurs qu'une incision de 4 m de large dans la tranchée.
- En PL-7, les tertres de Rou-1 se détachent bien du profil général, tout comme la tranchée (large de 16 m). Sur la rive gauche, les buttes s'étendent sur 24 m, mais ne dépassent pas 60 cm de haut. Les formes issues de l'orpaillage sur la rive droite sont encore moins bien définies, seule une contrepente de 10 m de long permet de les identifier.
- Enfin, PL-8 ne présente plus que la tranchée, tout de même large de 26 m et profonde d'environ 2 m. Les versants sont nettement plus pentus sur ce profil que sur les précédents.

Dans leur ensemble, ces profils montrent que la vallée, plutôt ouverte jusqu'à la limite aval du site Rou-3 voit ses versants s'accroître. La localisation des tertres les plus grands et les mieux conservés semble être en lien avec ce changement de morphologie. Il est possible que le dépôt d'or y ait été favorisé et, par conséquent, a mené les orpailleurs à y exécuter des travaux de très grande ampleur. La tranchée, ne cesse de s'accroître en terme de largeur et de profondeur depuis le profil PL-2 jusqu'au profil aval PL-8.

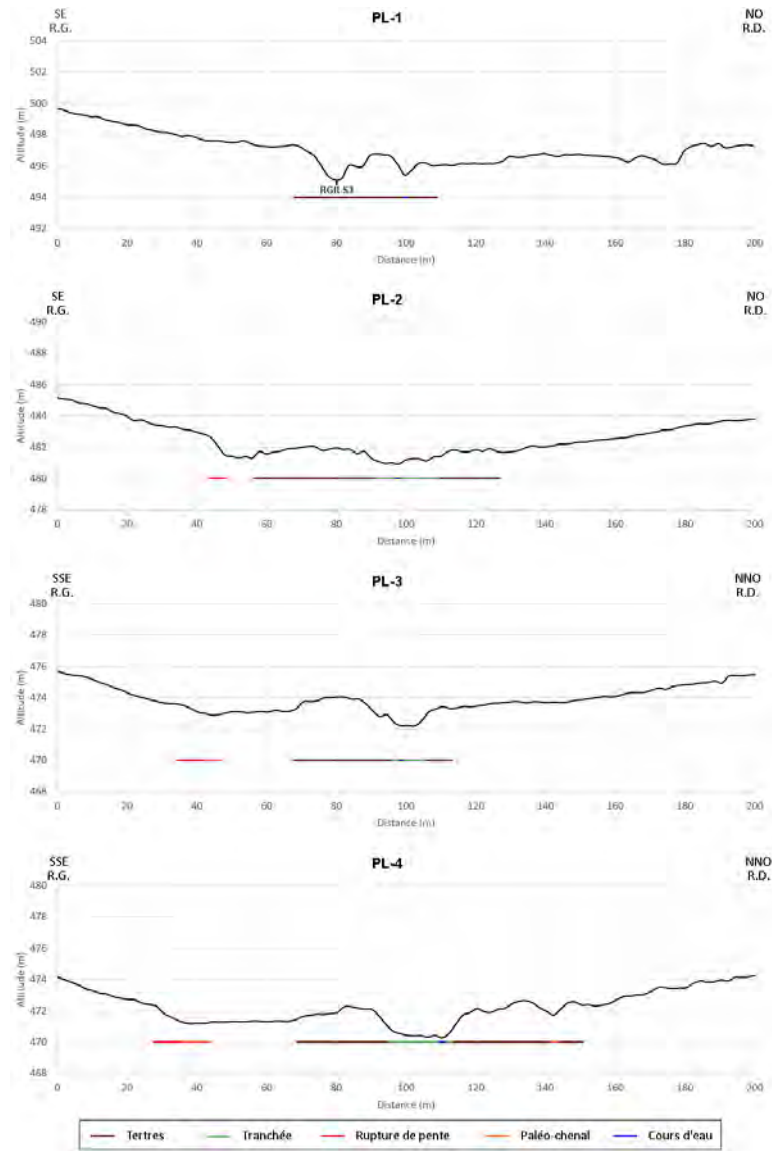


FIGURE 5.9 – Profils topographiques (LIDAR) PL-1 à PL-4 de la Rougerie. Exagération verticale (4,5x) pour chacun.

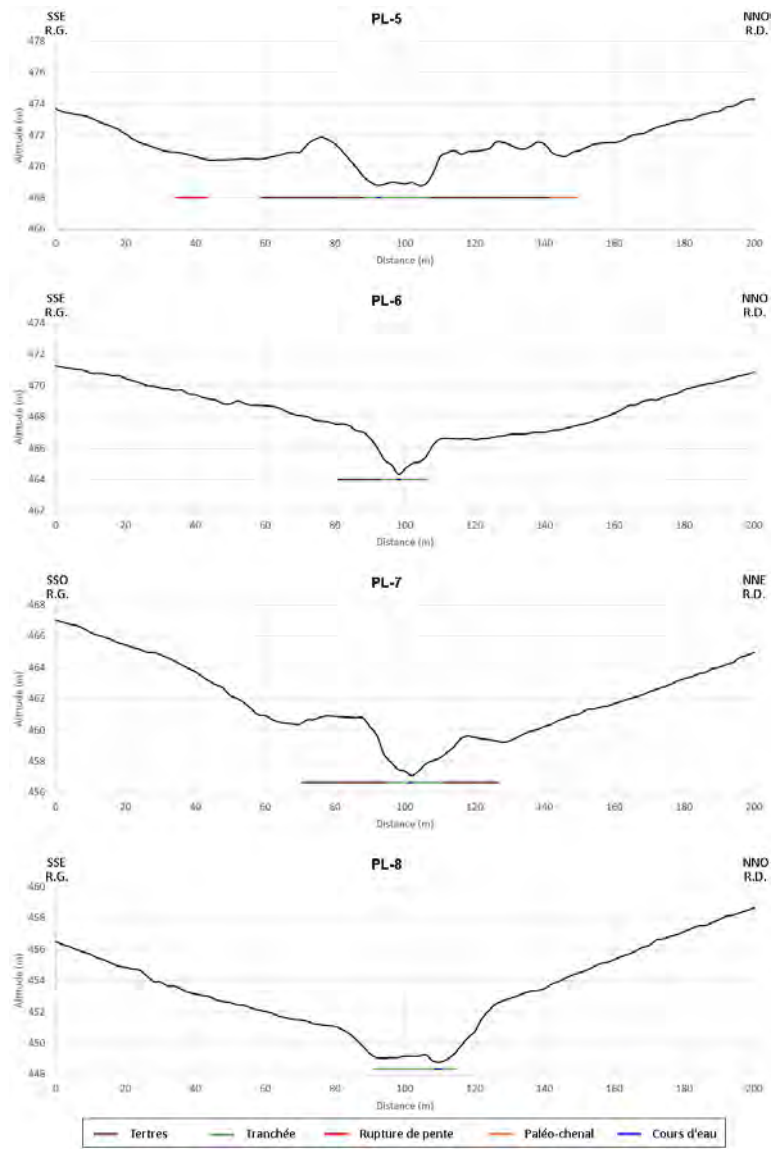


FIGURE 5.10 – Profils topographiques (LIDAR) PL-5 à PL-8 de la Rougerie. Exagération verticale (4,5x) pour chacun.

5.2.3 Secteur aval

Coupe RGR-C

La coupe RGR-C (figure 5.13), exécutée dans une tranchée de drainage aux coordonnées x : 262 293 m ; y : 107 163 m (Lambert 72), a été levée au moyen de la station totale (Leica TC600) : la figure 5.13 présente le résultat. La Rougerie se trouve sur la gauche, dans la tranchée large de 16 m. Sur la droite de cette dernière, s'étend la coupe proprement dite, longue de 31 m, jusqu'au paléo-chenal défini précédemment (Paléo-chenal « 2 », figure 5.6). Elle traverse transversalement tout l'alignement de tertres de la rive droite. Elle est également longée par le ruisseau de Heronster.

De prime abord, trois ensembles principaux, aux limites franches, se démarquent : un cailloutis à la base, un niveau limono-sableux au centre et une couche de matériel remanié des tertres par dessus :

- Le cailloutis montre un matériel bien émoussé, à l'exception des éléments volumineux. Ces cailloux sont bien imbriqués, les interstices sont colmatés par une matrice grise, constituée de sable fin et de limon.
- Le niveau intermédiaire est constitué de sable fin et de limon, d'aspect fort semblable à la matrice du cailloutis. Il présente des couleurs plutôt brunes orangées au sommet, mais vire au gris vers la base. Ces différences de couleurs sont dues aux conditions d'oxydation du milieu, favorisant le dépôt d'oxyde de fer notamment, ce qui provoque la couleur orangée. Les limons présentent cette couleur orangée autour des racines.
- Le matériel des tertres semble fort semblable au cailloutis quant aux éléments volumineux (tailles supérieures et égale au gravier), mais sans organisation apparente et peu cohérent. La matrice brune claire présente une tendance plus sableuse que celle du cailloutis. La part de matériel organique est non négligeable en raison de la proximité de la surface.

Outre ces trois niveaux, la coupe se subdivise en quatre parties (figure 5.13), décrite de droite à gauche :

- En A se démarque un tertre. Les niveaux sont relativement horizontaux. L'épaisseur de la couche centrale limono-sableuse semble se réduire d'autant que le tertre s'épaissit. Cette couche rejoint la surface au niveau du paléo-chenal. De plus, quelques éléments à la base du tertre présentent des indurations d'oxyde de manganèse. Quatre prélèvements ont été effectués : *RGR-C 13m* a été prélevé au sommet de la nappe de cailloutis ; *RGR-C 14m* est un échantillon de cailloutis ; *RGR-C 18m* a été échantillonné à la base du tertre ; *RGR-C 22m* a été exécuté à la base du niveau de limon, à 10 cm au-dessus du lit du ruisseau.
- En B, la limite entre le cailloutis et le niveau limono-sableux reste horizontal. Dans la partie supérieure de ce dernier, deux lentilles brunes foncées, fortement organiques, apparaissent (figure 5.11). Ces lentilles et l'aspect lessivé du limon sableux sous-jacent laissent penser qu'on observe un paléosol. Par dessus, seule une faible épaisseur (de 12 à 28 cm) du cailloutis remanié est présente, mêlée à l'humus.
- En C, la limite supérieure du cailloutis devient fortement fluctuante. Le niveau de limon est brutalement interrompu sur 70 cm et laisse place à du matériel identique à celui du tertre (PC 1). 1,20 m plus loin se trouve une poche (PC 2), haute de 74 cm pour 70 cm de large, constituée d'éléments grossiers. La limite entre le cailloutis et ces structures est nette, notamment quant à la cohérence de la matrice et à l'organisation des éléments plus volumineux. La limite avec le niveau limono-sableux est un peu moins franche, mais identifiable par la disparition d'éléments pluri-centimétriques dans le niveau limono-sableux. Ces deux

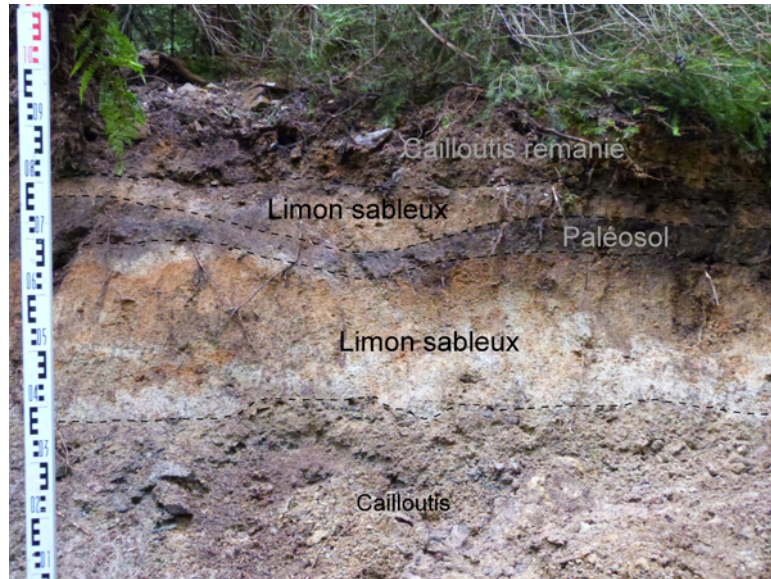


FIGURE 5.11 – RGR-C, section centrale de la coupe.
Photo de G. Houbrechts.

structures laissent penser qu'il s'agit de petits paléo-chenaux remblayés par du matériel issu des tertres.

- En D, la limite supérieure du cailloutis plonge pour disparaître sous la base de la coupe, c'est-à-dire le lit du ruisseau de Heronster. Le niveau de limon suit la même pente et son épaisseur diminue pour atteindre environ 20 cm. Ces deux niveaux sont recouverts par une couche de 50 cm de matériel remanié qui s'épaissit à la base du talus. Deux prélèvements ont été effectués dans cette partie : *RGR-C 0m* concerne le cailloutis prélevé 20 cm sous le lit du ruisseau (il ne sera employé que pour la séparation densimétrique) ; *RGR-C 1,4m* concerne également le cailloutis, mais au niveau du lit lui-même.

Des macro-restes végétaux et des charbons ont été recherchés afin de dater les dépôts. Quelques petits charbons ont été trouvés à la base du tertres, au sommet du niveau de limon, mais la quantité et la qualité ont été jugés insuffisantes pour la datation.

Le traitement en laboratoire des échantillons a fourni les informations suivantes quant à la granulométrie :

- Les échantillons du cailloutis ont un mauvais classement granulométrique (figure 5.12 (a)-(b)-(c)). *RGR-C 1,4m* (D_{50} : 3,5 mm ; D_{99} : 37 mm) et *RGR-C 13m* (D_{50} : 8,5 mm ; D_{99} : 37 mm) ont une distribution comparable, alors que ce n'est absolument pas le cas pour *RGR-C 14m* (D_{50} : 629 μm ; D_{99} : 25 mm). La part des silts est particulièrement faible pour *RGR-C 13m*. Il y a une différence granulométrique notable entre le sommet de la nappe de cailloutis et le niveau du lit du ruisseau (*RGR-C 13m* vis-à-vis de *RGR-C 14m*).
- *RGR-C 22m*, seul échantillon du niveau limono-sableux, a un D_{50} 133 μm et un D_{99} de 21,6 mm. La distribution (figure 5.12 (e)) présente trois modes : un centré sur la classe 4750-6700 μm , un second autour de 300-425 μm et un troisième à 25-38 μm . Le niveau limono-sableux est plutôt constitué de sable, surtout de sable fin, avec une part de limon.
- L'échantillon *RGR-C 18m*, de la base du tertre, a un D_{50} de 17,3 mm et un D_{99} de 37 mm. Sa distribution est particulièrement intéressante (figure 5.12 (d)) : 57 % du poids total de l'échantillon appartient aux classes supérieurs à 13,2 mm et les classes 425-600 et 300-425 μm

ne représentent que respectivement 0,215 et 0,185 %. Il est manifeste que ce matériel a été lavé, les sables fins et moyens, où se classe l'or ardennais en général, ont été extraits. La part des éléments fins est non négligeable : 27 % du poids total est d'une granulométrie inférieure à 300 μm .

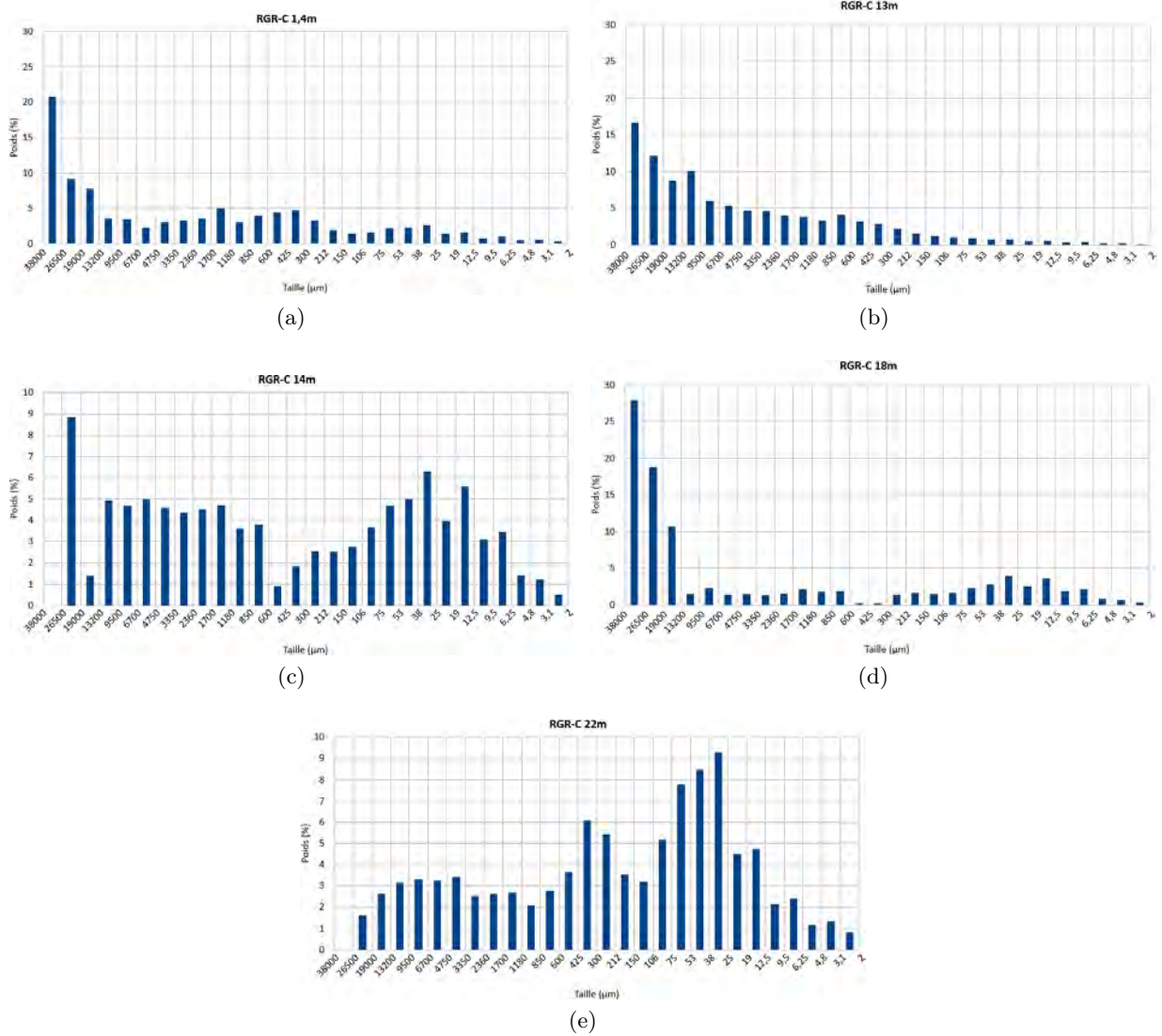


FIGURE 5.12 – Granulométrie des échantillons de RGR-C.

Pourcentage du poids total par classe granulométrique : (a) RGR-C 1,4m ; (b) RGR-C 13m ; (c) RGR-C 14m ; (d) RGR-C 18m ; (e) RGR-C 22m ;

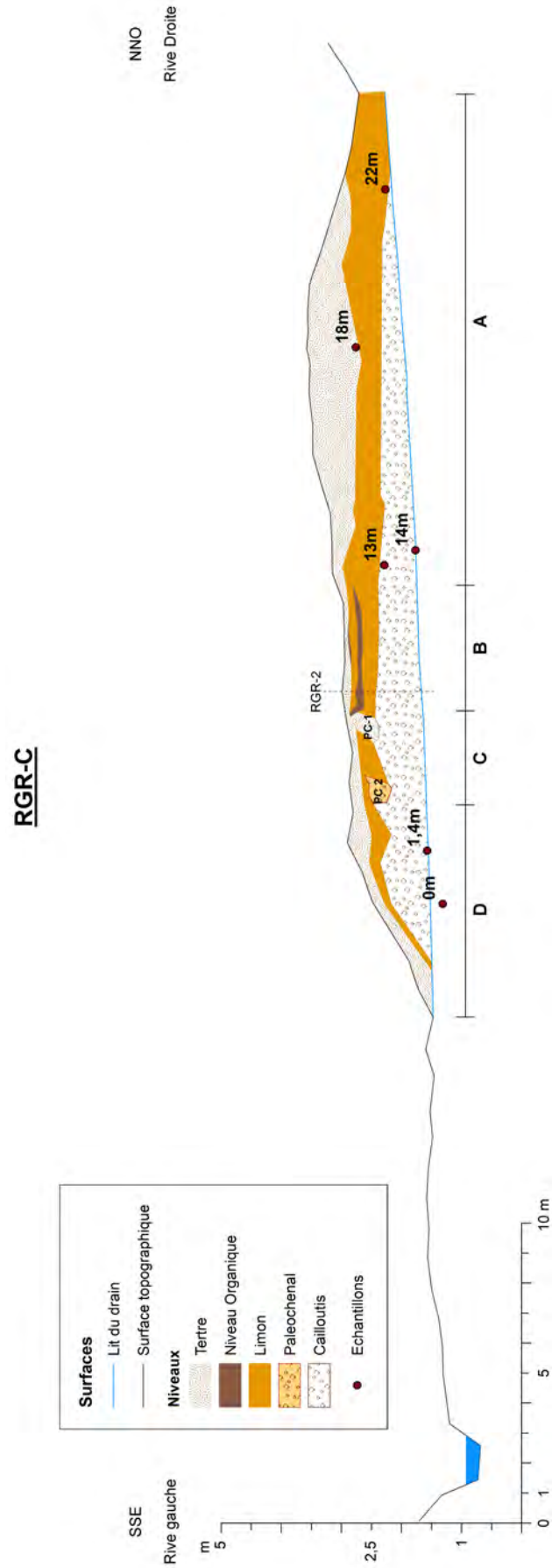


FIGURE 5.13 – Coupe RGR-C. Exagération vertical 2x. Le tireté au centre de la coupe correspond au profil RGR-2.

Pour conclure, les structures observées sur cette coupe pourraient être issues d'un processus qui peut être résumé en trois phases :

- À l'origine, la vallée était occupée sur toute sa largeur par des dépôts de cailloutis surmontés de limons sableux.
- Les orpailleurs ont exploité le placer et creusé une large tranchée dans le fond de la vallée et rejeté le matériel lavé pour former les tertres. Des chenaux ont pu être creusés dans le niveau limono-sableux, en bordure de la tranchée. Sur la figure 5.13, les deux niveaux inférieurs des parties A et B seraient en place.
- Après l'exploitation, le tertre édifié en A a fourni le matériel qui, par colluvionnement, a colmaté les paléo-chenaux de la partie C, puis a former le dépôt en D.

RGR-S1

La coupe RGR-S1 se trouve dans une dépression circulaire (figure 5.14), environ 30 m en amont de RGR-C, aux coordonnées x : 262 335,32 m ; y : 107 161,94 m (Lambert 72) (figure 5.6). La dépression serait due à l'exploitation du gravier des tertres (B. Van Eerdenbrugh, comm. pers.).



FIGURE 5.14 – Situation de RGR-S1.

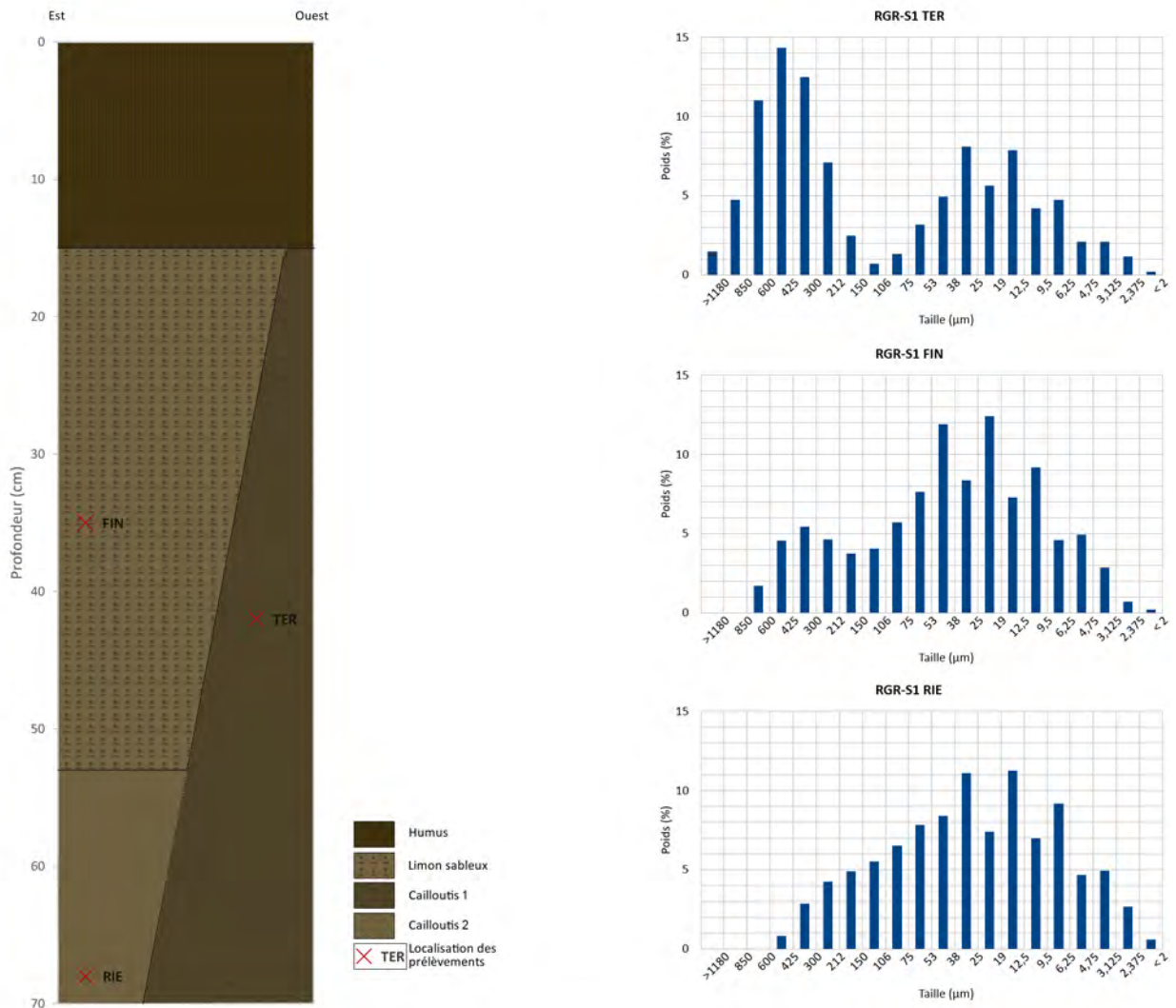
La coupe est profonde de 70 cm. Elle se subdivise en 3 couches distinctes recouvertes de 15 cm d'humus :

- Sur la partie droite, soit en direction de l'ouest, sur toute la hauteur de la coupe, jusqu'à l'humus, se trouve un cailloutis (*Cailloutis 1*) à matrice sablo-limoneuse grise foncée à brunâtre et des éléments roulés pouvant atteindre 6 cm d'axe b. Ce niveau est séparé des deux autres par une limite franche au pendage d'environ 75deg.
- Sur la partie gauche, se situe un niveau limon-sableux, brun-orangé, de 15 à 53 cm de profondeur. Par dessous, de 53 à 70 cm, un second cailloutis est présent (*Cailloutis 2*). Celui-ci a une matrice qui semble nettement plus limoneuse que le premier cailloutis, de couleur semblable au matériel du niveau supérieur, localement plus orangé en raison de la présence d'oxyde de fer.

Trois échantillons ont été prélevés respectivement dans chaque couche (figure 5.15). Pour les niveaux de cailloutis, seule la matrice a été prélevée :

- Issu du premier niveau de cailloutis (*Cailloutis 1*), l'échantillon *RGR-S1 TER* (D_{50} : 227 μm ; D_{99} : 1346 μm) est constitué de sable à 57 %. Sa distribution granulométrique présente deux modes, l'un centré sur la classe 425-600 μm , l'autre sur 25-38 μm . Le premier mode semble indiquer que ce matériel n'a pas été lavé (orpaillé).
- Le second échantillon *RGR-S1 FIN*, provenant de la couche limono-sableuse, n'a pas d'éléments plus grands que 850 μm , le D_{50} est de 37 μm pour un D_{99} de 703 μm . Seul 28,7 % de l'échantillon a une granulométrie supérieur à 20 μm : elle est bien plus fine que pour l'échantillon précédent. Cela se confirme d'ailleurs par sa distribution granulométrique, les sables ne dominant pas, contrairement au précédent.
- La matrice du cailloutis inférieur (*RGR-S1 RIE* du *Cailloutis 2*) présente un matériel encore plus fin : aucun élément n'est plus volumineux que 600 μm , le D_{50} est de 28 μm et le D_{99} de

RGR-S1



417 μm . Sa distribution est symétrique, seul 26,8 % de l'échantillon se classe dans les sables.

Au vu de ces résultats, il semblerait que le *cailloutis 1* corresponde vraisemblablement au flanc du tertre qui se trouve à proximité, ou du moins ce qui a été laissé par la ré-exploitation. Le niveau inférieur de cailloutis est peut-être en place, localement perturbé par le tertre. Le niveau de limon sableux proviendrait du remplissage de la dépression par les colluvions.

RGR-S2

À 8 m de RGR-S1, se trouve la coupe RGR-S2, sur la rive concave du Paléo-chenal « 1 », aux coordonnées x : 262 342,15 m ; y : 107 156,11 m (Lambert 72) (figure 5.6). Elle est haute de 1,5 m et se situe à 1 m sous le sommet du tertre. Elle comporte deux niveaux (figure 5.17) :

- De 0 à 116 cm de profondeur se trouve le tertre recoupé. Il se présente comme un cailloutis à matrice plutôt sableuse brune-orangée.
- Par dessous, un cailloutis est identifiable. Il est semblable à celui de la base de RGR-C en terme d'aspect. C'est-à-dire que les éléments volumineux (classes des graviers et supérieures) sont émoussés et les interstices sont occupés par une matrice sablo-limoneuse grise.



FIGURE 5.16 – Coupe RGR-S2.

Deux échantillons de matrice ont été prélevés dans cette coupe, un par niveau :

- *RGR-S2 TER* est sablo-limoneux avec 27,10 % de silt. Il a un D_{50} de 200 μm et un D_{99} à 951 μm . Sa distribution granulométrique est plutôt asymétrique, avec un maximum dans la classe 300-425 μm . Ce prélèvement n'a pas de minimum entre 300 et 600 μm , contrairement à

RGR-S2

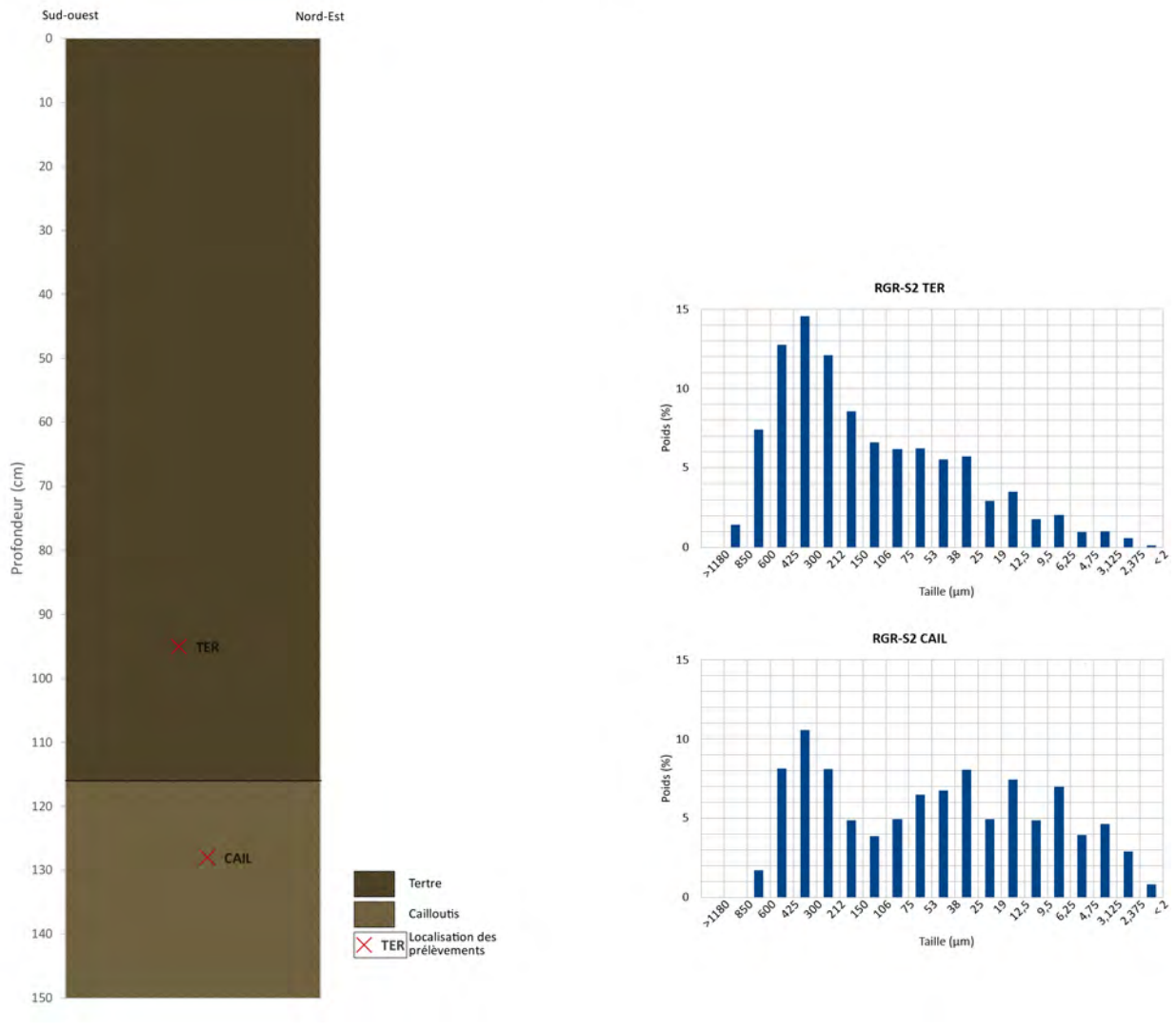


FIGURE 5.17 – RGR-S2 : schéma de la coupe et distribution granulométrique des échantillons. Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : 262 342,15 m ; 107 156,11 m.

l'échantillon *RGR-C 18m*, de la base du tertre de la coupe RGR-C. Ce matériel n'aurait pas été lavé.

- *RGR-S2 CAIL* a un faciès plus limoneux avec un D_{50} de $50 \mu\text{m}$ pour un D_{99} à $702 \mu\text{m}$. Les sables représentent 45,25 % de l'échantillon. Sa distribution présente un mode en $300\text{-}425 \mu\text{m}$, puis un second en $25\text{-}35 \mu\text{m}$.

La coupe présente un cailloutis à la base, a priori en place, surmonté par le tertre. L'échantillon de la matrice de ce niveau supérieur, présentant un mode en $300\text{-}425 \mu\text{m}$, laisse penser que le tertre n'est pas un résidu de lavage, mais provient plutôt de l'évacuation d'un cailloutis non aurifère.

RGR-S4

La coupe RGR-S4 a été délimitée dans la rive concave d'un méandre de la Rougerie érodant un tertre, aux coordonnées x : 262 356,51 m ; y : 107 143,87 m (Lambert 72)(figure 5.6). Grâce à l'aide de B. Van Eerdenbrugh, celle-ci atteint une hauteur de 2,8 m au total. Le lit de la Rougerie se situe à 1,9 m du sommet de la coupe. Quatre niveaux majeurs sont présents (figures 5.18 - 5.19) :



FIGURE 5.18 – Coupe RGR-S4

- De 0 à 1,3 m, le niveau correspond à un matériel remanié. Son aspect général est semblable aux niveaux correspondants aux tertres identifiés dans les coupes précédentes : l'ensemble est peu cohérent, la matrice est sableuse et brunâtre entre des éléments émoussés de plusieurs centimètres.
- De 1,3 à 2,2 m, un niveau limono-sableux, jaunâtre au sommet, devient gris à partir de 1,9 m, soit le niveau sous le lit du cours d'eau, ce qui correspond au passage à des conditions réductrices. Une lentille caillouteuse est présente de 2,09 à 2,18 m. Cette dernière est constituée d'éléments de 2 à 4 cm d'axe b, disposés côte à côte avec un pendage d'environ 30° orienté

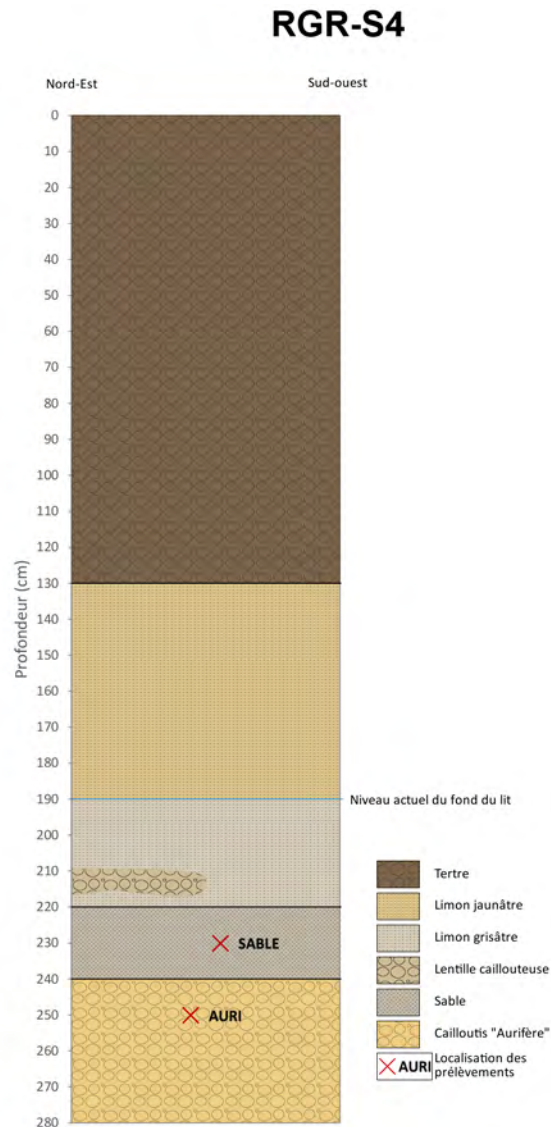


FIGURE 5.19 – RGR-S4 : schéma de la coupe.

Les échantillons indiqués ne concernent que la séparation densimétrique. Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : 262 356 m ; 107 143 m.

vers le sud-sud-ouest, ce qui correspond probablement à un paléo-chenal.

- Sous le limon sableux, de 2,2 à 2,4 m, se présente un niveau de sable grossier avec de fines couches de graviers.
- Enfin, de 2,4 à au moins 2,8 m se trouve un cailloutis d'éléments de maximum 4,5 cm d'axe b, émoussés, avec une matrice limoneuse jaune compacte, comptant des oxydes de fer. Des tests d'orpaillage de ces différentes couches ont été effectués en compagnie de B. Van Eerdenbrugh : la présence d'or a été constatée, dont les trois grains présentés à la figure 5.20. Ceux-ci sont légèrement roulés, signe d'un certain transport (B. Van Eerdenbrugh, comm. pers.).

Ce dépôt est bien différent des coupes décrites en rive droite. À la base, le cailloutis aurifère est très probablement en place étant donné la présence d'or en concentration relativement importante. Il s'agit peut-être de celui recherché par les orpailleurs. B. Van Eerdenbrugh, retourné sur le site,

a probablement atteint le bedrock altéré à environ 1,8 m sous le niveau du lit, soit à 3,7 m de profondeur sur la coupe.

Les orpailleurs ont cessé l'exploitation au niveau de la limite supérieure du cailloutis aurifère. Le niveau de sable grossier et graviers s'est ensuite déposé. Il s'agit probablement d'un dépôt engendré par l'orpaillage en amont, provoquant une charge importante dans le cours d'eau. Un niveau de limon sableux s'est édifié à son tour. Il démontrerait que les orpailleurs pourraient avoir poursuivi leurs activités encore plus en amont car la différence de granulométrie traduirait le granoclassement effectué par la rivière. Durant la mise en place de cette couche, la Rougerie, ou un chenal secondaire, s'est brièvement écoulé au niveau de la coupe, ce qui a produit la lentille caillouteuse. Ensuite, un tertre a été édifié au-dessus de ces niveaux, ce qui indiquerait l'exploitation de ce site à deux époques distinctes.

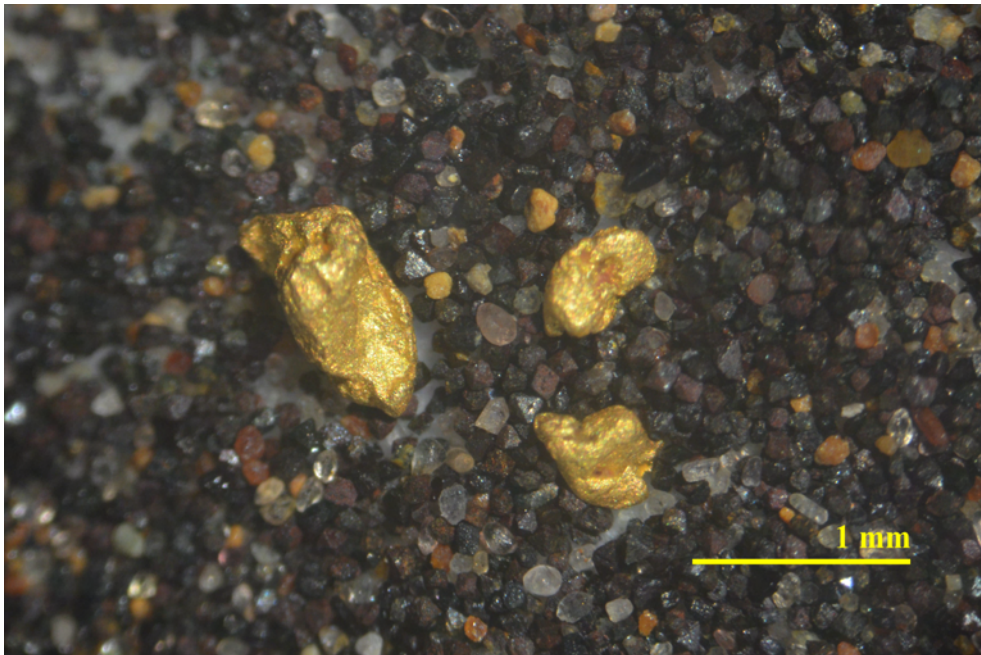


FIGURE 5.20 – Grains d'or issus du niveau *Cailloutis aurifère* de la coupe RGR-S4. Ces grains ont été prélevés et photographiés par B. Van Eerdenbrugh.

Proportion de minéraux denses

Lors de l'orpaillage, des minéraux denses naturellement présents (chloritoïdes, magnétite, grenat, zircons etc.) sont isolés en compagnie des paillettes d'or (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017). Par conséquent, les tertres, issus de matériels orpaillés, devraient être appauvris en minéraux denses. La séparation densimétrique devrait permettre de distinguer le cailloutis orpaillé. La séparation de plusieurs échantillons de la Rougerie a été exécutée sur la fraction 500-63 μm .

Les échantillons de cailloutis et de matériel lavé des coupes RGR-C, RGR-S1 et RGR-S2 ont été analysés par cette méthode ainsi que sur l'échantillon de cailloutis aurifère de la coupe RGR-S4 (RGR-S4 AURI) et sur le niveau de sable grossier, *a priori* issu d'activité d'orpaillage en amont (RGR-S4 SABLE).

Quatre échantillons ont également été prélevés dans le lit actuel de la Rougerie, afin de servir de « témoins ». Lors de l'excavation de la coupe RGR-S4, du matériel de la couche aurifère a été orpaillé dans le lit même de la rivière. Deux échantillons (RGR Amont 2m et RGR Amont 10m) ont été prélevés en amont (respectivement à 2 et 10 m dans le lit du cours d'eau) : ils permettent de définir la part de minéraux denses du lit actuel de la rivière. Le troisième est issu du matériel lavé par la batée (RGR Orpaillé). Le dernier a été échantillonné 5 m en aval (RGR Aval), il est composé d'éléments du cours d'eau et du lavage.

La figure 5.21 présente les résultats. La séparation a été réalisée à $2,7 \text{ g/cm}^3$, car le bromoforme disponible n'était pas tout à fait pur, car contaminé par de l'acétone, rendant la densité plus faible. Dans la suite de ce mémoire, minéraux denses sous-entend minéraux de densité supérieur à $2,7 \text{ g/cm}^3$.

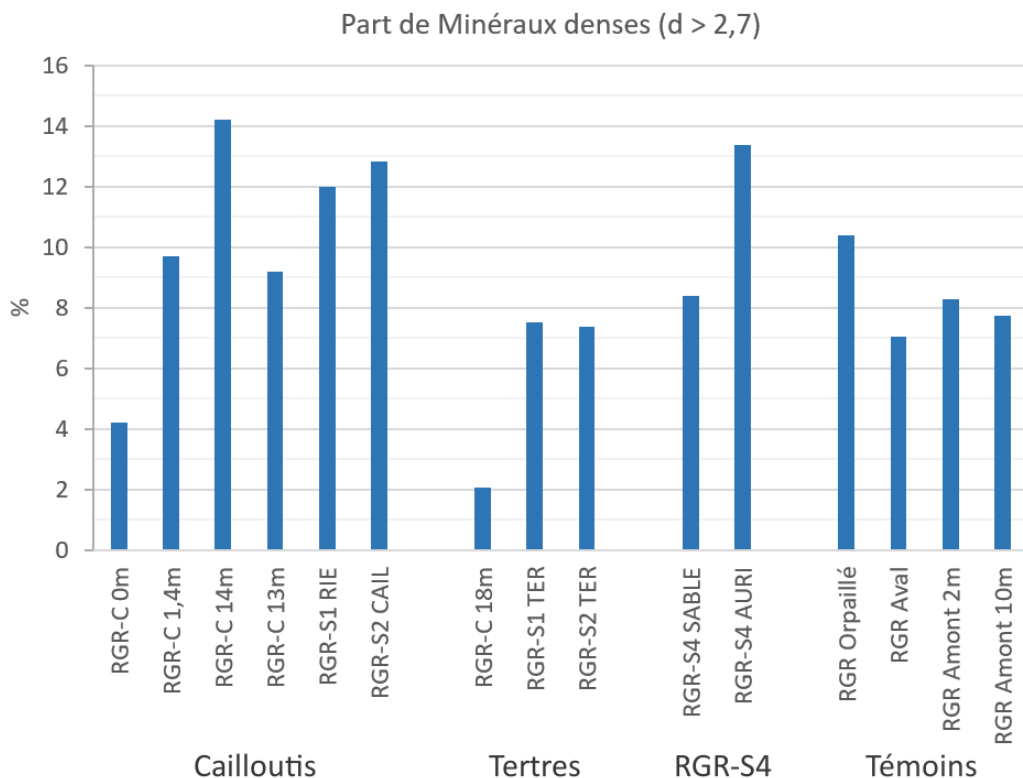


FIGURE 5.21 – Part de minéraux denses ($d > 2,7 \text{ g/cm}^3$).

L'échantillon de cailloutis RGR-C 14 m présente la plus grande part de minéraux denses (14,2 %). La différence entre cet échantillon et les deux autres prélèvements du cailloutis de la coupe

RGR-C est de respectivement 4,5 et 5 %, différence précédemment notée au niveau des distributions granulométrique. Les prélèvements de cailloutis de RGR-S1 et RGR-S2 présentent des parts semblables (respectivement 12 et 12,8 %), suggérant l'appartenance à un même cailloutis. RGR-C 0m, prélevé 20 cm sous le niveau du lit du ruisseau de Heronster, n'a que 4,2 % de minéraux denses, soit 5,5 % de moins que RGR-C 1,4m. Il s'agit peut-être de matériel provenant des tertres, recouvert par les sédiments du ruisseau.

Les parts de minéraux denses des échantillons de tertres semblent confirmer notre hypothèse. Le matériel remanié des tertres est appauvri en minéraux denses, car leurs proportions sont inférieures à celles rencontrées dans les prélèvements des cailloutis. De plus, l'échantillon RGR-C 18 m présente la plus faible part, avec seulement 2,1 %, alors que l'analyse granulométrique a démontré qu'il s'agit de matériel lavé. Les échantillons de matériel remaniée de RGR-S1 et RGR-S2 ont respectivement 7,5 et 7,4 %, valeurs proches de la part de RGR Aval (7 %) qui est un échantillon du Lit de la Rougerie actuel perturbé par l'excavation de la coupe RGR-S4 et de notre orpaillage. Ces tertres pourraient ne pas être exclusivement constitués de matériel excavé, mais comporter aussi une part orpaillée.

Le cailloutis aurifère de RGR-S4 comporte 13,4 % de minéraux denses, soit une proportion sensiblement proche de RGR-C 14m et légèrement plus importante que les cailloutis de RGR-S1 et RGR-S2. Le niveau de sable grossier (RGR-S4 SABLE) compte 8,4 %, valeur relativement proche de celles des tertres de RGR-S1 et RGR-S2, confirmant l'influence de l'orpaillage sur ce dépôt.

L'échantillon de matériel orpaillé (RGR Orpaillé) comporte une part importante de minéraux denses (10,4 %), mais il ne faut pas oublier que celui-ci est issu du lavage de sédiments extraits de la couche de cailloutis aurifère de RGR-S4. Par conséquent, l'échantillon est effectivement appauvri en minéraux denses et confirmerait ainsi notre hypothèse (différence de 3 %).

Enfin, les prélèvements situés en amont du secteur perturbé par notre orpaillage, ont des parts proches de celles rencontrées dans RGR-S4 SABLE et les échantillons des tertres de RGR-S1 et RGR-S2 (respectivement 8,3 et 7,7 %). Cela semble démontrer que la charge actuelle du cours d'eau dans ce secteur proviendrait surtout du remaniement des tertres.

L'échantillon aval, déjà abordé ci-dessus, est peut-être marqué par l'excavation de la coupe RGR-S4 et de notre orpaillage. Il compte 7 % de minéraux denses, soit un très léger déficit ne dépassant pas 1 % par rapport aux échantillons en amont (RGR Amont 2m). Bien que cela soit très peu significatif, l'échantillon aval semble être enrichi en matériaux peu denses, induisant un taux de minéraux denses plus faible.

En conclusion, pour les classes granulométriques analysées (500-63 μm), il semblerait que le matériel des tertres soit effectivement appauvri en minéraux denses par rapport au cailloutis aurifère exploité. Ce dernier se distingue du reste du cailloutis de la vallée, ce qui démontre probablement que l'or, ainsi que les minéraux denses, y a été concentré. La différence de taux de minéraux dense des échantillons du lit actuel du cours d'eau vis-à-vis du cailloutis non-aurifère semble montrer une influence des terrains remaniés en amont.

Sondages supplémentaires

Quelques petits sondages supplémentaires ont été effectués sur ce secteur (point A, B, C de la figure 5.6, page 67).

Le sondage A (coordonnées Lambert 72 : x : 262 251,8 m ; y : 107 102,2 m) se situe dans la tranchée d'un drain en rive gauche (« D 1 » sur la figure 5.6). Le drain recoupe partiellement un terre constitué de matériel remanié. Par dessous, un limon sableux est présent.

Le sondage B (coordonnées Lambert 72 : x : 262 243,88 m ; y : 107 160,96 m) , positionné au centre d'une grande surface plane entre les tertres et le paléo-chenal en rive droite, présente une couche de 20 cm de matériel remanié, probablement des colluvions provenant des tertres. Par dessous, se trouve un limon-sableux semblable à l'ensemble intermédiaire de la coupe RGR-C, située 50 m en amont.

Le sondage au point C est constitué, en réalité, de deux prélèvements afin d'analyser la granulométrie du matériel d'un tertre. L'un se trouve au sommet d'un grand tertre en rive droite, l'autre est au pied de celui-ci :

- Le premier, au sommet du tertre (coordonnées Lambert 72 : x : 262 229 m ; y : 107 151 m), est constitué d'éléments plutôt grossiers. Sa distribution granulométrique (figure 5.22(a)) semble confirmer le caractère orpaillé du matériel car les classes 425-600 μm et 300-425 μm constituent une faible part du prélèvement. Un mode est également notable dans la classe 19-13,2 mm, un second en 9,5-6,7 mm, un troisième en 1700-1180 μm , et un dernier en 38-25 μm . Le D_{50} vaut 6,5 mm pour un D_{99} de 37 mm.
- Le second (coordonnées Lambert 72 : x : 262 236 m ; y : 107 154 m), à la base du tertre, a un D_{50} de 2,5 mm et un D_{99} de 37 mm. Les modes des classes 9,5-6,7 mm, 1700-1180 μm et 38-25 μm sont toujours présents dans la distribution (figure 5.22(b)). Par contre, le mode en 19-13,2 mm a fait place à un mode dans la classe supérieure (38-26 mm). Il n'y a plus de minimum dans les classes 425-600 μm et 300-425 μm . Cela est peut-être provoqué par l'apport de sable fin et silt sous forme de colluvions.

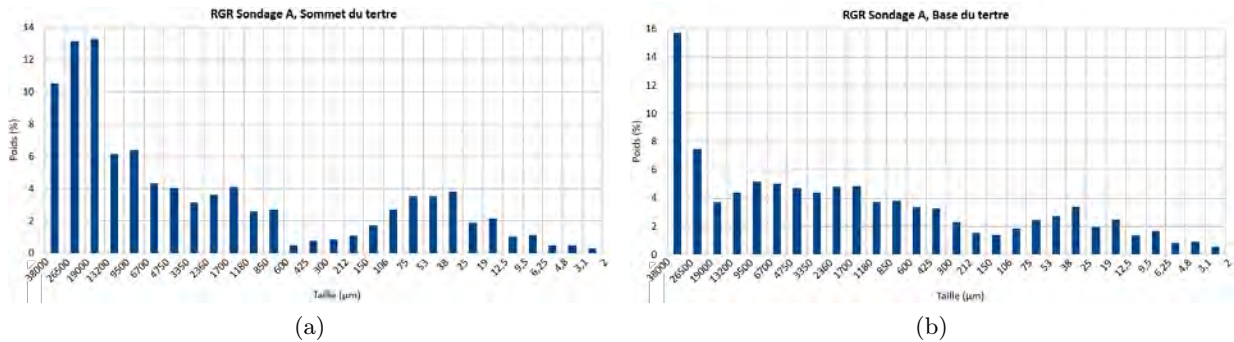


FIGURE 5.22 – Granulométrie des échantillons du Sondage A (pourcentage du poids total par classe granulométrique).

(a) Sommet du tertre ; (b) Base du tertre.

RGR-2

Grâce à ces analyses, le profil RGR-2 a été construit (figure 5.23) en tentant de raccorder les différentes limites des dépôts rencontrés et permet d'en présenter une synthèse et de proposer un processus de mise en place.

Le profil débute à la coupe RGR-C (repère RGR-2 sur la figure 5.13) jusqu'à RGR-S1 puis bifurque dans la direction de RGR-S4 en passant par RGR-S2. La surface topographique a été définie par un levé à la station totale (Leica TC600). L'axe en abscisse a été inversé sur la représentation du profil afin de se trouver dans la même perspective que sur les profils précédents.

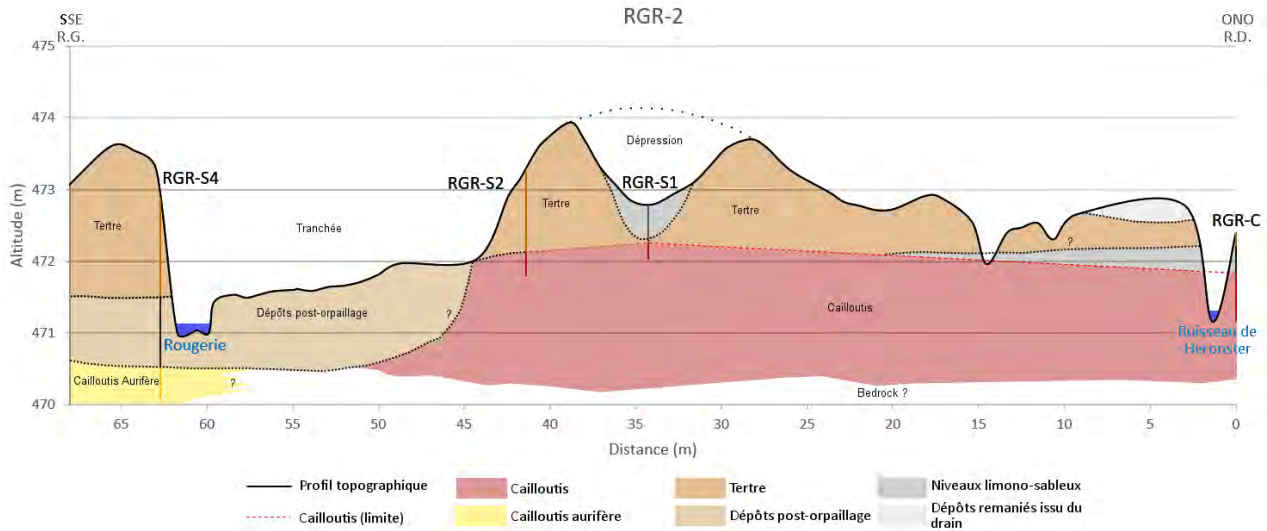


FIGURE 5.23 – Profil RGR-2.

Les coupes présentes sur le profils sont indiquées par un trait de longueur correspondant à leur développement vertical.

La surface topographique (courbe en noir) montre bien, en coupe, le tertre de RGR-S4 sur la rive gauche, puis la tranchée et sa bordure en RGR-S2. La dépression de RGR-S1 est bien marquée. Entre RGR-S1 et RGR-C, se trouve une surface ondulante jusqu'à un petit talus probablement constitué du matériel extrait lors de l'excavation du drain de la coupe RGR-C.

Le raccord entre les sommets des niveaux de cailloutis de RGR-C, RGR-S1 et RGR-S2 donne un niveau sensiblement horizontal. Il y a tout de même une différence d'altitude entre RGR-S1 et RGR-C (40 cm de différence) d'une part, et RGR-S1 et RGR-S2 (10 cm de différence) d'autre part. Cela peut s'expliquer par le fait que RGR-C se trouve en aval de RGR-S1 et que RGR-S2 se trouve plus au centre de la vallée que RGR-S1.

Raccorder le niveau de cailloutis de RGR-S4 à RGR-S2 n'a aucune raison d'être car la différence d'altitude est trop importante et il ne s'agit pas du même cailloutis : il revête un caractère aurifère en RGR-S4.

Par conséquent, le modèle suivant pourrait être proposé pour résumer la mise en place de ces dépôts et morphologies.

Le cailloutis rencontré dans RGR-C, RGR-S1 et RGR-S2 est probablement en place avant l'orpaillage, tout comme le niveau limono-sableux et le paléosol de RGR-C.

Plus au centre de la vallée, les orpailleurs ont creusé la large tranchée pour atteindre le cailloutis aurifère où s'écoule actuellement la Rougerie. Cette opération a conduit à l'édification de certains

terres, comme c'est probablement le cas pour le niveau supérieur de RGR-S2. La tranchée a ensuite été peu-à-peu remplie par des sédiments provenant des activités d'orpaillage en amont. Une seconde phase d'exploitation a lieu sur ce site et produit le tertre rencontré en RGR-S4.

Encore plus tard, la dépression de RGR-S1 est provoquée par la ré-exploitation du gravier du tertre. Celle-ci est alors partiellement remplie par des colluvions. De plus, le « drain de RGR-C » est creusé afin de dévier le ruisseau de Heronster et occasionne la formation d'un talus.

Schéma du processus de mise en place des formes liées à l'orpaillage

En conclusion de l'étude de ce secteur, le processus de mise en place des formes liées à l'orpaillage pourrait être tel que présenté à la figure 5.24 ci-dessous. Celui-ci présente trois à quatre profils théoriques de la vallée : un premier avant l'orpaillage, un deuxième à la fin de la première phase d'activité sur le site, un troisième à la fin de la seconde phase et un dernier présentant l'état actuel.

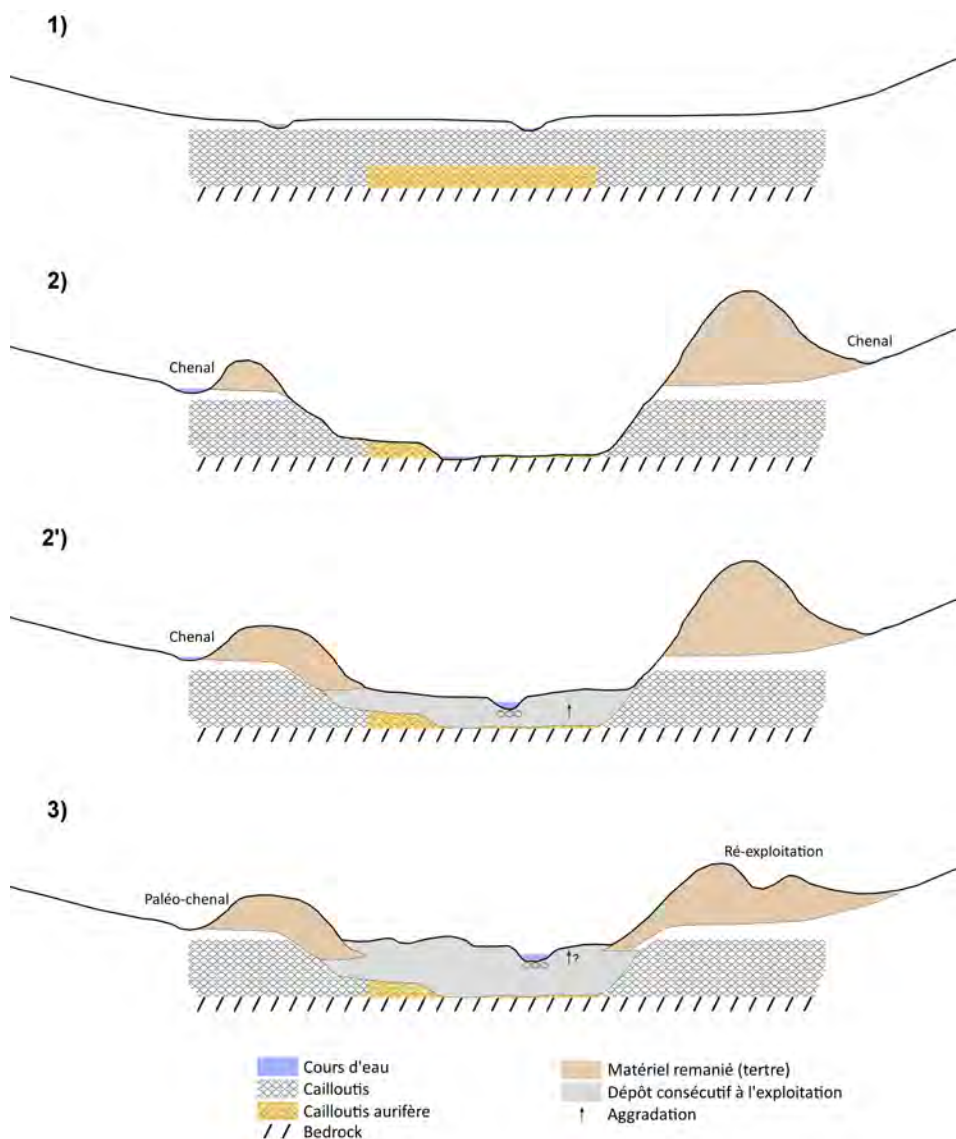


FIGURE 5.24 – Schéma de synthèse de la formation des morphologies consécutives à l'orpaillage.

Au profil « 1) », la vallée est naturelle, le cailloutis occupe le fond de vallée recouvert d'une couche d'alluvion. Au centre de la vallée, à la base du cailloutis, un paléo-placer, sous forme d'une

couche enrichie en or, va être exploitée par les orpailleurs. Ce cas de figure est le plus probable au vu des observations effectuées sur le site (RGR-S4), il se réfère également aux observations du Ru de Poteau de Hanssen & Viaene (1979 *in* Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014) (figure 5.25). Il se peut que l'entièreté du cailloutis soit aurifère dans d'autres cas.

Au profil « 2) », l'activité d'orpaillage a lieu mais ce secteur est pratiquement épuisé, car le bedrock, des niveaux pauvres ou stériles ont été atteints ou les difficultés de drainage sont devenues trop importantes. La vallée est profondément incisée et de grands tertres ont été édifiés de part et d'autre. Le cours de la rivière a peut-être été partiellement ou totalement dévié dans un ou plusieurs chenaux afin de faciliter le travail, tant d'excavation que de lavage.

Une seconde phase d'activité s'est probablement produite : profil « 2') ». De nouveaux tertres sont édifiés. Ils recouvrent partiellement des dépôts d'aggradation situés dans la tranchée. Ils sont probablement consécutifs à de l'orpaillage en amont et à des apports supplémentaires comme l'érosion des tertres plus anciens.

Au profil « 3) », les morphologies sont telles que nous les connaissons aujourd'hui. La forme des tertres a été altérée par érosion et colluvion, certains ont été exploités pour le gravier. Entre les tertres, au centre de la vallée, l'aggradation s'est peut-être poursuivie.

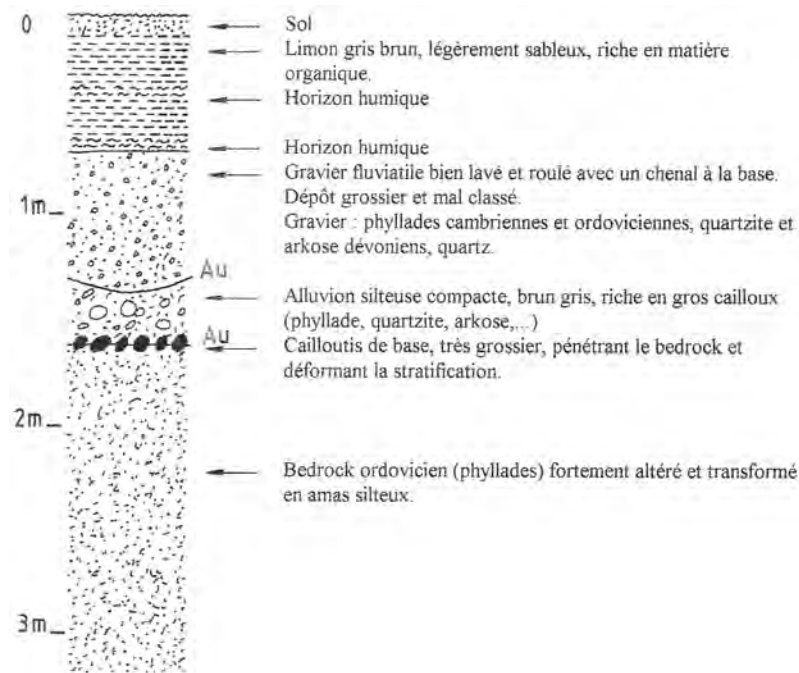


FIGURE 5.25 – Coupe de la vallée du Ru de Poteau (Hanssen & Viaene (1979), modifié par Detaille & Van Eerdenbrugh (2014).

5.2.4 Secteur amont : RGR-S3

La coupe RGR-S3 se situe à 800 m des autres coupes, aux coordonnées 263 056 m ; 107 575 m (Lambert 72), dans la fosse décrite précédemment (5.2.1, page 68), afin de tenter d'en déterminer la nature, c'est-à-dire de savoir s'il s'agit d'un bassin de décantation, d'une retenue d'eau ou d'une fosse d'extraction.

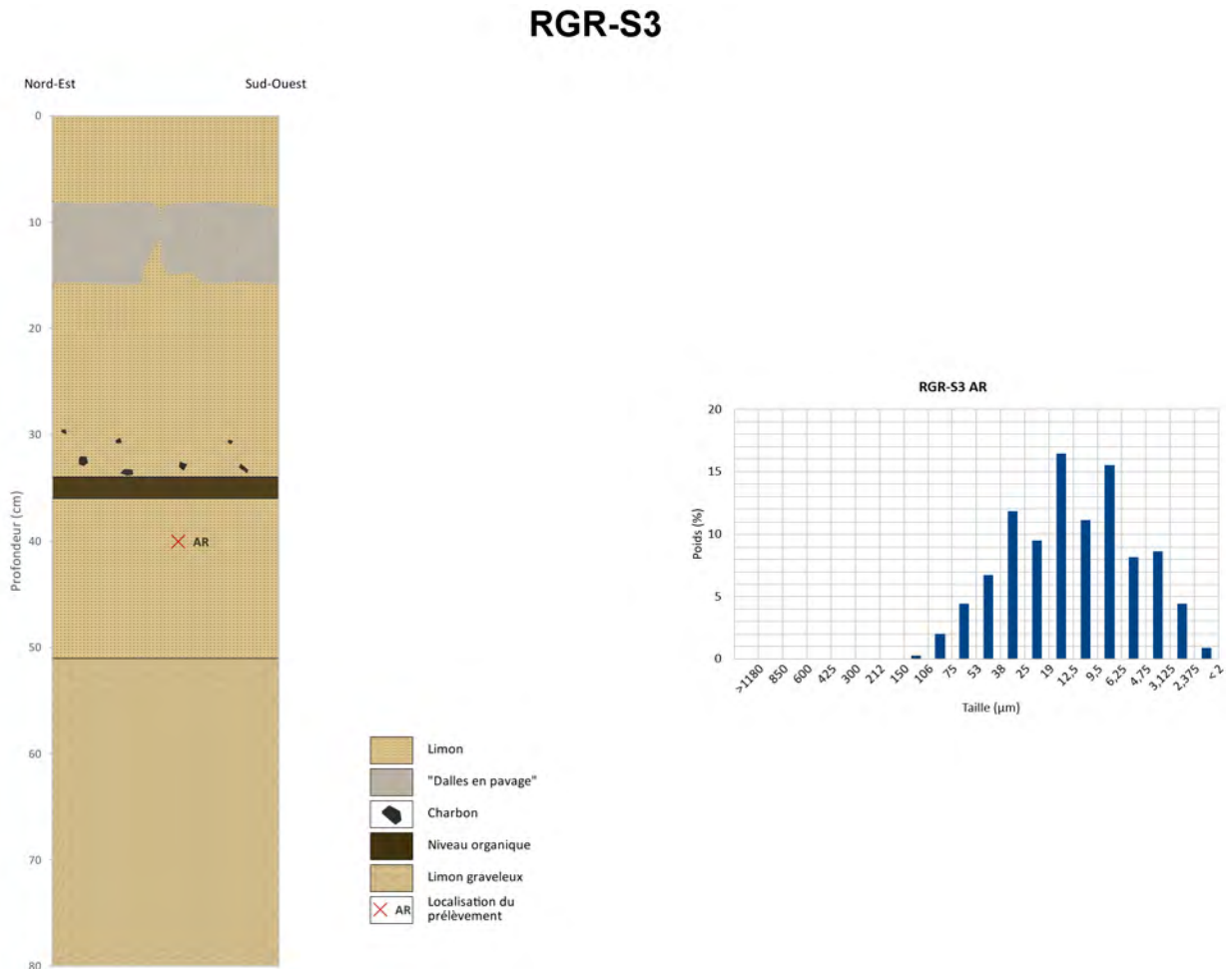


FIGURE 5.26 – RGR-S3 : schéma de la coupe et distribution granulométrique de l'échantillon.
Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : 263 056 m ; 107 575 m.

La coupe a été dégagée sur une profondeur de 80 cm. Elle est constituée de 6 niveaux se distinguant les uns des autres par leurs textures, leurs couleurs étant très proches, sauf pour le pavage du second niveau. De haut en bas, les couches se répartissent comme suite :

- De 0 à 8 cm se trouve du limon avec une forte proportion de débris organiques.
- Entre 8 et 15-17 cm, de gros blocs forment un véritable pavage qui s'étend bien au delà de notre excavation. Les dimensions (en cm) des blocs extraits de cette couche sont les suivantes :

Longueur (axe a)	Largeur (axe b)	Épaisseur (axe c)
40	23	7
40	20	7
24	20	5
16	14	9

- Une couche de limon jaune se trouve de 15 à 34 cm. À la base de ce niveau, sur environ 6 cm (soit de 28 à 34 cm), de nombreux charbons sont éparpillés dans la masse limoneuse.
- De 34 cm à 36 cm, le limon est interrompu par un niveau brun très organique.
- Sous ce niveau, des limons d'aspect plus fin s'étendent jusque 51 cm.
- De 51 cm jusqu'au fond du sondage, des graviers et du sable grossier se mêlent au limon.

Deux échantillons ont été prélevés :

- Un échantillon de la couche de limon entre 36 et 51 cm a été analysé (figure 5.26). Celui-ci est constitué de limon à 95 %, son D_{50} vaut $13 \mu\text{m}$ pour un D_{99} de seulement $94 \mu\text{m}$. Ces valeurs montrent que ce dépôt s'est formé en condition de décantation selon Houbrechts *et al.* (2013) (figure 5.27). Cet observation suggère que la fosse a bien fait office de bassin de décantation.

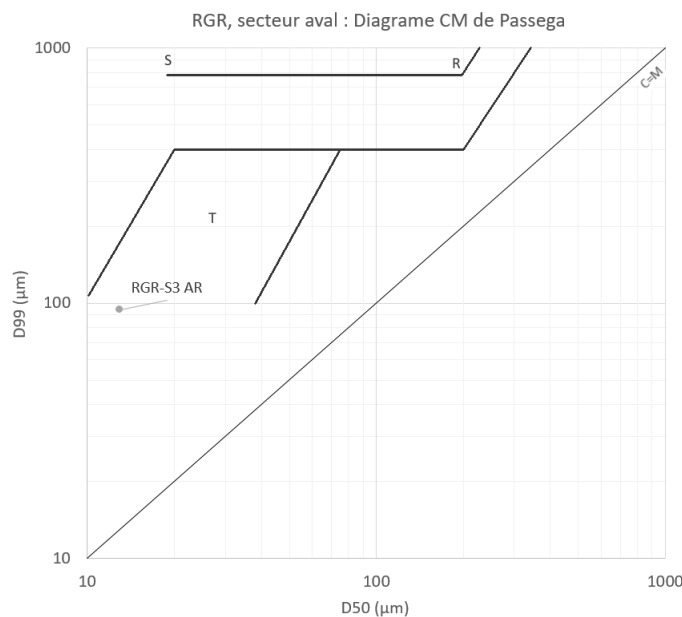


FIGURE 5.27 – Image CM de Passega.

En noir : image CM des rivières ardennaises (à titre indicatif) défini par Houbrechts *et al.* (2013) :
Droite S-R : limite des dépôts de la suspension uniforme ; Ensemble T : décantation.

- Un second échantillon a été prélevé. Il s'agit d'un charbon situé à 6 cm au dessus du niveau organique, soit à 28 cm de profondeur. Celui-ci, mesurant 2 cm de long pour 1 cm de large et d'épaisseur, a été daté au ^{14}C par le laboratoire Beta Analytic : il date de $300 \pm 30 \text{a cal BP}$ soit de 1489-1604a cal AD (69,6 % de probabilité), soit le 15^e siècle (Rapport du laboratoire à l'annexe B, page 133). Cette date est nettement plus récente que l'âge attendu. Toutefois, étant donné que le charbon n'a pas été prélevé à la base de la coupe, cette date n'exclue pas que l'excavation elle-même ne soit nettement plus ancienne.

La mise en place de ces structures pourrait s'être produite en quatre phases consécutives.

Dans un premier temps, la fosse est creusée. Le dépôt de limon graveleux à la base de la coupe étant probablement en place. B. Van Eerdenbrugh a procédé au lavage de celui-ci sans y trouver d'or et invalide par là l'hypothèse d'une fosse d'extraction.

La fosse connaît une sédimentation de limon et d'argile ce qui tend à prouver qu'il s'agit d'un bassin de décantation. Cette excavation est probablement en lien avec des activités d'orpaillage : le lavage des sédiments nécessite de l'eau relativement claire et en quantité suffisante. Or elle n'était peut-être pas suffisamment disponible au niveau de cette fosse située en tête de bassin versant, ce qui a conduit à la création d'un réservoir afin de palier au déficit (B. Van Eerdenbrugh, comm. pers.). Ce besoin en eau claire pourrait d'ailleurs expliquer pourquoi les dépôts observés en aval (notamment RGR-S4) suggèrent que les activités d'orpaillage se sont pratiquées de l'aval vers l'amont.

La fosse est ensuite peu à peu colonisée par la végétation et laisse un niveau fortement organique. Cette occupation est brutalement interrompue par un dépôt de limon. Le charbon, daté du 15^e siècle, nous conduit à penser que ce niveau est issu des défrichements exécutés sur le site pour fournir du combustible aux forges et à la métallurgie développées à cette époque (Houbrechts & Weber, 2007). La sédimentation limoneuse a été engendrée par la déstabilisation des sols provoquée par le déboisement et le changement de végétation consécutif.

La faible épaisseur du niveau organique, sous le niveau du 15^e siècle, laisse penser que la création de la fosse est probablement postérieure à l'époque celte. Or, l'orpaillage de la vallée daterait de cette période, car il est daté de 280 à 360a BC par Dumont au plateau des Tailles (Grailet, 1998) et l'oppidum de Salmchâteau est estimé à 470 à 440a BC par (Cahen-Delhay, 1977). Si le niveau de décantation correspond effectivement à cette époque, près de 1 800 ans d'accumulation aurait probablement laissé un niveau organique plus épais. Cependant, il est possible que le colmatage n'ait pas été important car une source d'alimentation en sédiments est absente (G. Houbrechts, comm. pers.). Par conséquent, la fosse a certainement servi de bassin de décantation, probablement dans le contexte de l'orpaillage. La période de fonctionnement est probablement tardive ou correspondrait à une tentative d'exploitation plus récente que la période présumée d'activité de la vallée.

Après les défrichements, un pavage de blocs est exécuté : peut-être la trace de l'aménagement du site en abreuvoir pour le bétail, car ce type de pavage limite les dégâts produits par le piétinement des animaux.

5.3 L'Amblève à Ligneuville

Cette seconde étude de cas s'est concentrée sur l'Amblève à Ligneuville (site Amb-2). Godfroid (1980) a identifié et étudié ce site. Il y décrit déjà les tertres ainsi qu'une tourbière entre eux et le versant ainsi que des chenaux. Sa carte est cependant incomplète et il est difficile de retrouver les tertres car le site est beaucoup plus complexe que décrit. Il propose de définir l'époque de l'orpaillage par la datation des accumulations de tourbe.

La position du site, en aval des cours d'eau orpaillés dans le bassin de l'Amblève (ruisseaux de Ondenvall, Schinderbach, Emmels et Ladebach), permet de supposer que la plaine alluviale a pu enregistrer le passage des sédiments injectés par au moins 76 zones orpaillées. Il est peut-être possible d'identifier des niveaux limono-sableux dans la plaine alluviale, correspondants aux différentes activités d'orpaillage.

Ce chapitre présente les caractéristiques du site d'étude, notamment par l'analyse de 6 profils topographiques exécutés grâce au LIDAR. Le sondage effectué dans la tourbière du site orpaillé Amb-2 est ensuite décrit. Enfin, le profil AMB-1, situé dans la prairie 270 m en aval, est analysé au travers de ses 13 sondages.

5.3.1 Caractéristiques du site Amb-2

Le site Amb-2 se trouve sur la rive gauche de l'Amblève, entre Ligneuville et Thirimont (coordonnées Lambert 72 du centre du site : $x : 272\,947\text{ m}$; $y : 119\,948\text{ m}$). Le cours d'eau a, au niveau du site, un bassin versant de $127,8\text{ km}^2$, soit un débit à plein bord de $15,7\text{ m}^3/\text{s}$ selon l'équation de Petit *et al.* (2007), pour une largeur de 11 m.

La rivière franchit l'Ordovicien inférieur au niveau de notre secteur et voit sa vallée se resserrer au contact du Cambrien supérieur (figure 5.28). Ce changement de morphologie de la vallée a peut-être conduit à la formation d'un placet et, par conséquent, à l'orpaillage de la zone. La majeure partie des tertres se trouve sur l'Ordovicien inférieur (Salmien inférieur type 2), mais Geukens (1963b) explique que la limite entre les deux types de Salmien n'a pas de valeur réelle en général. À hauteur de notre site (Wolfbusch), cet étage revêt seulement un faciès plus métamorphique. Le Lochkovien se situe quelque 700 m en amont.

Du point de vue de la morphologie du site (figure 5.29), l'Amblève semble être comme endiguée par les tertres. Ces derniers, au nombre de 52, s'alignent en rive gauche, et isolent une dépression allongée parallèlement au versant. À l'amont, se trouve de grands tertres coalescents, de 3 à 5 m de haut, ordonnés en 3 à 4 rangées. Au centre du site, un grand tertre occupe la dépression (tertre « T1 », figure 5.29), il ne laisse le passage qu'à deux chenaux profondément encaissés. À l'aval, il ne subsiste plus qu'une rangée de petits tertres le long du cours d'eau. Selon Godfroid (1980), les tertres sont constitués de matériaux lavés à quelques exceptions près, notamment la partie amont de « T1 ».

La dépression entre les tertres et le versant est occupée par une tourbière scindée en deux parties par le tertre précédemment cité :

- La partie amont n'est alimentée que par quelques petits ruisselets provenant d'un chapelet de sources, situées sur le versant, à une distance de 10 à 25 m. Cette zone devient de plus en plus humide jusqu'à être sous eau au nord-est (figure 5.29). Les accumulations tourbeuses sont extrêmement variables. Aux abords de la zone sous eau, celles-ci dépassent 2 m. Elles tendent à diminuer à proximité des tertres (20 cm au pied, en moyenne). Il a été malheureusement

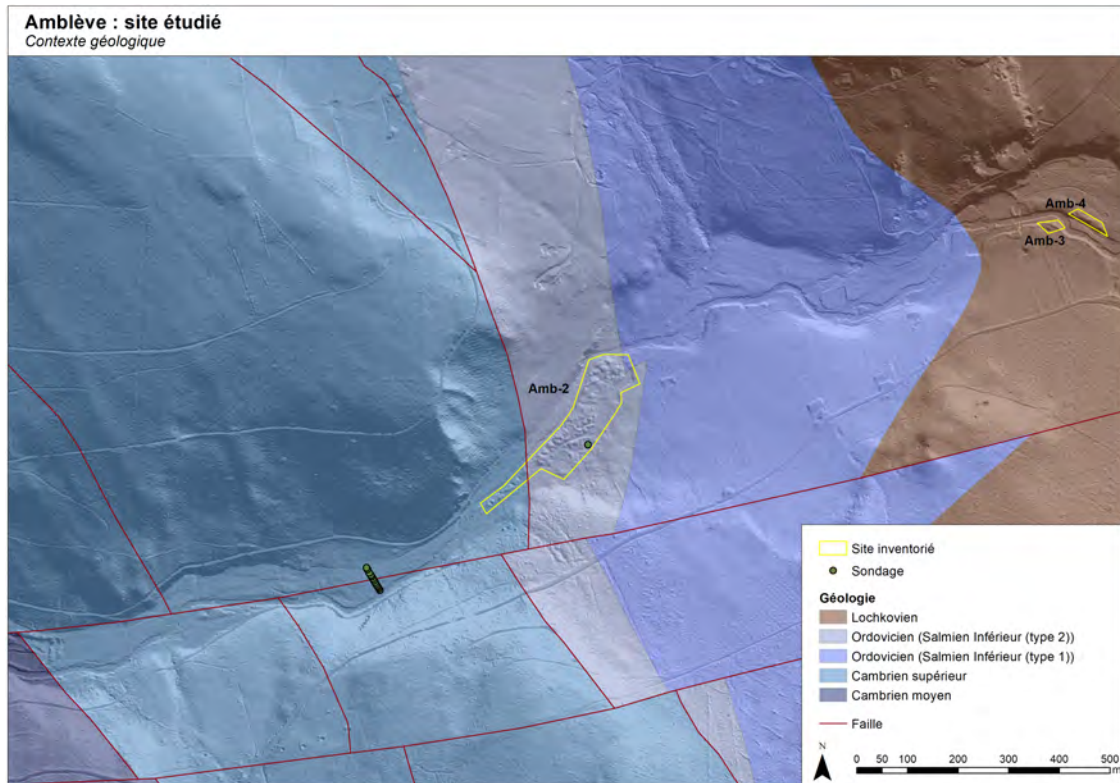


FIGURE 5.28 – Contexte géologique du site étudié sur l'Amblève.
Extrait de la carte géologique au 1 :25 000 de Geukens (1963a).

impossible d'estimer l'épaisseur de tourbe dans la zone sous eau. Le sondage AMB-S1 a été effectué dans cette tourbière, à proximité du flanc sud-est du tertre « T1 ».

Le long de cette « tourbière amont », une rupture de pente se démarque au pied du versant, laissant penser à un front d'exploitation. Sa hauteur est de 1,2 m en moyenne. Sa pente, relativement ténue dans la partie aval, tend à devenir abrupte au niveau de la zone sous eau. Sur le Hillshade, à l'amont du site, entre cette rupture de pente et les tertres, il semble y avoir une communication possible entre l'Amblève et la tourbière mais la surface topographique y est 5 m plus haut que le lit de la rivière.

- La partie aval est beaucoup plus sèche. Les accumulations de tourbe oscillent de 40 cm à plus de 1,5 m sur le flanc sud-ouest du tertre isolé « T2 » (figure 5.29).

À hauteur des tertres, sur la rive droite, se trouve une prairie de fond de vallée qui se boise vers l'amont. La berge y est haute de 1,5 m en moyenne.

En aval du site, l'Amblève longe le versant sud-est de la vallée, laissant la place à une plaine alluviale peuplée de saules et de bouleaux, avec quelques zones dégagées. L'une d'elles, située à 270 m en aval des tertres du site Amb-2, a été choisie pour définir un profil : AMB-1 constitué de 13 sondages (Encadré « A », figure 5.29). Ce profil permet peut-être de mettre en évidence des niveaux sédimentaires attribuables à l'impact de l'orpillage du site Amb-2 ainsi que des activités de tout le bassin versant.

Quelques formes supplémentaires sont visibles sur le Hillshade, notamment un étang rectangulaire moderne à 60 m à l'est de la zone, ainsi que plusieurs aires de Faulde sur le versant en rive droite, à l'aval des tertres. Le long du même versant, un chenal correspond probablement à un ancien canal d'abissage.

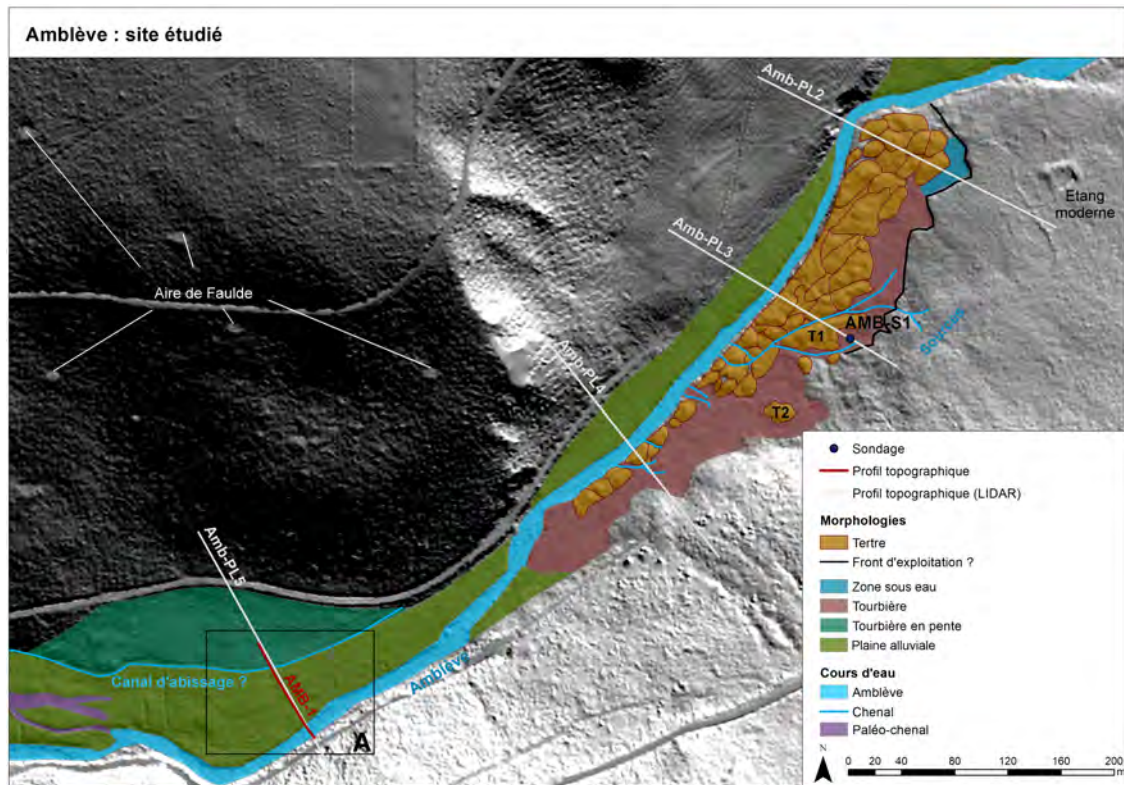


FIGURE 5.29 – Présentation du site Amb-2 de l'Amblève.
Encadré « A » : figure 5.35.

5.3.2 Profil topographiques LIDAR

Comme sur la Rougerie, 6 profils topographiques provenant du LIDAR ont été extraits. Ils s'étendent de 100 m de part et d'autre de l'axe de la vallée, à l'exception du second (Amb-PL2), qui a été positionné perpendiculairement à la rivière et allongé de 50 m afin de mieux distinguer les morphologies issues de l'orpaillage.

Ils sont numérotés d'amont en aval (figure 5.30). Le premier (Amb-PL1) se situe à 300 m en amont du site. Le deuxième (Amb-PL2) recoupe la partie amont du site Amb-2, où se trouvent les plus grands tertres et la zone sous eau. Il franchit l'Amblève à l'apex d'un méandre. Le troisième (Amb-PL3) se localise au milieu du groupe de tertres, au niveau de T1 (figure 5.29). Il passe également par la position du sondage AMB-S1. Le quatrième (Amb-PL4) a été défini dans la partie aval du site, où ne se rencontre qu'un seul alignement de petits tertres. Le cinquième (Amb-PL5) est superposé au profil AMB-1 afin « d'étendre » le profil topographique levé à la station totale. Le dernier (Amb-PL6) se situe 750 m en aval du site.

Les profils sont présentés à la figure 5.31, ordonnés de l'amont à l'aval, avec la même exagération verticale :

- Le profil Amb-PL1 ne présente pas de morphologie consécutive à l'orpaillage. L'Amblève, large de 16 m, se trouve le long du versant en rive gauche. La plaine alluviale sub-horizontale s'étend sur 92 m. Un paléo-chenal, large de 8 m, est déjà visible sur le Hillshade.
- En Amb-PL2, les tertres se démarquent sur 60 m, au centre du profil. Ils sont longés sur la droite par l'Amblève (18 m de large) et sur la gauche par la zone sous-eau. L'altitude de cette dernière est de 383,5 m, soit 3 m plus haut que le fond du lit du cours d'eau. L'alimentation en eau se fait uniquement par le versant. La rupture de pente entre la tourbière et ce dernier

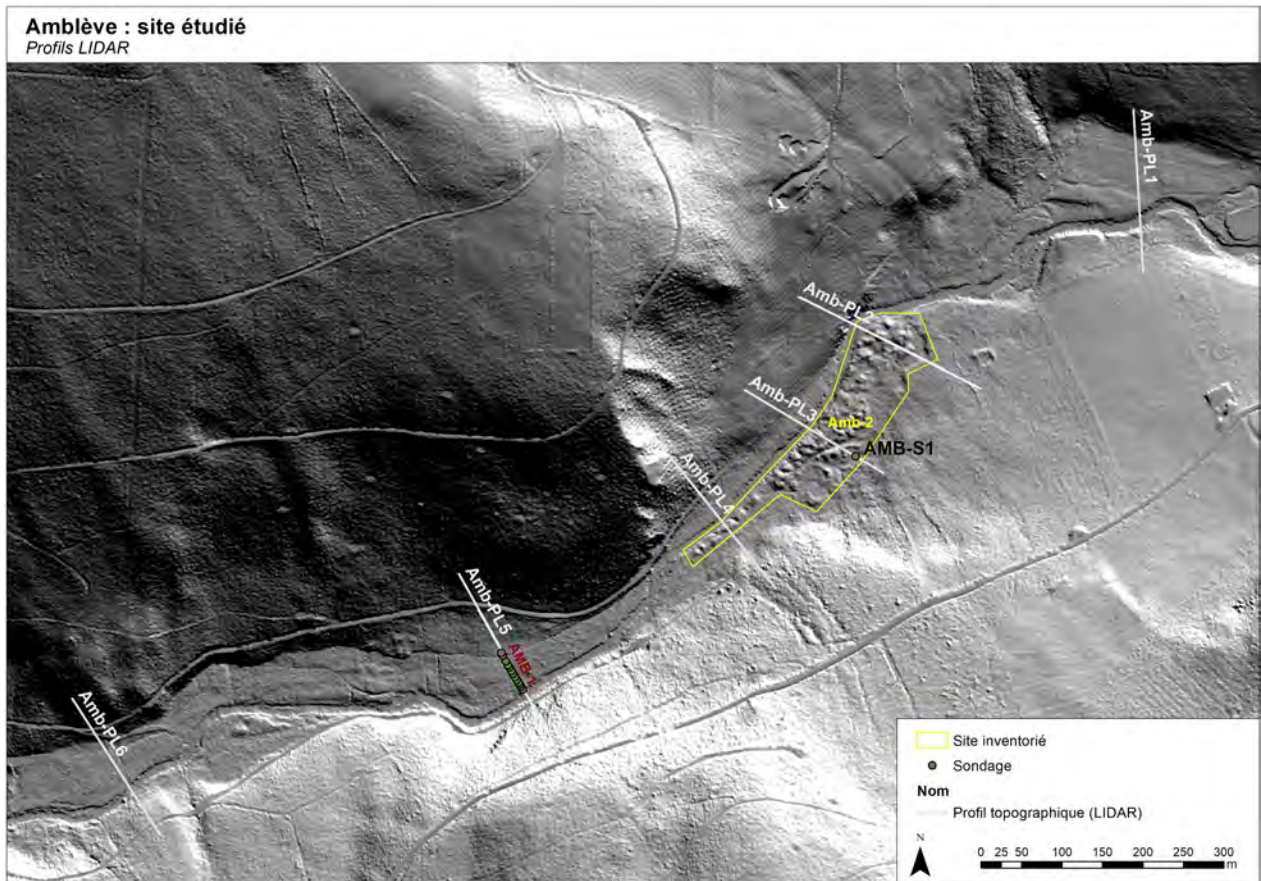


FIGURE 5.30 – Situation des profils topographiques de l’Ambève créés grâce au LIDAR.

est bien marquée, elle mesure 5 m de long pour 1,3 m de haut. Le profil franchit l’Ambève au niveau d’un méandre, ce qui a pour conséquence l’élévation de la berge en rive droite de près de 8 m.

Ce profil, ainsi que les observations précédentes (figure 5.29), laissent penser que l’orpaillage de ce site a consisté à exploiter la rive gauche de l’Ambève, en progressant en direction de la crête et en rejetant le matériel à l’arrière, c’est-à-dire entre la rivière et ce front d’exploitation.

- Au niveau de Amb-PL3, L’Ambève s’est écartée du versant en rive droite pour laisser la place à une plaine alluviale de 210 m de large et surélevée de 2 m par rapport au fond du lit. les tertres s’étendent sur 50 m mais voient le passage d’un chenal large de 6 m : il est fortement remblayé par de la tourbe ; un petit ruisseau de 50 cm de large s’y écoule (« C. » sur le profil). La profondeur de ce chenal, mesurée à l’aide d’une gouge, vaut 1,5 m. La rupture de pente sur le versant se détache à peine de l’allure générale du profil. Le sondage AMB-S1, effectué entre cette rupture et le tertre, présente un refus à 2,65 m, soit à la même altitude (379,2 m) que le fond actuel du lit de l’Ambève.
- En Amb-PL4, suite au rétrécissement de la vallée, les versants deviennent beaucoup plus abrupts. L’Ambève, large de 6 m, s’écoule au centre de la vallée. Un seul tertre est visible en coupe sur le profil. La tourbière, entre celui-ci et le versant, est faiblement pentue (environ 6 %).
- Sur le profil Amb-PL5, correspondant au profil AMB-1 développé plus loin, l’Ambève longe le versant en rive gauche. La plaine alluviale est sub-horizontale (pente de 4 %) jusqu’à un

petit chenal, probablement un ancien canal d'abissage (« C.2 » sur le profil). Elle est traversée par un chenal creusé par un castor (« C.1 » sur le profil) : l'animal a peut-être suivi la trace d'un paléo-chenal. Au delà de la plaine, la pente s'accroît et est occupée par une tourbière jusqu'au talus du chemin forestier.

- Plus loin en aval, au niveau du profil Amb-PL6, l'Amblève, large de 12 m, se situe le long du versant en rive gauche. Le reste de la vallée est occupé par la plaine alluviale sur 64 m. Lors de la prospection, sur ce profil, 15 sondages à la gouge n'ont pas montrés de niveaux tourbeux, uniquement des sédiments limono-sableux. Le contact avec le cailloutis se situe en moyenne à 1,2 m de profondeur.

Au vu de la situation de la zone et des profils Amb-PL2, Amb-PL3 et Amb-PL4, les morphologies observées seraient issues de l'exploitation de la plaine alluviale en rive gauche. Il semble que les orpailleurs aient excavé les sédiments au centre de la vallée. Ils ont peut-être préalablement dévié l'Amblève. Ils auraient poursuivi leurs activités en direction du versant en rive gauche et produit le front d'exploitation encore visible aujourd'hui. Pendant ce temps, le matériel excavé et éventuellement lavé dans l'Amblève, aurait été entassé dans l'espace libéré par l'exploitation, entre ce front et le cours d'eau. Suite à l'abandon du site, la dépression, laissée entre le front d'exploitation et les tertres, aurait été colonisée par la végétation turfigène et peu à peu remplie de tourbe.

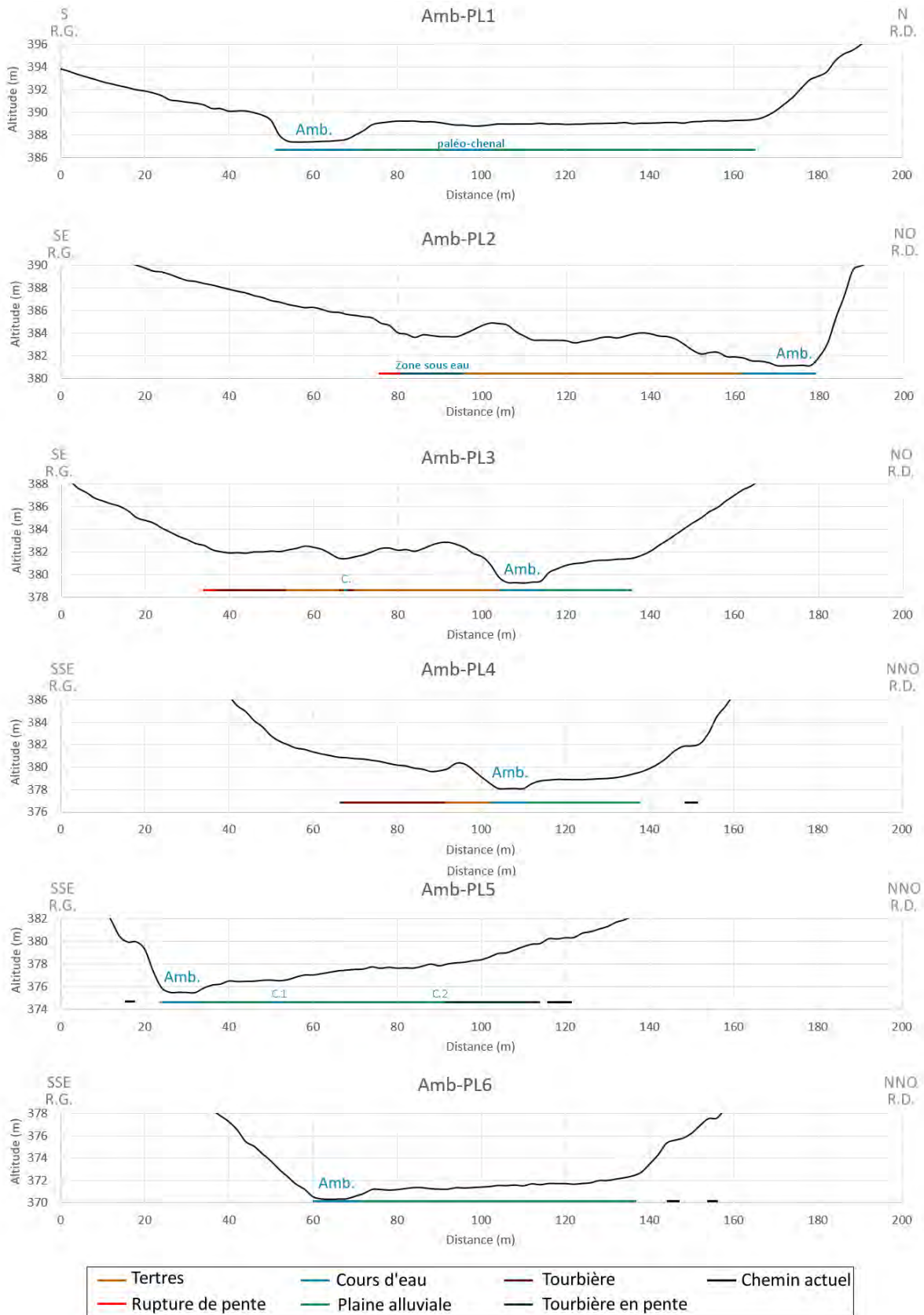


FIGURE 5.31 – Profils topographiques (LIDAR) de l’Amblève.

5.3.3 Sondage de la tourbière des tertres : AMB-S1

Dans le but de vérifier l'hypothèse de mise en place des morphologies proposées dans la partie précédente, le sondage AMB-S1 a été effectué dans cette tourbière. Si la turbification a débuté après les activités d'orpillage, dater la base des accumulations de tourbe permettrait de définir la fin de l'exploitation du site. Ce sondage se situe dans la tourbière entre le tertre « T1 » et la partie aval du front d'exploitation, aux coordonnées x : 272 955 m ; y : 119 895 m (figure 5.29).

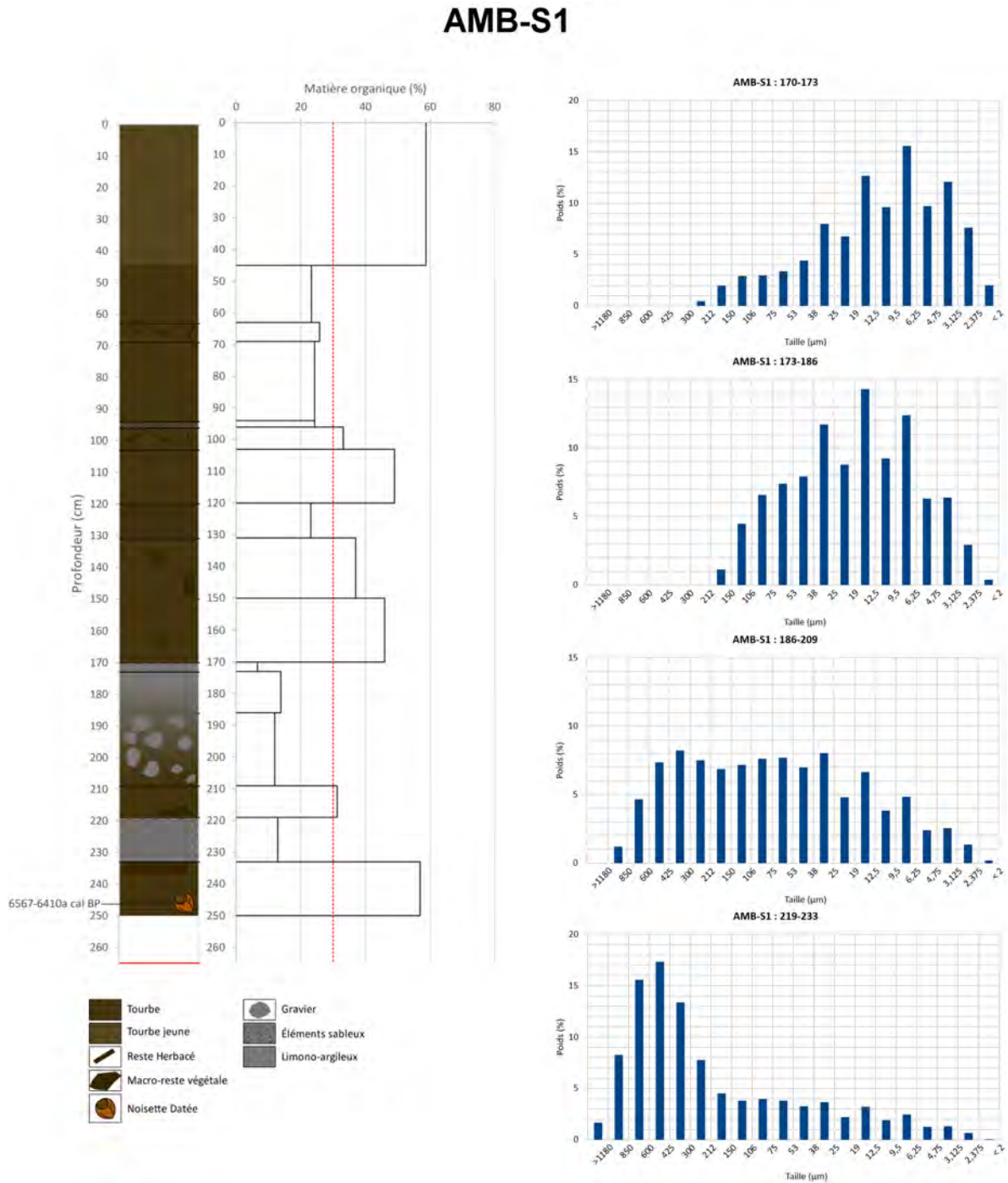


FIGURE 5.32 – AMB-S1 : schéma de la coupe, part de matière organique et distribution organique granulométrique des échantillons.

Quinze niveaux ont été identifiés dans ce sondage : ils sont majoritairement de couleur brune,

sauf quelques uns limoneux gris. Nommés sur base de la profondeur de leurs limites supérieures et inférieures respectives, ceux-ci se présentent de la façon suivante :

- Les niveaux 0-45 cm et 45-60 cm sont constitués de débris d’herbacées et surtout de sphaignes. Jusqu’à 45 cm, l’organisation originelle des sphaignes est encore bien visible. Au delà, il n’y a plus que des débris.
- De 63 à 69 cm, des débris de branches sont présents et relativement bien conservés.
- Au niveau 69-94 cm, le matériel est très fin, peu de structures végétales sont discernables.
- Entre 94 et 96 cm, quelques éléments se classant dans les sables grossiers sont présents.
- De 96 à 103 cm, des petits éléments ligneux sont identifiables (petits fragments de branches).
- De la tourbe sans gros fragment apparent se retrouve entre 103 et 120 cm.
- Au niveau 120-131 cm, la tourbe, de même texture qu’au niveau précédent, prend un aspect plus grisâtre, ce qui semble indiquer que la part minérale est plus importante.
- De 131 à 170 cm, la tourbe compte de gros fragments ligneux de 1 à 1,5 cm de long, ce qui suggère un certain boisement du site.
- De 170 à 173 cm, le dépôt change complètement d’aspect, plus aucun élément végétal n’est présent, un niveau de limon gris est intercalé entre deux couches de sables grossiers, disposés en un seul niveau d’éléments (figure 5.33).
Le prélèvement effectué dans le limon a un D_{50} de $10 \mu\text{m}$ et un D_{99} est de $194 \mu\text{m}$. D’après la méthode de Passega (Houbrechts *et al.*, 2013), ce niveau est issu de décantation figure 5.34).



FIGURE 5.33 – AMB-S1 - 170-173 cm : Couche de limon gris intercalée entre deux fins niveaux de sable grossier.

- Depuis 173 cm jusque 186 cm, le limon gris semble diminuer en concentration car la couche tend à reprendre la couleur brunâtre de la tourbe.
L'échantillon de ce niveau a un D_{50} de $18 \mu\text{m}$ et un D_{99} $157 \mu\text{m}$: il s'agit également de décantation (figure 5.34)(Houbrechts *et al.*, 2013). Cet échantillon est mieux trié et ne comporte qu'un mode entre $12,5-19 \mu\text{m}$.
- À partir de 186 cm , jusque 209 cm, de gros éléments émoussés (jusqu'à 1 cm d'axe b) sont présents. Ils sont dispersés sans réelle organisation dans un matériel semblable à la base du niveau sus-jacent.
Le prélèvement de la « matrice » de ce niveau a pour D_{50} $78 \mu\text{m}$ avec $909 \mu\text{m}$ de D_{99} . Selon

l'image CM (figure 5.34), le dépôt serait plutôt issu de suspension uniforme, ce qui dénoterait un certain écoulement (Houbrechts *et al.*, 2013).

- De 209 à 219 cm, quelques gros fragments ligneux sont présents au contact du niveau inférieur.
- De 219 à 233 cm se trouve un niveau plus sablo-limoneux, aux limites plutôt bien définies. Cette granulométrie est confirmée par l'échantillon : le D_{50} vaut $358 \mu\text{m}$ et le D_{99} $1,4 \text{ mm}$. La position de l'échantillon sur l'image CM (figure 5.34) montre que le sédiment est un dépôt de suspension gradée (Houbrechts *et al.*, 2013).
- Entre 233 et 250 cm, de la tourbe, accompagnée de gros fragments végétaux, est présente ainsi qu'une noisette. Nous avons décidé de dater cette dernière au ^{14}C , car sa situation à la base de l'accumulation tourbeuse permet de vérifier si la tourbière s'est bien développée après les activités d'orpaillage.
- Le cailloutis a été probablement atteint à 2,65 m (refus de la sonde).

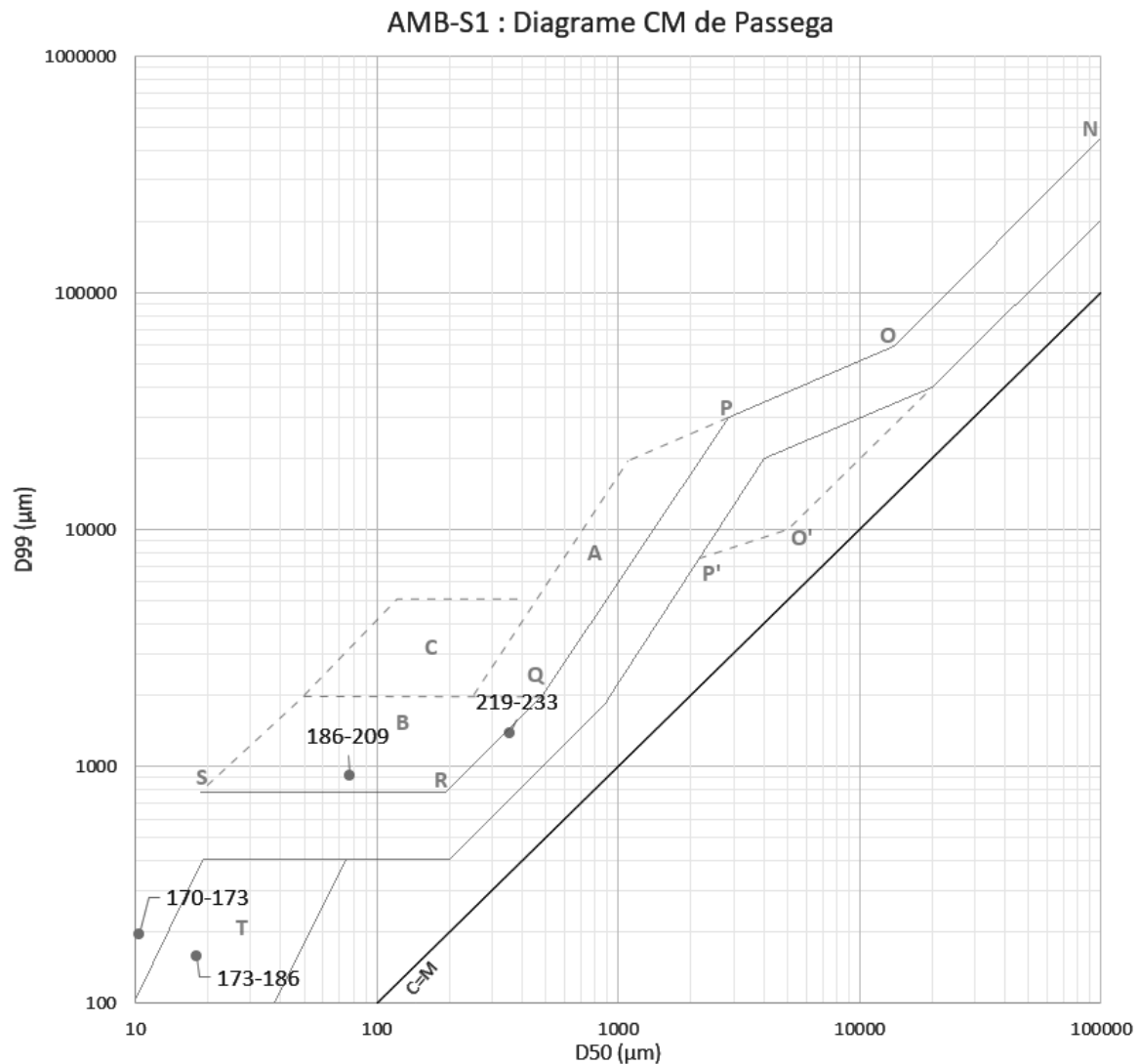


FIGURE 5.34 – AMB-S1 : image CM de Passega des échantillons.
 Trame de l'image CM des rivières ardennaises définie par Houbrechts *et al.* (2013).

La distribution des échantillons sur l'image CM de Passega (figure 5.34) suggère que la sédimentation a débuté par des dépôts de suspension gradée, puis de suspension homogène, pour se poursuivre par décantation de plus en plus poussée.

Le taux de matière organique de chaque niveau a été déterminée par perte au feu. Rappelons que, d'après Rydin & Jeglum (2006), repris par Denis (2010), un dépôt est considéré comme tourbeux dès que la part de matière organique dépasse 30 % de l'échantillon. Le graphique sur la figure 5.32 présente la part de celle-ci pour chacune des couches. Le niveau supérieur (0-45 cm), avec 58,7 %, est le plus riche en matière organique : étant constitué en majorité de sphaignes encore vivantes, cela n'est pas surprenant. Les trois niveaux entre 45 et 96 cm sont relativement pauvres (entre 23,3 % et 25,8 %) alors que leur aspect nous porte à penser le contraire. En particulier, le niveau 63-69 cm, contenant des éléments ligneux, a seulement 25,8 % alors que les couches semblables dépassent 30 %. Les niveaux de limons et sables gris ont peu de matière organique (entre 6,6 et 13,8 %), avec un minimum en 170-173 cm (6,6 %). La couche 209-219 cm, intercalée entre les niveaux au faciès limoneux et sablo-limoneux, a une part de matière organique de 31 %. Le dernier niveau (233-250 cm), contenant la noisette datée, atteint 57 %. Ce niveau correspond très probablement à l'accumulation de tourbe sur place, qui a aussi piégé des débris végétaux tombés à la surface, dont la noisette.

La mise en place des couches peut se résumer de la façon suivante. La turbification débute et produit le premier niveau tourbeux qui est interrompu par des sables limoneux. La granulométrie de cette couche suggère qu'elle s'est déposée en conditions d'écoulements relativement turbulents, ce qui pourrait correspondre au dépôt laissé par un paléo-chenal. L'accumulation reprend, mais elle est à nouveau interrompue par le dépôt de sédiments, d'abord relativement grossiers, puis de plus en plus fins, jusqu'à n'être plus issus que de décantation. À la fin de cette sédimentation, une couche de sable grossier, non émoussé, est déposée puis est suivie de décantation. Un second événement, probablement de même nature, survient, mais la décantation ne reprend plus. La tourbière se développe à nouveau, avec quelques apports de sédiments minéraux, variables au cours du temps. Une fine couche de sable grossier est déposée entre 94 et 96 cm.

Les trois niveaux de sable grossier pourraient correspondre à de bref paléo-chenaux, c'est-à-dire à la divagation d'un chenal charriant les eaux issues du niveau sourcier sur le versant. La proximité de tels chenaux pourrait aussi expliquer la faible part de matière organique de certaines couches. Cependant, d'autres facteurs ont dû intervenir pour produire les dépôts situés entre 170 et 209 cm.

La datation de la noisette issue de la base du sondage a eu pour résultat 6567-6410a cal BP (92,2 % de probabilité) soit 4618-4461 cal BC. Par conséquent, l'accumulation de tourbe a débuté bien avant les activités d'orpaillage. Pour rappel, celles-ci ont été datées à 320 ± 40 a cal BC sur le Plateau des Tailles et à 20 ± 55 a cal BC au massif de Serpont. Il semble que les orpailleurs n'ont pas pratiqué d'excavations jusqu'au cailloutis à l'emplacement du sondage. Cependant, les niveaux de 170 à 209 cm montrent d'importants apports minéraux et des phases de décantation. Par conséquent, l'orpaillage a pu se concentrer en amont, à hauteur du front d'exploitation et surtout au niveau de la zone sous eau, présentée à la figure 5.29 et au profil LIDAR Amb-PL3 (figure 5.31).

Un sondage au niveau de cette zone humide permettrait peut-être de définir si elle a effectivement connu les activités d'orpaillage tel que nous l'avons formulé. Celui-ci sera difficile à mettre en œuvre au vu des niveaux d'eau observés lors des visites de terrain. En outre, la datation de la couche inférieure du sondage indique que des couches de tourbe peuvent très bien se trouver sous le tertre à proximité : effectuer un sondage sous celui-ci, en tentant d'atteindre le cailloutis, serait très intéressant.

5.3.4 Profil en aval des tertres (AMB-1)

Déjà introduit dans la présentation de l'étude de cas, le profil AMB-1 a été défini dans une prairie à 270 m en aval des tertres afin de tenter d'identifier des niveaux sédimentaires associés aux activités d'orpailage (figure 5.37). Il a été construit sur base de 13 sondages et d'un profil topographique (figures 5.35 et 5.36). Il s'étend de la rive gauche de l'Amblève (x : 272 555 m ; y : 119 592 m) jusqu'à un point (coordonnées : x : 272 513 m ; y : 119 663 m) situé à 36 m au delà du présumé canal d'abissage. Les sondages ont été effectués depuis la berge en rive droite de l'Amblève, ils ont pour noms leurs positions respectives le long du profil topographique. Un castor a construit un barrage à une vingtaine de mètres en amont et utilise un chenal qui traverse la prairie et le profil entre les sondages 26m et 30m.

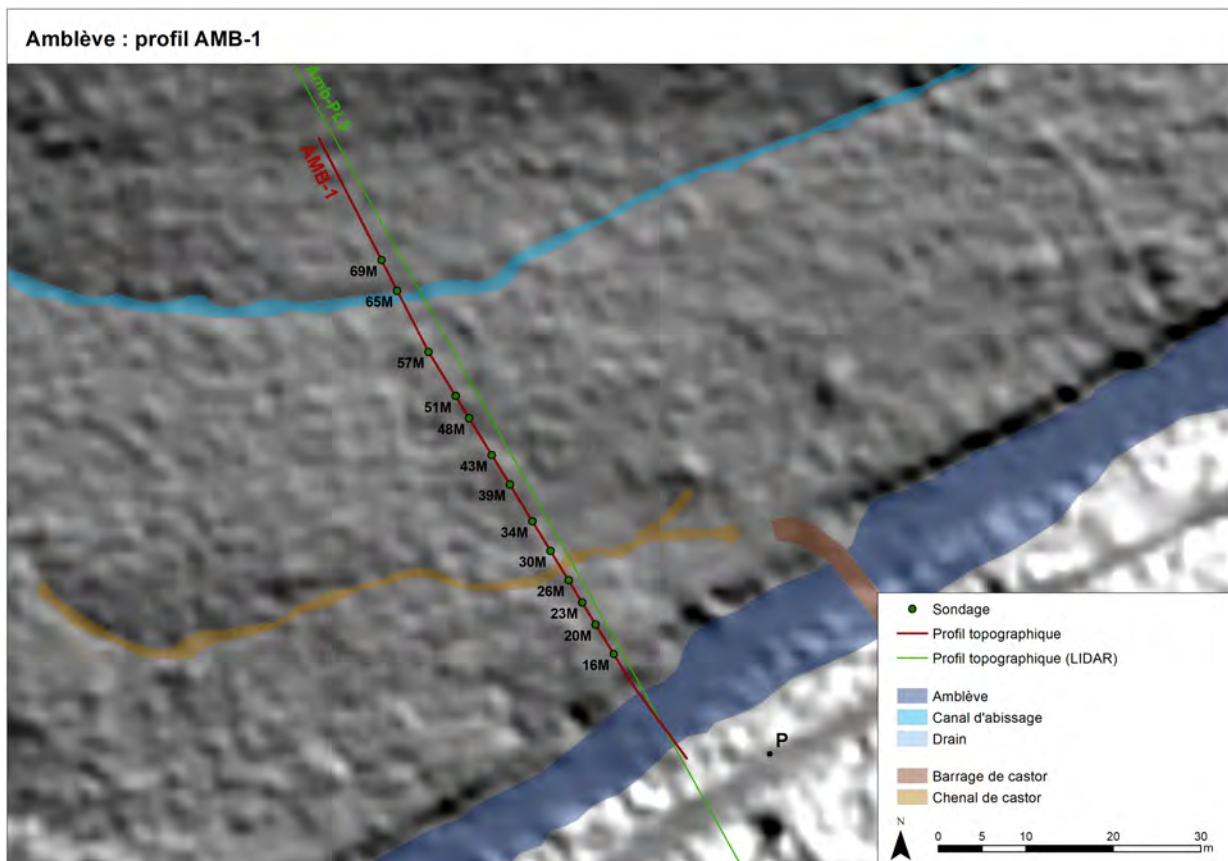


FIGURE 5.35 – AMB-1 : situation des sondages et du profil.
Point « P » : point de vue de la photo du site du profil (figure 5.37).

Sondages

Les sondages sont présentés ci-après. Pour chacun, un schéma représente les différents niveaux identifiés et les D_{50} , D_{90} et D_{99} des échantillons sont exposés sous forme graphique en fonction de la profondeur (les valeurs précises sont données entre parenthèses en μm). Les parts de matière organique ont également été déterminées dans les prélèvements des sondages 43m, 48m et 57m.

- Sondage 16m (figure 5.39) : le D_{50} varie de 56 à 3020 μm . Il se décompose en trois niveaux. La couche supérieure correspond à du limon sableux. Entre 30 et 62 cm, le D_{50} est plus faible (74 et 56 μm respectivement pour les deux échantillons de ce niveau). Par dessous, le limon sableux évolue en sable limoneux. Le cailloutis a été rencontré à 1 m de profondeur.

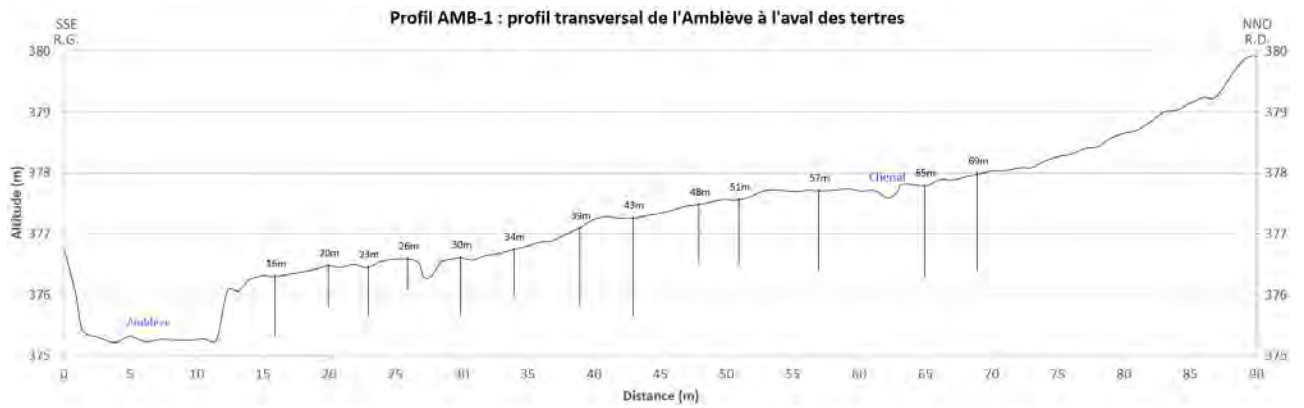


FIGURE 5.36 – AMB-1 : Profil topographique et position des sondages.
(Exagération verticale 5x).



FIGURE 5.37 – Prairie du profil AMB-1.
La position approximative du profil est symbolisée par le tiret blanc.

- Sondage 20m (figure 5.40) : la granulométrie est relativement stable jusqu'à 40 cm puis augmente fortement avec la profondeur. Le D_{50} varie de 77 à 4960 μm . À partir de 50 cm, le sédiment prend une couleur ocre bien marquée. Le refus se situe à 61 cm.
- Sondage 23m (figure 5.41) : le D_{50} varie de 69 (entre 41 et 55 cm) à 6380 μm à la base du sondage (71-80 cm). À la surface, de 0 à 21 cm, le limon est plutôt sableux (D_{50} de 133 μm). Le refus se trouve à 80 cm de profondeur.
- Sondage 26m (figure 5.42) : le D_{50} reste proche de 100 μm (respectivement 100 μm à la surface 117 μm pour l'échantillon intermédiaire et 98 μm pour le prélèvement inférieur). Le cailloutis a été atteint à 52 cm.
- Sondage 30m (figure 5.43) : profond de 95 cm, le D_{50} reste proche de 100 μm , hormis de 36 à 70 cm où il tombe à 47 μm jusqu'à 49 cm puis remonte à 73 μm entre 60 et 70 cm. De 70 à 95 cm de profondeur, le D_{50} vaut 115 μm (70-85 cm) puis 95 μm (85-95 cm) par contre le D_{99} est très élevé (respectivement 3,5 et 1,2 cm).
- Sondage 34m (figure 5.44) : le D_{50} reste proche de 135 μm , hormis entre 23 et 51 cm où il diminue à 59 puis 38 μm . À 60 cm, une limite nette définit un niveau tourbeux qui s'étend

jusqu'au contact avec le cailloutis à 75 cm. La granulométrie de la part minérale des deux échantillons inférieurs correspond à un limon sableux (D_{50} de 143 μm et 130 μm) avec quelques gros éléments (D_{99} de 1,8 cm).

- Sondage 39m (figure 5.45) : du limon sableux se trouve jusqu'à 20 cm (D_{50} de 137 μm), puis la granulométrie diminue jusqu'au contact avec la tourbe à 44 cm. Le sondage a été poursuivi jusqu'à 1,27 m sans pouvoir prélever d'échantillon.
- Sondage 43m (figure 5.46) : des limons se trouvent jusqu'à 55 cm de profondeur (D_{50} de 65 μm de la surface à 25 cm, puis de 52 μm jusque 55 cm). Le contact avec la tourbe se produit à 55 cm (figure 5.38). Le cailloutis a été atteint à 1,67 m. La part de matière organique est inférieure à 30 % au niveau du limon, mais elle est supérieure dans les prélèvements de tourbe : le prélèvement de 55 à 74 cm compte 89 % de matière organique, 70 % de 74 à 88 cm, mais seulement 34 % jusqu'au contact avec le cailloutis.



FIGURE 5.38 – AMB-1 43m : prélèvement au niveau du contact du limon avec la tourbe.

- Sondage 48m (figure 5.47) : du limon sableux se retrouve jusqu'à 20 cm. Par dessous, jusqu'à 50 cm de profondeur, le sédiment est plus limoneux. De 50 à 78 cm, se trouve toujours un niveau de tourbe (79 % de matière organique), mais un niveau de limon gris, mal trié (D_{50} de 85 et 18 μm , mais D_{99} de 1,4 et 1,7 cm) et avec des éléments volumineux non émoussés, se rencontre de 78 cm jusqu'au contact avec le cailloutis à 96 cm.
- Sondage 51m (figure 5.48) : profond de 1,05 m, le sondage se décompose en 3 niveaux : un niveau de limon sableux se rencontre toujours de la surface jusqu'à 48 cm ; De la tourbe se retrouve jusque 1 m ; une couche de limon mal trié (D_{50} de 63 μm , mais D_{99} de 5 mm) de 5 cm d'épaisseur se situe entre la tourbe et le cailloutis.
- Sondage 57m (figure 5.49) : les 3 mêmes niveaux se rencontrent. Un niveau de limon de 30 cm surmonte 55 cm de tourbe, la limite entre ces deux niveaux est moins marquée que dans les sondages précédents. De 65 à 85 cm de profondeur, au vu du résultat de la perte au feu (seulement 13 % de matière organique), il ne s'agit pas de tourbe. À partir de 85 cm, jusqu'au contact avec le cailloutis à 1,3 m, du limon sableux est à nouveau présent.
- Sondage 65m (figure 5.50) : le niveau supérieur de limon n'est plus présent. 60 cm de tourbe surmonte 90 cm de limon sableux très fluide (D_{50} de 170 μm et D_{99} de 6 mm, mais risque de contamination).
- Sondage 69m (figure 5.51) : le sondage présente les mêmes niveaux que le sondage précédent. Le limon est très mal trié. De 50 à 125 cm de profondeur, le D_{50} varie de 56 à 32 μm et le D_{99} de 1,7 à 2,5 cm. Au contact du cailloutis, le D_{50} monte à 270 alors que le D_{99} reste à 2,1 cm.

Au vu de ces observations, les 13 sondages pourraient être rassemblés en quatre groupes :

- Partant de l'Amblève, les 5 premiers sondages (16m, 20m, 23m, 26m et 30m) sont constitués de limon sableux en surface, puis de limon légèrement plus fin suivis de limon sableux comportant de gros éléments à la base. Le D_{99} augmente avec la profondeur alors que le D_{50} est minimum autour de 40 cm. Il est probable qu'il s'agisse de dépôts alluviaux de l'Amblève.

- À partir du sondage 34m, un niveau tourbeux surmonté par les dépôts alluviaux apparait jusqu'au sondage 43m.
- Les sondages 48m, 51m et 57m constituent une zone de transition : l'épaisseur des sédiments alluviaux s'amenuisent alors qu'un niveau de limon apparait, intercalé entre le cailloutis et le niveau tourbeux. Il s'agit probablement de colluvions au vu des D₅₀ situés au niveau des sables fins et des D₉₉ centimétriques.
- Pour les sondages 65m et 69m, les alluvions ne sont plus présentes, le niveau de tourbe se trouve à la surface alors que la couche de colluvion s'épaissit fortement.

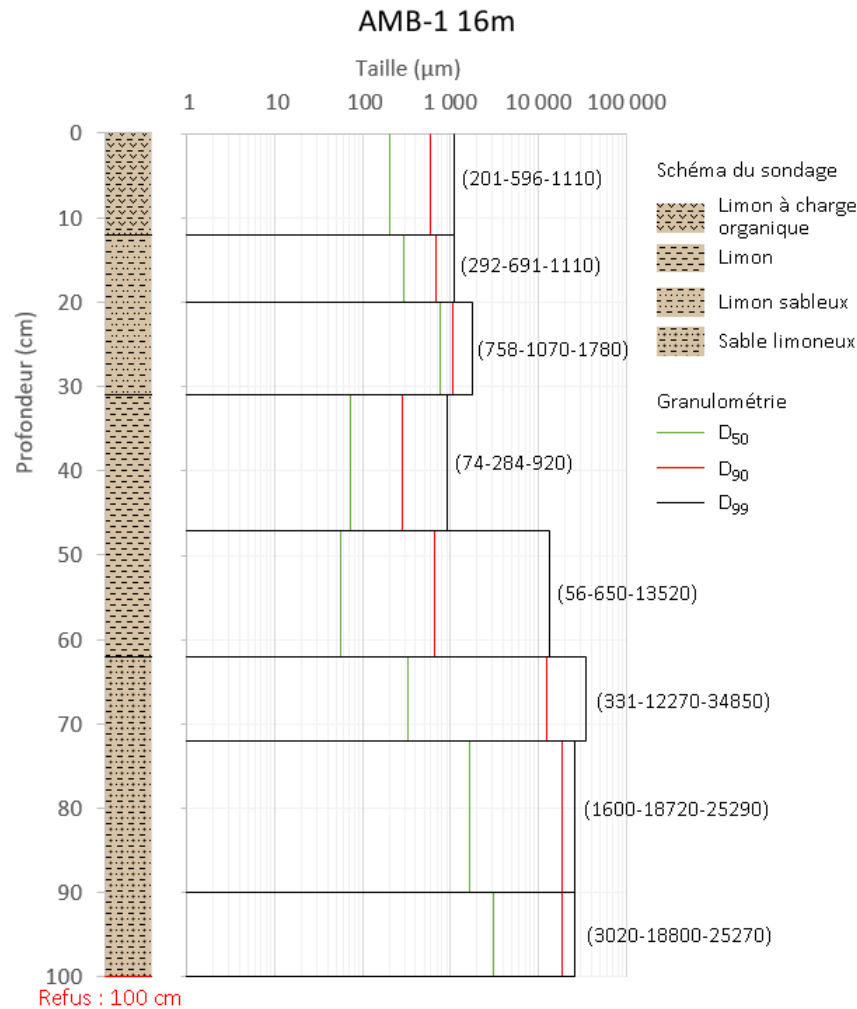


FIGURE 5.39 – AMB-1 16m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 546 m ; y : 119 604 m.

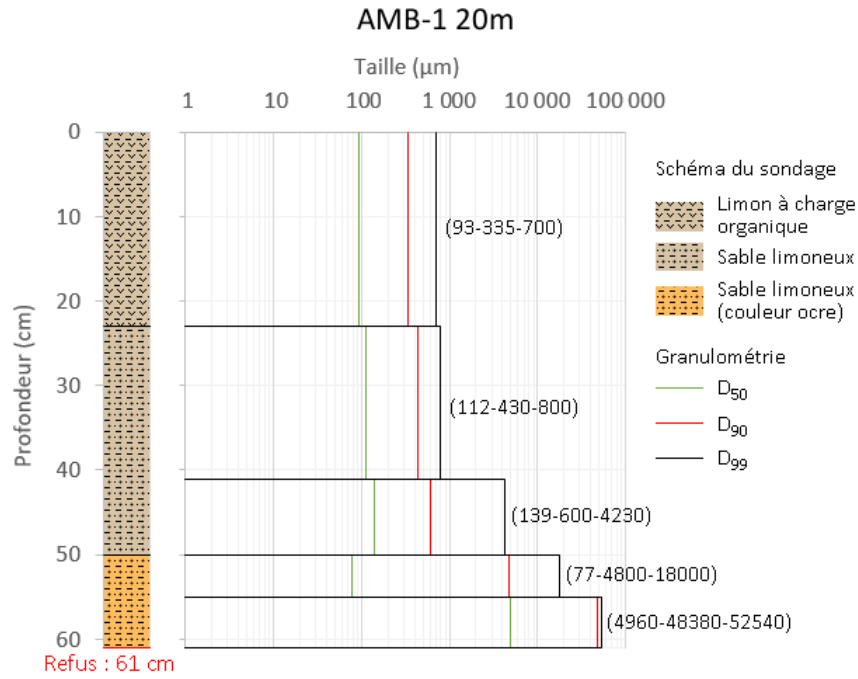


FIGURE 5.40 – AMB-1 20m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 544 m ; y : 119 607 m.

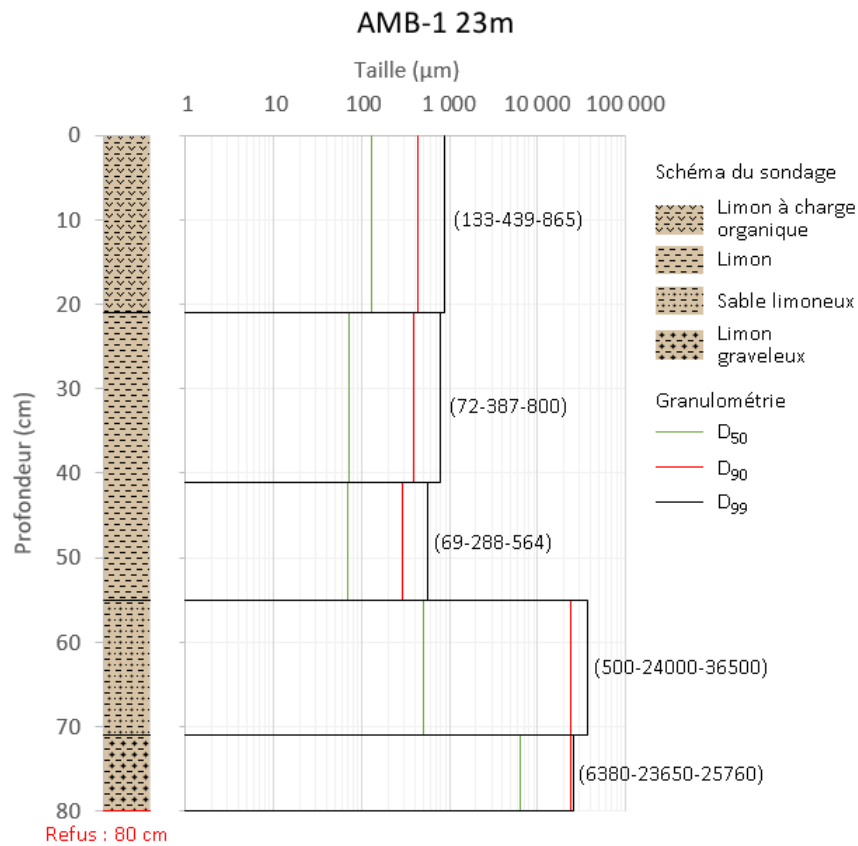


FIGURE 5.41 – AMB-1 23m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 543 m ; y : 119 610 m.

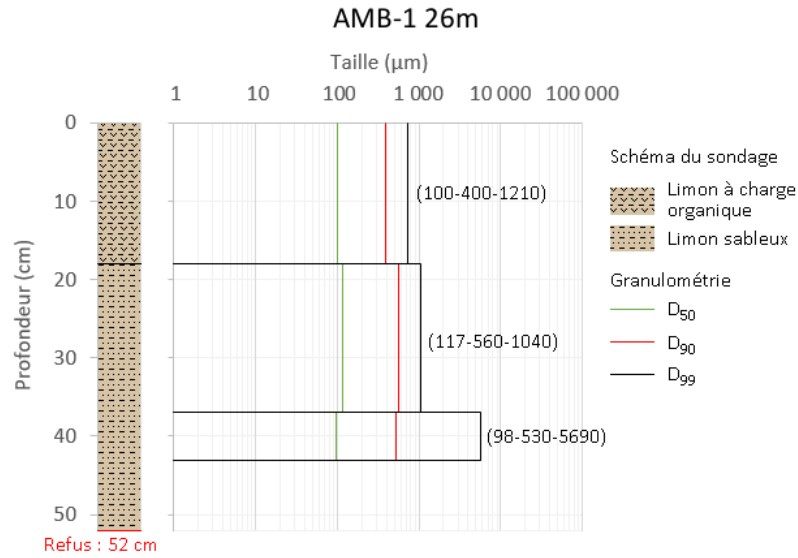


FIGURE 5.42 – AMB-1 26m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D_{50} , D_{90} et D_{99}). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 541 m ; y : 119 612 m.

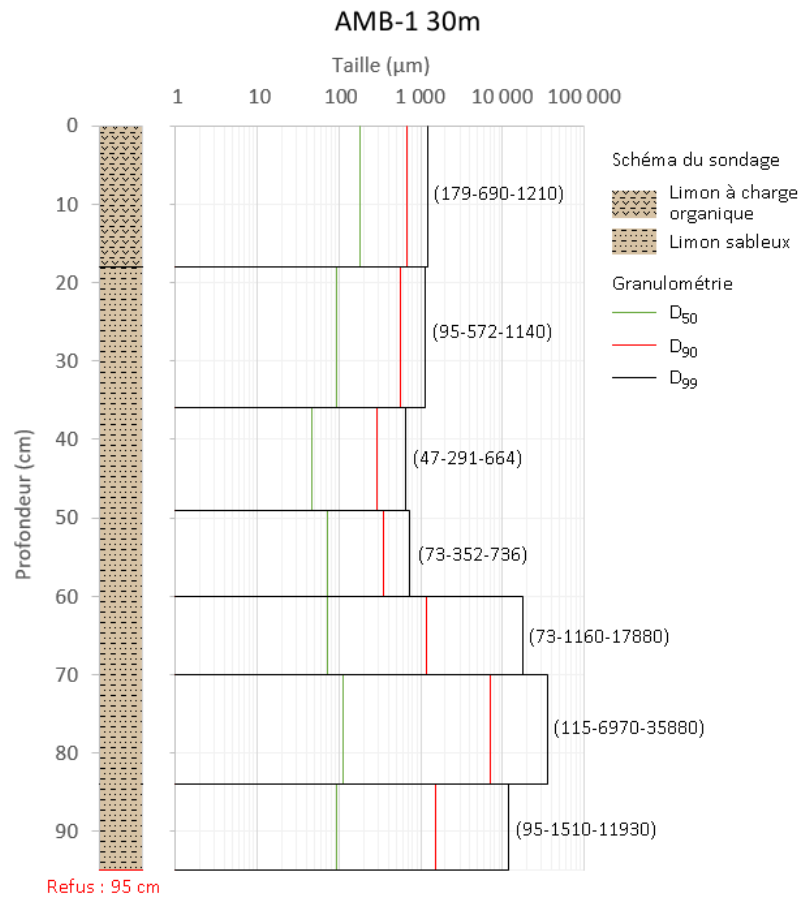


FIGURE 5.43 – AMB-1 30m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D_{50} , D_{90} et D_{99}). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 539 m ; y : 119 616 m.

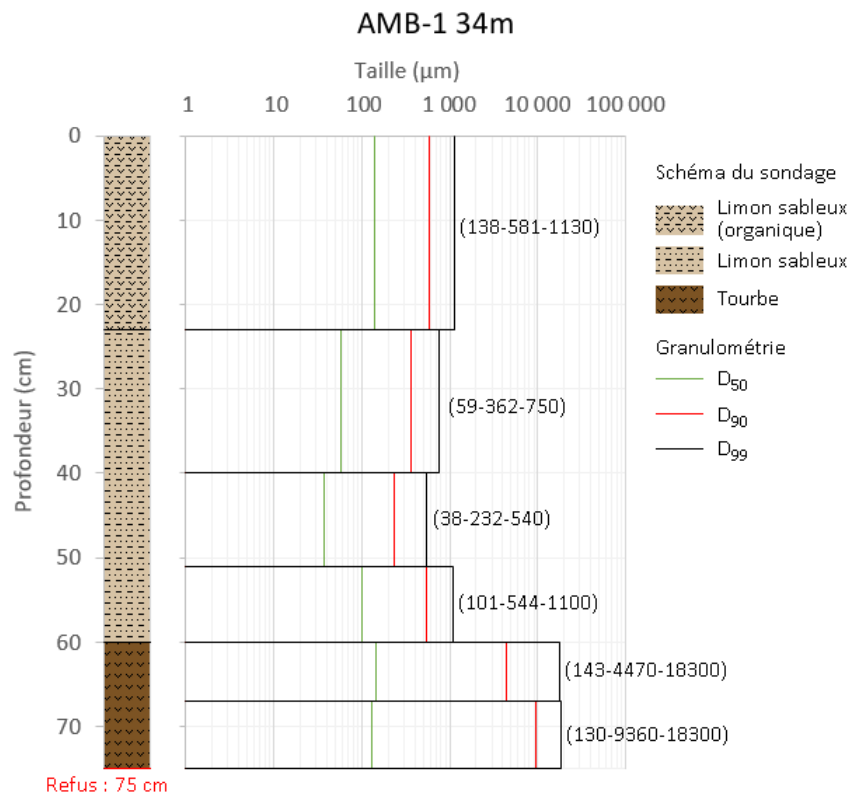


FIGURE 5.44 – AMB-1 34m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 537 m ; y : 119 619 m.

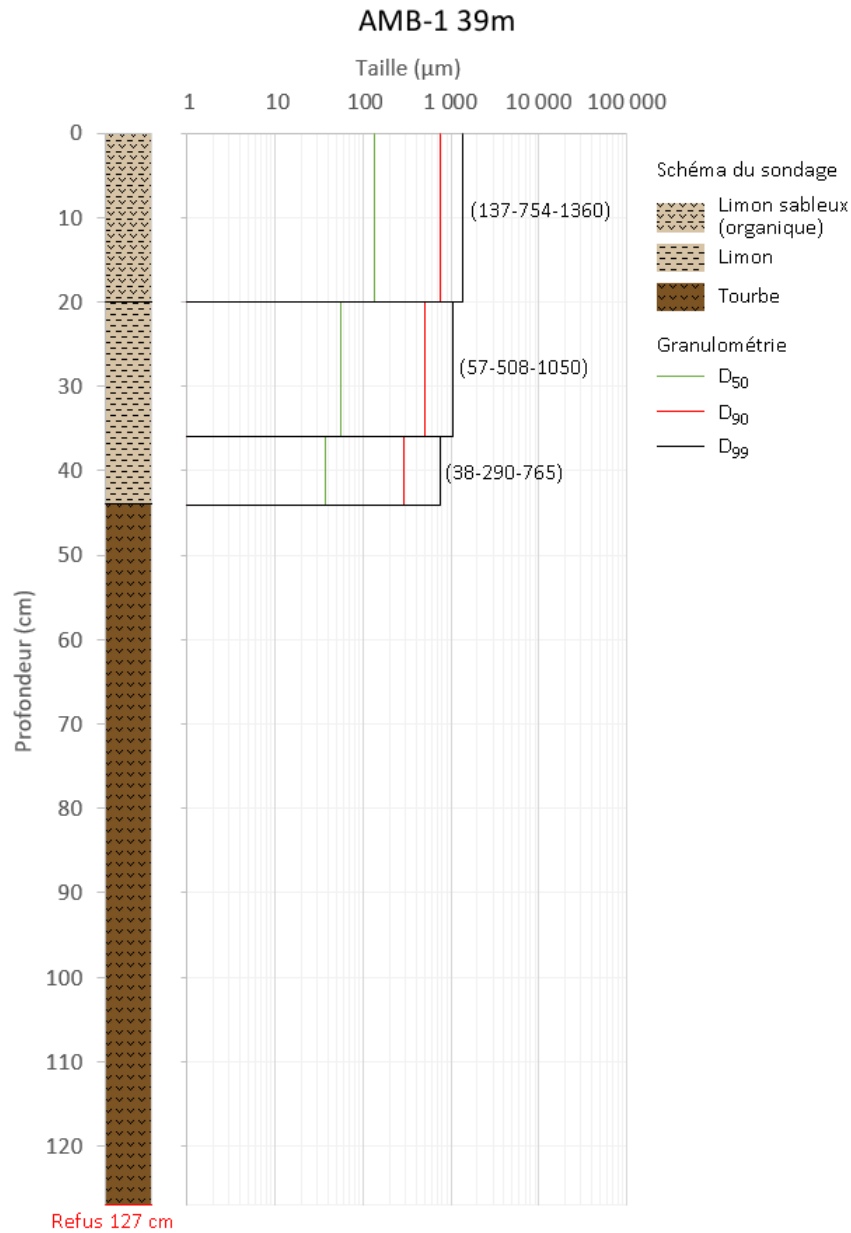


FIGURE 5.45 – AMB-1 39m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 535 m ; y : 119 623 m.

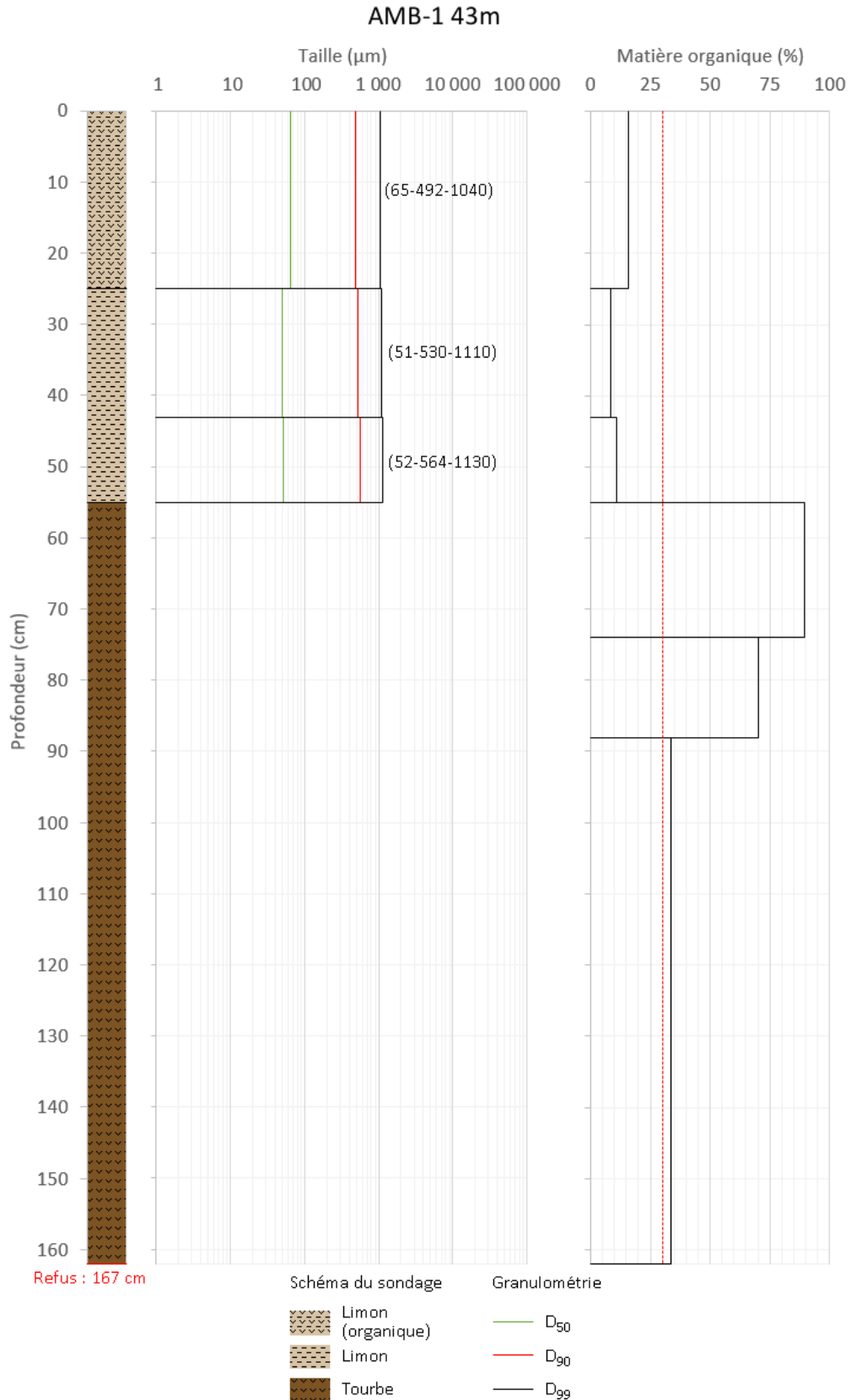


FIGURE 5.46 – AMB-1 43m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 532 m ; y : 119 627 m.

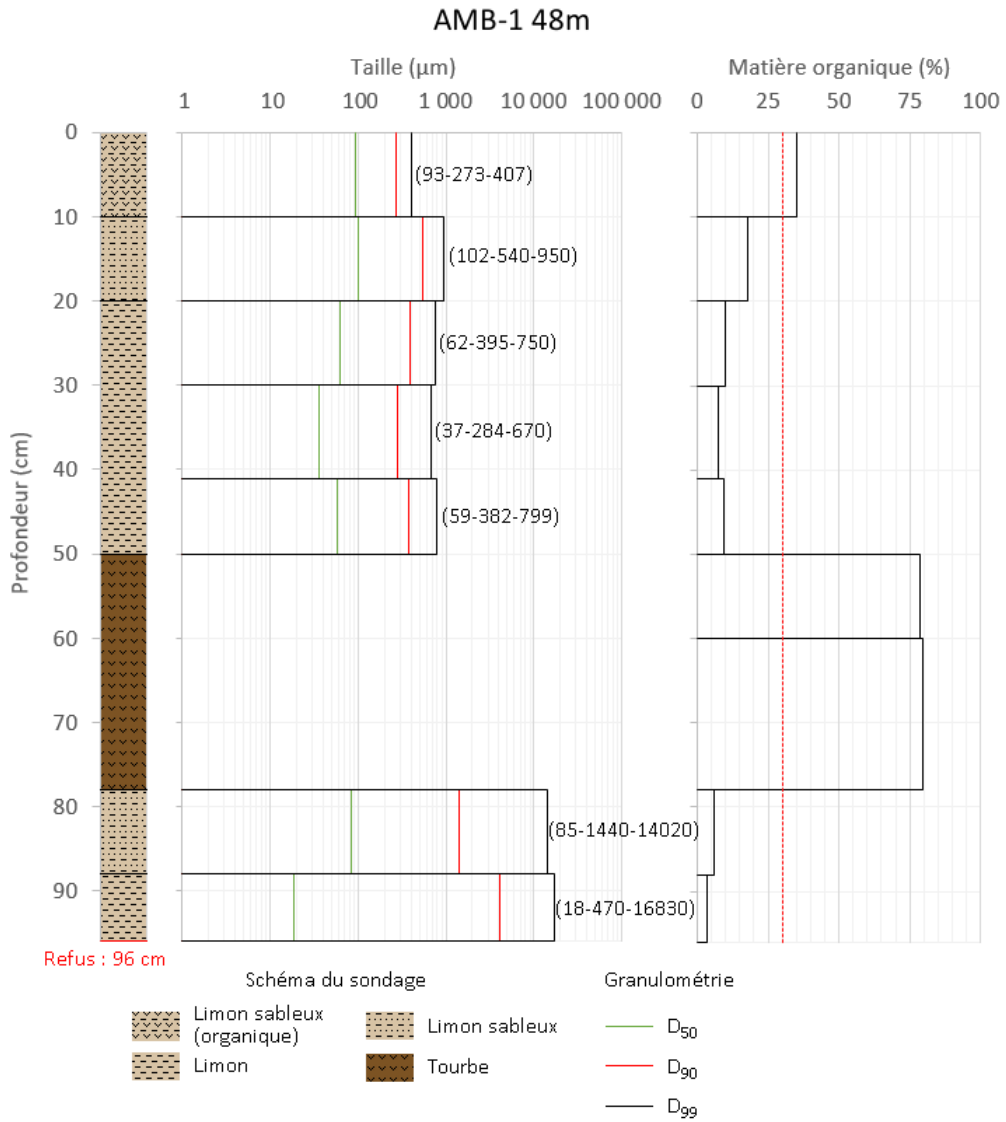


FIGURE 5.47 – AMB-1 48m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 530 m ; y : 119 631 m.

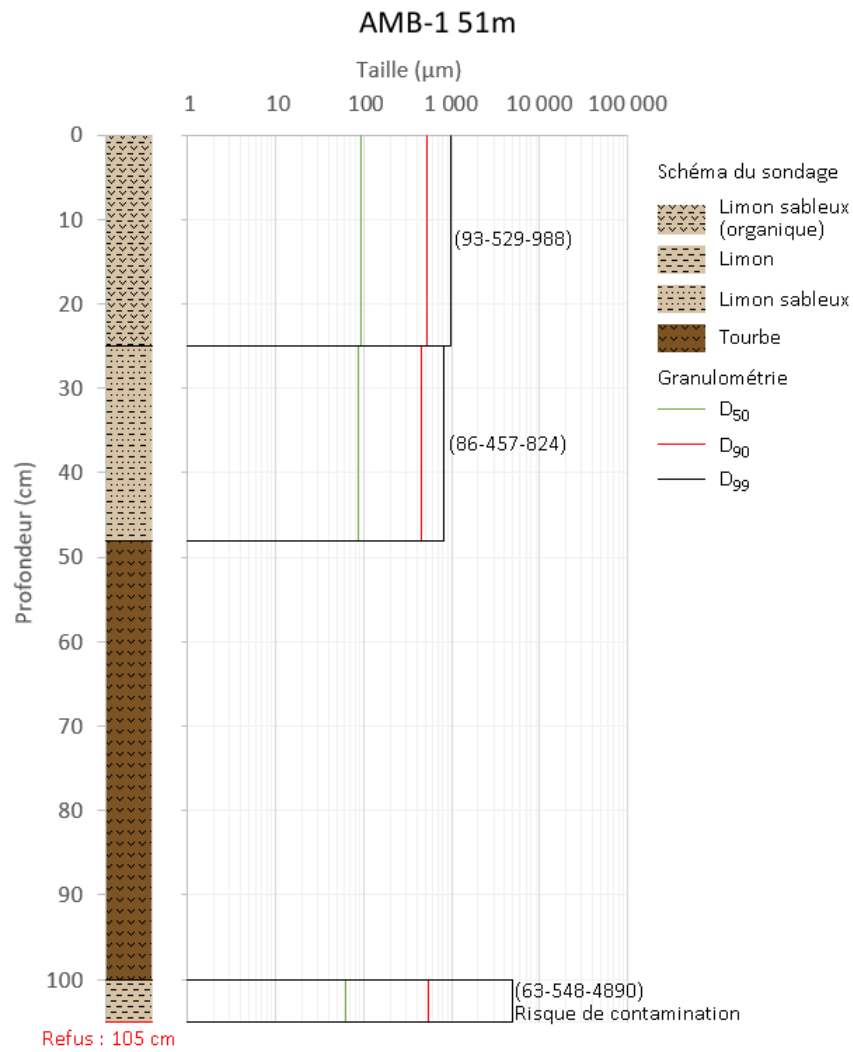


FIGURE 5.48 – AMB-1 51m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 528 m ; y : 119 633 m.

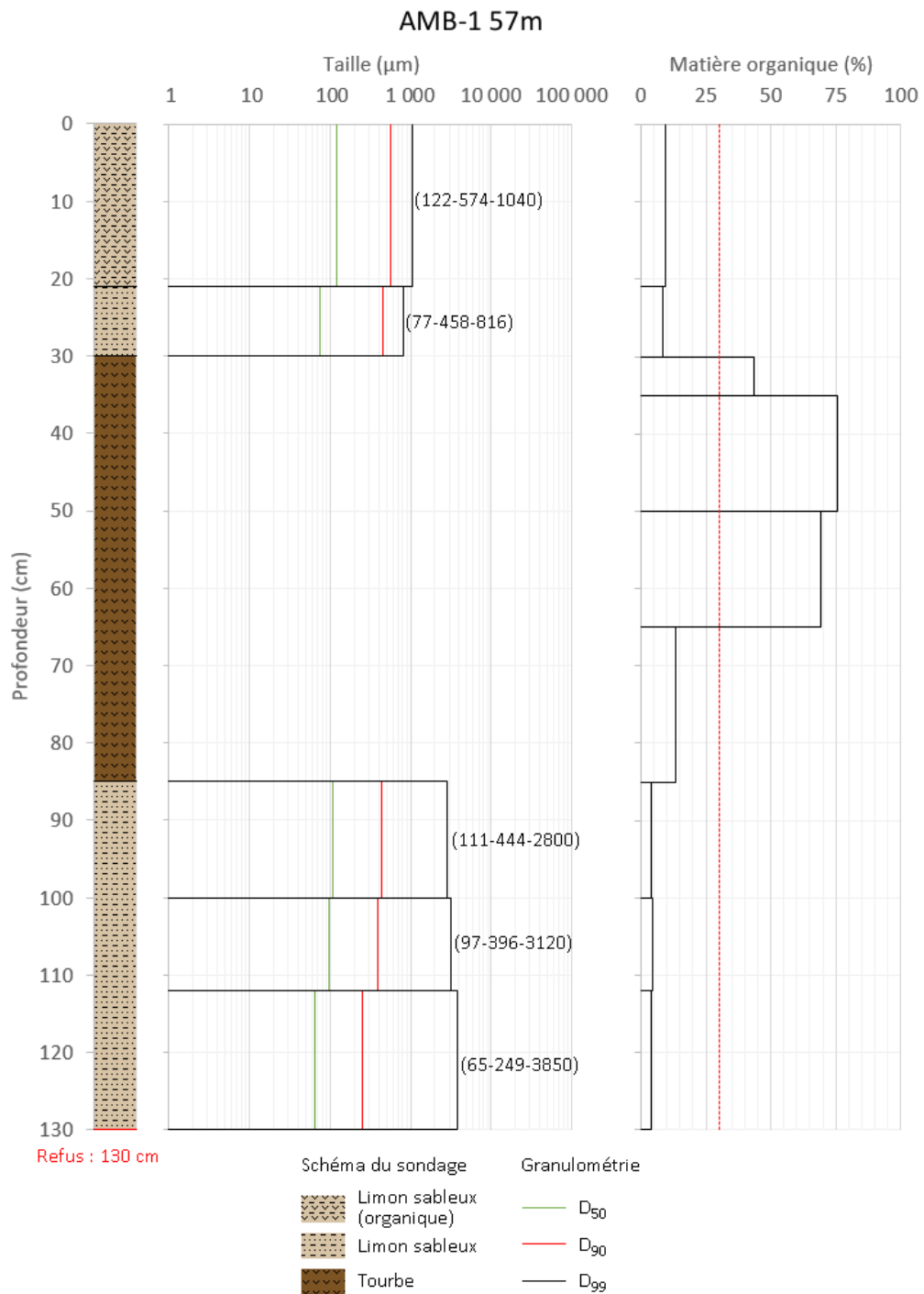


FIGURE 5.49 – AMB-1 57m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D_{50} , D_{90} et D_{99}). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 525 m ; y : 119 638 m.

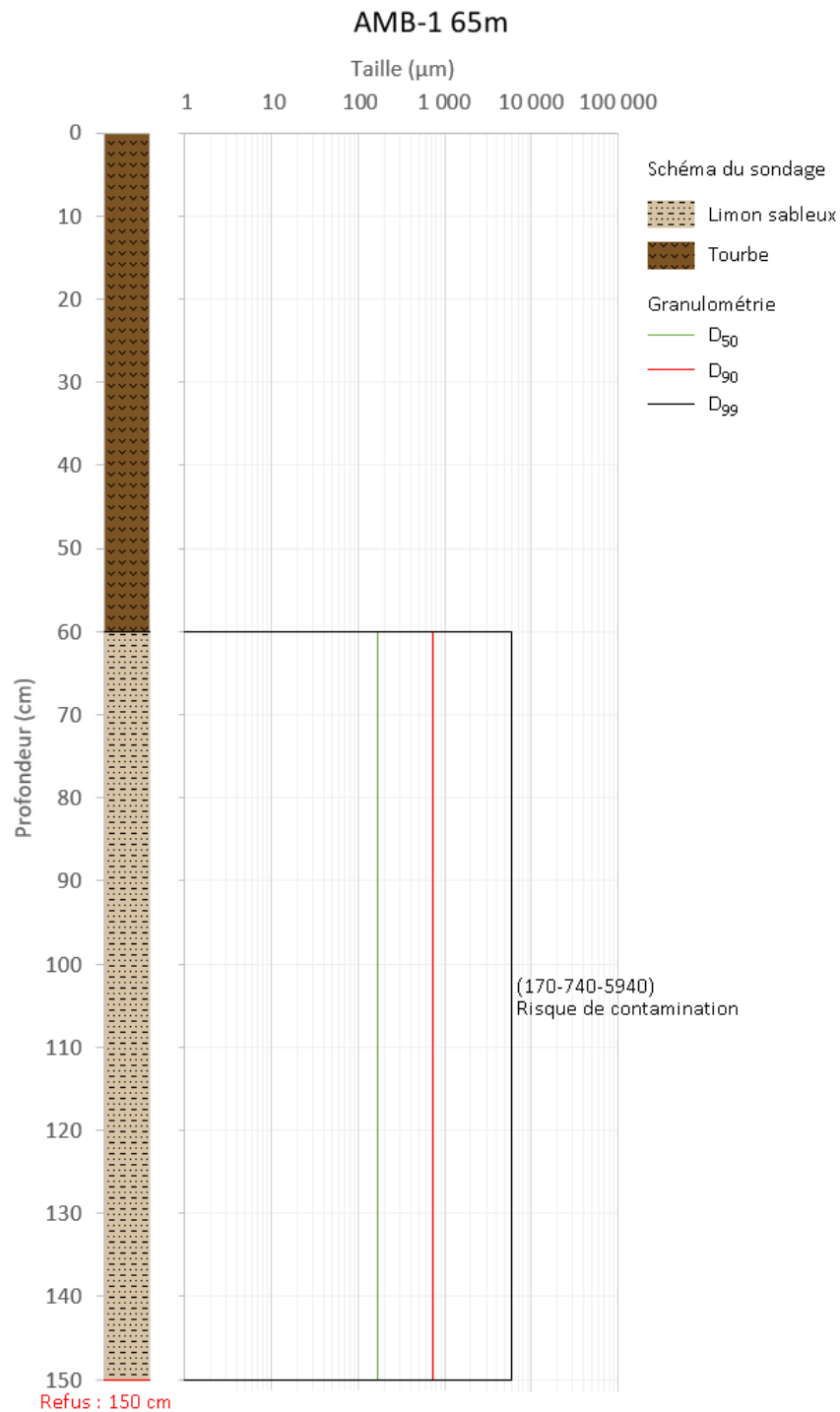


FIGURE 5.50 – AMB-1 65m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 522 m ; y : 119 645 m.

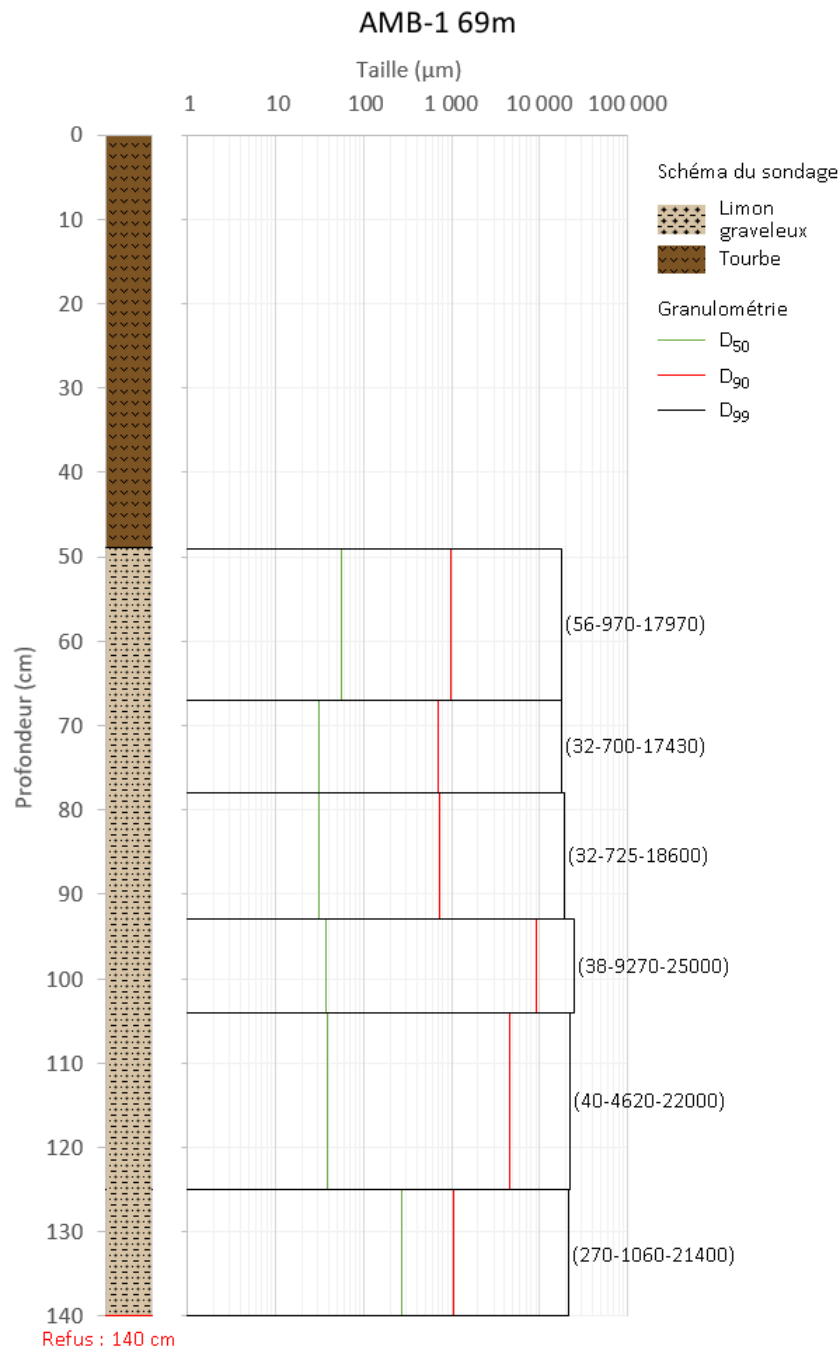


FIGURE 5.51 – AMB-1 69m : schéma du sondage et granulométrie des échantillons (D₅₀, D₉₀ et D₉₉). Coordonnées de la coupe (Lambert 72) : x : 272 520 m ; y : 119 649 m.

Image CM des échantillons

Au vu des observations précédentes, définir l'image CM de Passega des échantillons des sondages est utile. Celle-ci est présentée à la figure 5.52.

Les prélèvements de limons sableux correspondant probablement à des alluvions se groupent surtout au niveau du segment S-R, ce qui les classent comme étant des dépôts issus de suspension uniforme (« A » sur la figure).

Quatre échantillons sont des dépôts de sédiments transportés par roulage (« B » sur la figure), il s'agit des échantillons à la base des sondages 16m (2 échantillons), 20m et 23m.

Les groupes « C » et « D » de la figure 5.52 comptent surtout les prélèvements considérés comme des colluvions. Ils n'entrent pas dans la trame CM des rivières ardennaises, car ils n'ont pas été triés et n'ont pas connus de conditions de dépôts particulières : ils ont uniquement été transportés en masse par gravité. Les quelques échantillons d'alluvions présents dans ces ensembles correspondent, d'une part, aux niveaux intermédiaires (niveaux de transition entre les prélèvements appartenant aux groupes « A » et « B ») des sondages 16m, 20m et 23m et, d'autre part, aux échantillons de la base de 23m, 26m et 30m. Il est probable que ces couches correspondent au changement de type de sédimentation provoqué par l'aggradation de la plaine alluviale. Il est aussi possible que le D_{50} de ces échantillons soit influencé par la migration d'éléments provenant des niveaux supérieurs, de granulométrie plus fine.

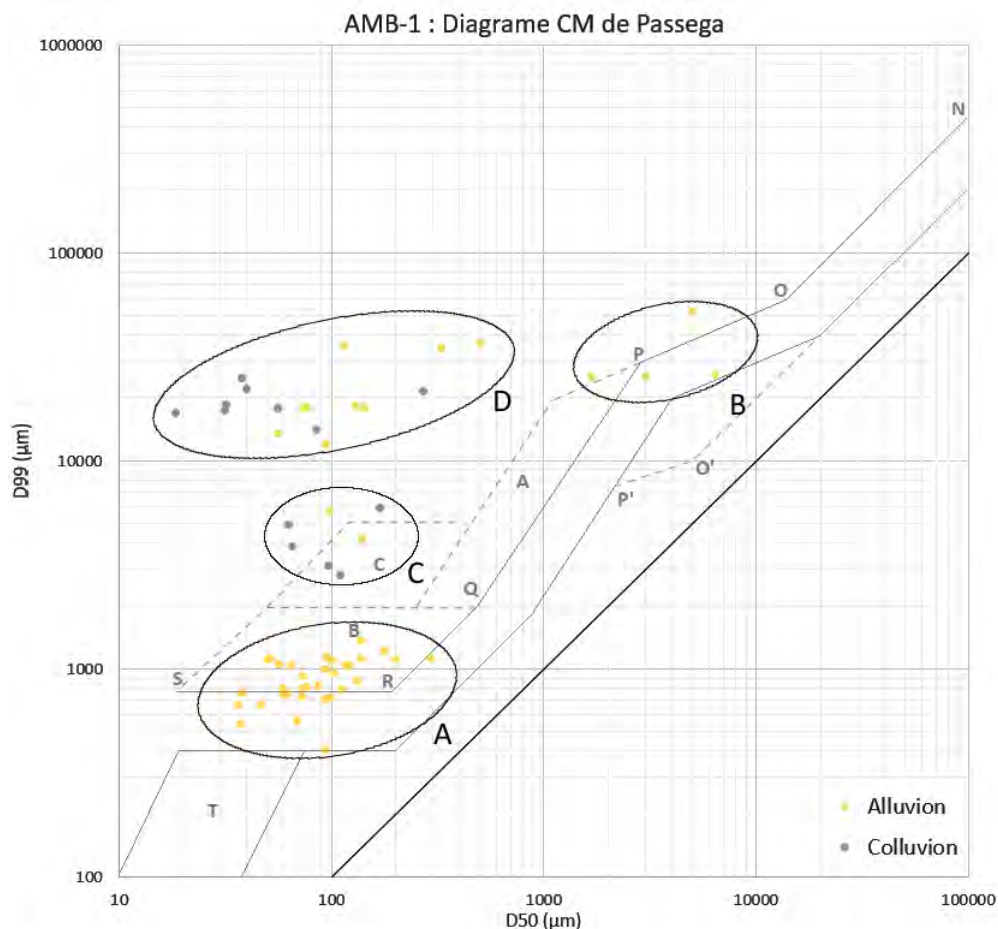


FIGURE 5.52 – AMB-1 : image CM de Passega des échantillons.
Trame de l'image CM des rivières ardennaises définie par Houbrechts *et al.* (2013).

Profil

Le profil AMB-1 synthétise les données obtenues sur base des sondages et du levé de la surface topographique (figure 5.53).

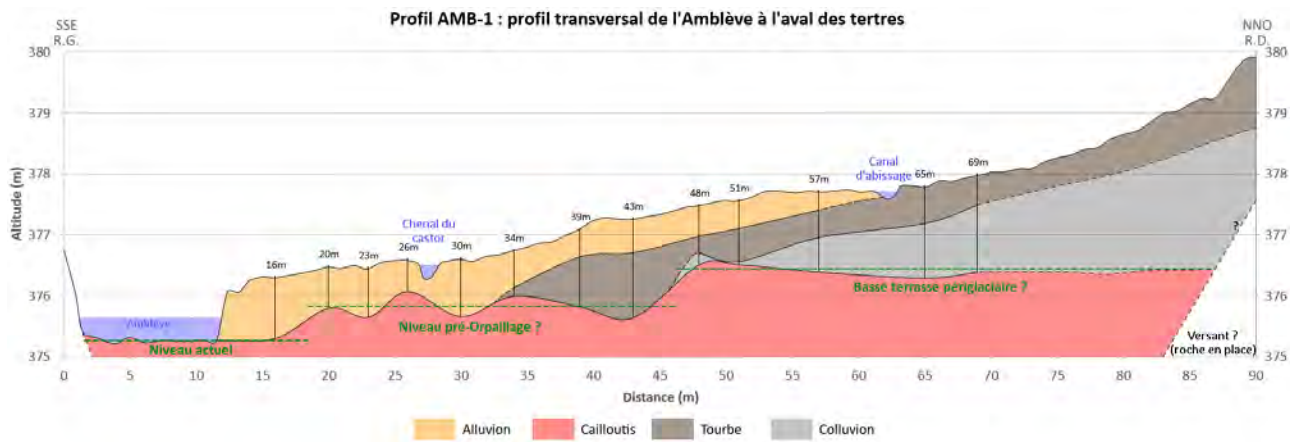


FIGURE 5.53 – AMB-1 Profil synthétique.

La limite du cailloutis définie sur base des refus des sondages semble définir trois niveaux :

- Depuis le versant en rive droite, le premier, situé à environ 376,5 m d'altitude, se situe 1 m plus haut que le lit actuel. Ce niveau pourrait correspondre à une basse terrasse périglaciaire car Denis (2010) ; ? a démontré que la plaine alluviale de la Lienne, dans des conditions analogues, s'est incisée de près de 1 m à la fin du Dryas récent. Une telle incision a aussi été observée par Houbrechts (2005).
- À une altitude moyenne de 375,8 m, un niveau fluctuant de cailloutis peut être identifié.
- Le dernier niveau (375,3 m d'altitude) correspond au cailloutis du lit actuel de l'Amblève.

Au dessus du cailloutis se trouve trois ensembles déjà définis lors de l'analyse des sondages :

- Des alluvions se retrouvent depuis l'Amblève jusqu'au canal d'abissage.
- Une couche tourbeuse d'environ 50 cm d'épaisseur se situe sous les alluvions, depuis le sondage 34m jusqu'au canal d'abissage, puis se prolonge en surface jusqu'au pied du versant.
- Des colluvions sont présentes sous la tourbe depuis le sondage 48m jusqu'à la fin du profil, ce qui correspond à la basse terrasse périglaciaire. Il est aussi possible que ce dépôt corresponde à des coulées de solifluxion survenues en contexte périglaciaire, avant le début de la turbification, à l'image des processus survenus sur la Lienne (Denis *et al.*, 2013).

Il est possible que le niveau de cailloutis intermédiaire corresponde à la position du cailloutis avant l'orpailage. Les activités d'orpailage auraient provoqué l'incision du lit d'environ 50 cm. Comme l'ont montré Knighton (1989) en Tasmanie ou Nelson & Church (2012) en Nouvelle-Angleterre à propos de l'orpailage au 19^e siècle, les rivières, après avoir connu une forte aggradation, s'incisent suite à l'arrêt de l'orpailage. En outre, les aménagements des orpailleurs sur le cours de l'Amblève et de ses affluents a pu créer un déficit en sédiments au début des activités, à l'image de ce que l'on observe aujourd'hui dans les rivières des Alpes du nord où les extractions de gravier dans les lits des rivières et les aménagements des cours d'eau ont provoqué une incision importante (entre 8 et 14 m) (Peiry *et al.*, 1994 ; Petit *et al.*, 1996).

Le lavage du cailloutis aurifère aurait pu provoqué la base des dépôts alluvionnaires. La distinction entre les dépôts des activités d'orpaillage et les alluvions ultérieures, correspondant aux défrichements du 12^e siècle (Houbrechts, 2005), ne semble pas possible sur base de nos observations. Il se peut que la végétation turfigène n'ait pu se redévelopper entre ces périodes de fortes sédimentations.

6 Conclusion

Au 19^e et 20^e siècle, les tertres d'orpaillage jalonnant certaines rivières de l'Ardenne sont peu à peu redécouverts par les érudits locaux. L'hypothèse avancée était qu'il s'agissait de tertres datant de l'époque celte. À la fin du 19^e siècle, une tentative de relance de l'exploitation est même initiée et des concessions aurifères délimitées, mais sans grand succès. En 1979, Dumont confirme qu'un tertre du Plateau des Tailles date de 320 ± 40 a cal BC et un autre, au Troufferie de Libin (Massif de Serpont), est de 20 ± 55 a cal BC.

Par ailleurs, sur la base de prospections de terrain, plusieurs auteurs, notamment Gillet (1970), Godfroid (1980) et Detaille & Van Eerdenbrugh (2014), ont établi des inventaires des tertres et formes liées à l'orpaillage.

Dans un premier temps, ce mémoire avait pour objectif de vérifier et compléter ces inventaires via l'analyse du MNT LIDAR (Hillshade) de la région wallonne. Les tertres encore visibles aujourd'hui ont été cartographiés et les sites d'exploitation ont été délimités.

L'inventaire répertorie 150 sites répartis entre la bordure sud-est du massif Cambrien de Stavelot, le massif de Serpont (Libramont), les bordures est des massifs de Rocroi et Givonne et la région de Suxy, au sud de Neufchâteau. Bien que l'or ardennais provienne de multiples sources (Detaille & Van Eerdenbrugh, 2014 ; Bruni & Hatert, 2017), la distribution géographique des sites montre que l'orpaillage semble avant tout concerner des zones situées dans des régions métamorphiques, majoritairement sur un substrat Lochkovien (anciennement appelé Gedinnien) ou sous son influence ainsi que sur le Praguien inférieur. La région de Suxy fait exception, ses tertres sont localisés sur le Praguien supérieur, loin des roches plus anciennes, montrent probablement une source d'or fillonienne liée à la faille d'Herbeumont.

Par dénombrement sur le LIDAR, les 150 sites compteraient un total de 3 235 tertres, couvrant une surface cumulée de $1,7 \text{ km}^2$, soit un volume total estimé de $1\,143\,095 \text{ m}^3$. Le diamètre moyen des tertres est de 26 m, mais il est extrêmement variable, allant de quelques mètres à plusieurs dizaines, suivant l'état de conservation. Les 78 sites de la Haute Amblève, secteur étudié par Godfroid (1980), comptent encore aujourd'hui le plus grand nombre de tertres et formes liées aux activités d'orpaillage.

La cartographie a permis de montrer que les activités d'orpaillage ont surtout été exécutées à proximité de la tête des bassins versants. Cette situation est probablement liée à la faible compétence des rivières à ces niveaux, limitant la dilution de l'or et favorisant son accumulation en place. De plus, les opérations d'excavations sont peu contraintes par le cours d'eau tout en permettant le lavage du sédiment aurifère.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à identifier dans les dépôts sédimentaires et les formes fluviales, si ces exploitations de l'époque celte avait eu un impact sur les cours d'eau ardennais.

En effet, d'après quelques études (Knighton, 1989 ; Nelson & Church, 2012 ; Lecce & Pavlowsky, 2014) menées en Amérique du Nord, en Australie et en Nouvelle-Zélande, les impacts de l'orpaillage du 19^e siècle ont été et sont non négligeables : d'importants volumes de sédiments ont été traités et accumulés en buttes ou relâchés dans les cours d'eau. Outre les perturbations locales engendrées, la mise en mouvement des sédiments a provoqué l'aggradation des lits et des changements de style fluvial. L'injection de grandes quantités de sédiments fins a également provoqué l'aggradation des plaines alluviales et une augmentation des taux de sédimentation.

Sur la base de notre inventaire, deux sites d'étude ont été choisis : la Rougerie, afin d'analyser l'impact de l'exploitation aurifère à l'échelle du site lui-même, et un secteur de la Haute Amblève, pour tenter d'observer l'impact en aval des sites.

Au niveau du site étudié sur la Rougerie, petit affluent en rive droite de la Salm à Salmchâteau, le cours d'eau s'écoule dans une tranchée, large d'une dizaine de mètres, bordée de une à deux rangées de tertres. L'analyse des différentes coupes a permis de définir le processus qui a conduit à la mise en place de ces morphologies observables aujourd'hui. Il apparaît que les orpailleurs ont tout d'abord creusé au centre de la vallée afin d'atteindre le cailloutis aurifère qui a été lavé pour extraire l'or. À la fin de ces activités, la tranchée produite par les excavations s'est peu à peu remblayée, ce qui montre que l'orpaillage s'est probablement poursuivi en direction de l'amont. La position d'un tertre, édifié au-dessus de dépôts d'aggradation, suggère une seconde phase d'exploitation. Les traces de paléo-chenaux de part et d'autres de la vallée sous-entendent que la rivière a été détournée, au moins partiellement, pendant l'activité.

Une analyse de la part de minéraux denses a été effectuée pour la fraction granulométrique 500-63 μm sur des échantillons de la Rougerie. Il semblerait que le matériel des tertres soit appauvri en minéraux denses. En outre, le taux des échantillons du lit actuel, plus élevé pour le cailloutis non-aurifère, semble montrer que du matériel remanié est injecté dans le cours d'eau. L'étude des parts de minéraux denses pourrait être intéressante dans l'étude des conséquences de l'orpaillage.

Plus en amont, une fosse, longue de 16 m pour 9 m de large, a également été étudiée. Le niveau de dépôts fins laisse penser qu'il s'agit d'un bassin de décantation peut-être utilisé par les orpailleurs afin de compenser le relatif manque d'eau de la zone, située en tête de bassin. Le lavage nécessite en effet de l'eau relativement claire et en quantité suffisante. Un niveau supérieur de limon est séparé du dépôt de décantation par une couche fortement organique. La datation du 15^e siècle de ce niveau limoneux suggère qu'il est issu des défrichements de la fin du Moyen Âge ou de la production de charbon de bois pour l'industrie sidérurgique naissante dans les vallées proches (Aisne, Liègne, etc.). L'orpaillage de la vallée étant présumé de la fin de l'époque celte, près de 1 800 ans d'accumulation aurait probablement laissé un niveau organique plus épais. Cependant, une source d'alimentation en sédiments est absente. Par conséquent, la fosse a probablement servi de bassin de décantation à une période tardive ou lors d'une tentative d'exploitation plus récente. Au sommet, un pavage formé de gros blocs est probablement la trace de la conversion de la fosse en abreuvoir.

Sur l'Amblève, l'étude s'est concentrée sur le site Amb-2, situé en rive gauche entre Ligneuville et Thirimont. Après observation de profils LIDAR et de la morphologie du site, les orpailleurs ont probablement commencé leurs activités au centre de la vallée, comme sur la Rougerie, puis auraient poursuivi sur le versant en rive gauche. Une tourbière ce serait ensuite développée entre les tertres et le front d'exploitation. Cependant, la datation d'une noisette de la base du sondage effectué dans cette tourbière nuance cette hypothèse de mise en place. Cette noisette, *a priori* contemporaine du niveau où elle a été découverte, date de 6567-6410a cal BP, soit près de 4 500 ans de plus que l'époque d'orpaillage présumée. Plus haut dans le sondage, des niveaux de sables et de silts interrompent la turbification et laissent penser qu'il pourrait s'agir de dépôts liés à l'orpaillage, ce qui démontrerait que le cailloutis au niveau du sondage n'a pas été exploité mais que l'orpaillage se serait plutôt concentré en amont. Un nouveau sondage plus en amont, à hauteur du front d'exploitation, permettrait de vérifier cette hypothèse. En outre, le niveau tourbeux se prolonge très probablement sous le tertre à proximité, ce qui permettrait aussi une datation de la période d'activité de ce site.

Un profil, constitué de 13 sondages, a été étudié 270 m en aval de Amb-2 afin d'identifier des niveaux sédimentaires associables à l'orpaillage de ce site, mais également des 75 autres sites localisés en amont dans le bassin. Malgré la présence de dépôts organiques intercalés dans les dépôts sédimentaires, il n'a malheureusement pas été possible d'atteindre cet objectif. En effet, faute de

macrorestes de qualité suffisante pour une datation ^{14}C , il n'a pas été possible de distinguer les dépôts alluviaux consécutifs à l'orpaillage des dépôts issus des défrichements de la fin du Moyen-Âge. Il est possible que la végétation turfigène n'ait pu se redévelopper après l'exploitation aurifère. Cependant, les trois niveaux de cailloutis, formant deux « basses terrasses », permettent de montrer l'effet éventuel de l'orpaillage. L'Amblève se serait exhaussée (phase d'agradation pendant la période de l'orpaillage) puis incisée, comme l'ont montré Knighton (1989) en Tasmanie et Nelson & Church (2012) en Nouvelle-Angleterre concernant les activités du 19^e siècle. Poursuivre les recherches, éventuellement dans d'autres secteurs, pourraient confirmer ou infirmer cette dernière hypothèse.

Références

- Asselberghs, E. (1999). *Carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines*. 1 :120 000. Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268.1/1154>
- Beugnies, A. (1985). Structure de l'aire anticlinale de l'Ardenne entre les méridiens de Bertrix et de Mohret. *Annales de la Société Géologique du Nord, CIV*(2), 87–95.
- Bonnet, S., Toromanoff, F., Bauwens, S., Michez, A., Dedry, L., & Lejeune, P. (2013). Principes de base de la télédétection et ses potentialités comme outil de caractérisation de la ressource forestière – II. LiDAR aérien. *Forêt Wallonne, 124*, 28–41. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268/150897>
- Bouezmarni, M., Denne, P., Hanson, A., & Debbaut, V. (2015). *Notice explicative de la Carte Hydrogéologique de Wallonie : Odeigne-Bihain 55/7-8*. Service Public de Wallonie, Direction générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGARNE-DGO 3). Consulté sur http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/document/Notice_5578.pdf
- Bruni, Y., & Hatert, F. (2017). Étude minéralogique de l'or et de ses minéraux accompagnateurs sur le pourtour du massif cambro-ordovicien de Serpont, Belgique. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 86*, 113–168. Consulté sur <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=7243&file=1>
- Cahen-Delhayé, A. (1977). Une date radiocarbone de la fortification de Salm-Château. *Archaeologia Belgica, Conspectus MCMLXXVI, 196*, 14.
- Capette, L., & Hallet, V. (2016). *Notice explicative de la Carte Hydrogéologique de Wallonie : Willerzie-Gedinne 63/3-4*. Service Public de Wallonie, Direction générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGARNE-DGO 3). Consulté sur http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/document/Notice_6334.pdf
- Cauuet, B. (1991). L'exploitation de l'or en Limousin, des Gaulois aux Gallo-Romains. *Annales du Midi : revue archéologique, historique et philologique de la France méridionale, 103*(194), 149–181. Consulté sur http://www.persee.fr/doc/anami_0003-4398_1991_num_103_194_2292 doi: 10.3406/anami.1991.2292
- Cauuet, B. (2004). *L'or des Celtes du Limousin*. Archéologie. Culture & Patrimoine en Limousin.
- Clement, A. J. H., Nováková, T., Hudson-edwards, K. A., Fuller, I. C., Macklin, M. G., Fox, E. G., & Zapico, I. (2017). The environmental and geomorphological impacts of historical gold mining in the Ohinemuri and Waihou river catchments, Coromandel, New Zealand. *Geomorphology, 295*, 159–175. doi: 10.1016/j.geomorph.2017.06.011
- De Rauw, H. (1913). L'or en Ardenne (1ère note). *Annales de la Société Géologique de Belgique, XL*, B104–B114.
- De Rauw, H. (1920). Les alluvions aurifères de la Haute Belgique. *Annales de la Société Géologique de Belgique, XLIII*, B270–B278.
- de Bethune, P. (1954). Carte géologique de Belgique. In 1 :500 000. *Atlas de Belgique, Institut géographique Militaire*. (Planche 8)

- Demoulin, A. (1995). *L'Ardenne, essai de géographie physique. Hommage au professeur Albert Pissart* (A. Demoulin, Ed.). Publication du Département de Géographie physique et Quaternaire de l'Université de Liège.
- Demoulin, A. (2016). Méthodes de datation applicables au Quaternaire. In A. Demoulin (Ed.), *Géomorphologie et géologie du quaternaire : note de cours* (p. 6-32).
- Denis, A. C. (2010). *Étude de la dynamique de la plaine alluviale de la lienne et des conditions de sédimentation dans la tourbière des prés de neucy*. Mémoire de master en science géographique, Liège, Université de Liège, inédit.
- Denis, A. C., Wastiaux, C., Petit, F., Leclercq, L., Juvigné, E., Van Campenhout, J., & Houbrechts, G. (2013). Reconstitution de la dynamique d'une rivière ardennaise (La Lienne) depuis le Tardiglaciaire grâce à l'analyse géomorphologique et chronostratigraphique d'une tourbière de fond de vallée. *Geomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, 19(2), 133–152. doi: 10.4000/geomorphologie.10187
- Detaille, J., & Van Eerdenbrugh, B. (2014). *Les miettes des miettes... Chercheurs d'Or en Belgique*. Autoédition.
- Dewalque, G. (1896). Découverte de l'or en Ardenne. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, XXIII, XLIII–XLIV.
- Dewalque, G. (1897). L'exploitation de l'or en Ardenne. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, XXIV, XXXII.
- Dhindsa, H. S., Battle, A. R., & Prytz, S. (2003). Environmental emission of mercury during gold mining by Amalgamation process and its impact on soils of Gympie, Australia. *Pure and Applied Geophysics*, 160(1-2), 145–156. doi: 10.1007/s00024-003-8770-y
- Dilabio, R. N. W. (1990). Classification and Interpretation of the Shapes and Surface Textures of Gold Grains From Till On the Canadian Shield. In Geological Survey of Canada (Ed.), *Current research part c, canadian shield / recherches en cours partie c, bouclier canadien* (Vol. 90-1C, p. 323-329).
- Domergue, C., Serneels, V., Cauuet, B., Pailler, J.-m., & Orzechowski, S. (2006). Mines et métallurgies en Gaule à la fin de l'âge du Fer et à l'époque romaine. In *Celtes et gaulois, l'archéologie face à l'histoire, 5 : La romanisation et la question de l'héritage celtique* (pp. 131–162).
- ESRI. (2018). *ArcGIS for Desktop : ArcMap : Fonctionnement de Voisin naturel*. Environmental Systems Research Institute, Redlands (États-Unis). Consulté sur <http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-natural-neighbor-works.htm> (le 13/06/2018)
- Geukens, F. (1963a). *Carte Géologique de la Belgique, Stavelot-Malmédy 160*. 1 :25000. Institut Géographique Militaire. Consulté sur <https://donum.uliege.be/handle/2268.1/1175>
- Geukens, F. (1963b). *Texte explicatif de la feuille Stavelot-Malmédy. 160*. Carte Géologique de la Belgique à l'échelle 1/25.000. Consulté sur <https://donum.uliege.be/handle/2268.1/1175>
- Geukens, F. (1999). *Révision de la carte géologique du Massif de Stavelot*. 1 :102 000. Société Géologique de Belgique. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268.1/1163>
- Gillet, J.-C. (1970). Les gisements aurifères de Belgique. *Bulletin de la Société Royale Belge d'Études Géologiques et Archéologiques*, XXI, 121–163.

- Godfroid, J. (1980). *Étude géomorphologique des vestiges d'orpaillage dans le bassin de la haute amblève*. Mémoire de licence en science géographique, Liège, Université de Liège, inédit.
- Grailet, L. (1998). *De l'or en Ardenne*. Grailet, Tongres.
- Houbrechts, G. (2005). *Utilisation des macroscories et des scories en dynamique fluviale : application aux rivières du massif ardennais (Belgique)*. Thèse de doctorat en Sciences Géographiques, Liège, Université de Liège, inédit.
- Houbrechts, G., Hallot, E., Denis, A.-C., Van Campenhout, J., Peeters, A., & Petit, F. (2013). Images CM de Passega des rivières ardennaises. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 61, 37–68. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268/166578>
- Houbrechts, G., & Weber, J.-P. (2007). La sidérurgie proto-industrielle dans le bassin de la Lienne. *De la Meuse à l'Ardenne*, 39, 34–63. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268/38280>
- Knighton, A. D. (1989). River adjustments to changes in sediment load : The effects of tin mining on the Ringarooma River, Tasmania. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14, 333–359. doi: 10.1002/esp.3290140408
- Konig, C. (2015). 7 - L'or en France. In *Dossier : L'or, la magie des alchimistes*. Futura : Futura Planète. Consulté sur <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/geologie-or-magie-alchimistes-686/page/7/> (le 18/07/2018)
- Lecce, S. A., & Pavlowsky, R. T. (2014). Geomorphology Floodplain storage of sediment contaminated by mercury and copper from historic gold mining at Gold Hill , North Carolina , USA. *Geomorphology*, 206, 122–132. Consulté sur <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.10.004> doi: 10.1016/j.geomorph.2013.10.004
- Nelson, A. D., & Church, M. (2012). Placer mining along the Fraser River, British Columbia : The geomorphic impact. *Bulletin of the Geological Society of America*, 124(June), 1212–1228. doi: 10.1130/B30575.1
- Nonnon, M. (1984). Découverte de monazite grise en nodules et d'or alluvionnaire dans le Massif de la Croix-Scaille. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 93(4), 307–314.
- Peiry, J.-L., Salvador, P.-g., & Nouguié, F. (1994). L'incision des rivières dans les Alpes du nord : état de la question / River incision in the Northern French Alps. *Revue de géographie de Lyon*, 69(1), 47–56. doi: 10.3406/geoca.1994.4237
- Petit, F., Hallot, E., & Houbrechts, G. (2005). Évaluation des puissances spécifiques de Rivières de moyenne et de haute Belgique. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 46, 37–50. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268/25625>
- Petit, F., Hallot, E., Houbrechts, G., Levecq, Y., Mols, J., Peeters, A., & Van Campenhout, J. (2007). La typologie et les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau wallons. In *La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique* (pp. 7–16). Consulté sur <http://hdl.handle.net/2268/40148>
- Petit, F., Poinart, D., & Bravard, J.-P. (1996). Channel incision , gravel mining and bedload transport in the Rhône river upstream of Lyon , France (" canal de Miribel "). *Catena*, 26(3-4), 209–226.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., ... van der Plicht, J. (2013a). IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 55(04), 1869–1887. Consulté sur <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/radiocarbon/article/download/16947/pdf> doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947

- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Ramsey, C. B., ... van der Plicht, J. (2013b). IntCal13 Supplemental Data. *Radiocarbon*, 55(4), 1–25. Consulté sur <http://www.radiocarbon.org/IntCal13.htm>
- Ruiz del Árbol Moro, M., Sánchez-Palencia Ramos, F. J., Sastre Prats, I., & Orejas Saco del Valle, A. (2014). Water networks of Roman gold mines of Northwestern Iberian Peninsula. *Water History*, 6(1), 95–113. Consulté sur <http://link.springer.com/10.1007/s12685-014-0100-z> doi: 10.1007/s12685-014-0100-z
- Rydin, H., & Jeglum, J. (2006). *The biology of peatlands*. Oxford University Press, Oxford.
- Service public de Wallonie. (2015). *Relief de la Wallonie 2013-2014 : Rapport de Production*. Consulté sur http://metawal.wallonie.be/geonetwork/srv/fre/resources.get?uuid=6029e738-f828-438b-b10a-85e67f77af92&fname=Relief_Wallonie_2013_2014__Rapport_production.pdf&access=private
- U.S. Geological Survey. (2018). *Mineral Commodity Summaries : 2018* (Rapport technique). U.S. Geological Survey. Consulté sur <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2018/mcs2018.pdf> doi: 10.3133/70194932
- Vandenvén, G. (1990). Explications de la carte géologique du synclinorium de l’Eifel (région de Gouvy-Sankt-Vith-Elsenborn). *Annales de la Société Géologiques de Belgique*, 113(2), 103–113. Consulté sur <https://popups.uliege.be:443/0037-9395/index.php?id=1350>
- Viladevall Solé, M. (2005). *La prospección de placeres de oro y otros minerales densos*. Edicions i Publicacions de la Universitat de Barcelona. Universita de Barcelona. Consulté sur <http://hdl.handle.net/2445/321> doi: 10.1344/101.000000130
- Wavreille, B. (1987). *Contribution à l’étude géomorphologique du Massif de Serpont. Les vestiges d’orpailages dans le bassin de la Lomme supérieure*. Mémoire de licence en science géographique, Liège, Université de Liège, inédit.
- Willbold, M., Elliott, T., & Moorbath, S. (2011). The tungsten isotopic composition of the Earth’s mantle before the terminal bombardment. *Nature*, 477, 195–198. doi: 10.1038/nature10399

A Inventaire

ID	Secteur	Coordonnées		Cours d'eau			Époque	Longueur (m)	Surface (m²)	Nombre de terres	Surface moyenne terre (m²)	Diamètre moyen terre (m)	Volume moyen terre (m³)	Volume total terres (m³)	Or extrait (kg)	ID Godfroid	Source
		X (m)	Y (m)	Nom	B. V. (km²)	Ob (m³/s)											
Amb-1	Haute Amblève	271559	119494	Amblève	130,6	15,49	11,18	113	733	2	367	22	244	489	0,1	A1	Godfroid (1980)
Amb-2	Haute Amblève	272937	119934	Amblève	127,8	15,17	11,06	968	25024	52	481	25	321	16683	4,0	A2	Godfroid (1980)
Amb-3	Haute Amblève	273873	120323	Amblève	125,0	14,84	10,94	127	816	3	272	19	181	544	0,1	A3g	Godfroid (1980)
Amb-4	Haute Amblève	273947	120334	Amblève	125,0	14,84	10,94	194	1304	29	45	8	30	869	0,2	A3d	Godfroid (1980)
Amb-5	Haute Amblève	274367	119849	Amblève	116,4	13,84	10,57	529	11016	20	551	26	367	7344	1,8	A4	Godfroid (1980)
Amb-6	Haute Amblève	274461	119533	Amblève	116,1	13,81	10,55	125	928	3	309	20	206	619	0,1	A5	Godfroid (1980)
Amb-7	Haute Amblève	274658	119292	Amblève	116,1	13,81	10,55	530	11196	29	386	22	257	7464	1,8	A6	Godfroid (1980)
Amb-8	Haute Amblève	275372	117422	Amblève	78,8	9,47	8,73	184	2001	4	500	25	334	1334	0,3	A7	Godfroid (1980)
Amb-9	Haute Amblève	275454	117352	Amblève	78,8	9,47	8,73	301	3952	11	359	21	239	2634	0,6	A8g	Godfroid (1980)
Amb-10	Haute Amblève	275530	117402	Amblève	78,6	9,45	8,72	62	241	1	241	18	160	160	0,04	A8d	Godfroid (1980)
Emm-1	Haute Amblève	275109	117400	Emmels	30,9	3,81	5,53	164	1583	5	317	20	211	1056	0,3	E1	Godfroid (1980)
Emm-2	Haute Amblève	274826	116804	Emmels	30,6	3,76	5,50	100	589	2	294	19	196	392	0,1	E2	Godfroid (1980)
Emm-3	Haute Amblève	274775	116592	Emmels	30,5	3,75	5,49	587	12536	28	448	24	298	8358	2,0	E3	Godfroid (1980)
Emm-4	Haute Amblève	274590	115332	Emmels	21,2	2,64	4,59	789	25516	8	3189	64	2126	17010	4,1	E4	Godfroid (1980)
Emm-5	Haute Amblève	275262	113425	Emmels	9,8	1,24	3,15	123	911	4	228	17	152	608	0,1	E5	Godfroid (1980)
Emm-6	Haute Amblève	275029	113255	Emmels	9,6	1,22	3,12	586	9307	31	300	20	200	6205	1,5	E6	Godfroid (1980)
Lad-1	Haute Amblève	274585	116097	Ladebach	5,1	0,66	2,29	543	16101	26	619	28	413	10734	2,6	L14	Godfroid (1980)
Lad-2	Haute Amblève	274117	115914	Ladebach	5,1	0,66	2,29	1443	77840	181	430	23	287	51893	12,5	L11/L12/L13	Godfroid (1980)
Lad-3	Haute Amblève	273705	115695	Ladebach	4,6	0,59	2,18	636	13370	57	235	17	156	8913	2,1	L8/L9/L10	Godfroid (1980)
Lad-4	Haute Amblève	273457	115569	Ladebach	4,1	0,53	2,05	492	12713	17	748	31	409	8475	2,0	L7	Godfroid (1980)
Lad-5	Haute Amblève	272771	114947	Ladebach	3,3	0,43	1,86	877	10629	10	1063	37	709	7086	1,7	L6	Godfroid (1980)
Lad-6	Haute Amblève	272359	114610	Ladebach	2,9	0,38	1,73	751	18390	34	541	26	361	12260	2,9	L4/L5	Godfroid (1980)
Lad-7	Haute Amblève	272037	114372	Ladebach	2,4	0,31	1,57	1126	40376	41	985	35	657	26917	6,5	L3	Godfroid (1980)
Lad-8	Haute Amblève	271922	114099	Ladebach	1,6	0,22	1,31	185	1867	6	311	20	207	1245	0,3	L2	Godfroid (1980)
Lad-9	Haute Amblève	271790	113976	Ladebach	1,3	0,17	1,16	162	1157	3	386	22	257	772	0,2	L1	Godfroid (1980)
Ond_a-1	Haute Amblève	274314	121009	Raux de Onderval	4,4	0,57	2,14	192	1396	3	465	24	310	930	0,2	O1	Godfroid (1980)
Ond_b-1	Haute Amblève	274442	120428	Raux de Onderval	2,4	0,32	1,58	318	3978	15	265	18	177	2652	0,6		
Ond_b-2	Haute Amblève	274517	120575	Raux de Onderval	1,8	0,23	1,36	322	3990	15	266	18	177	2660	0,6		
Ond_b-3	Haute Amblève	275640	121221	Raux de Onderval	0,7	0,10	0,87	526	12789	28	457	24	304	8526	2,0	Aa1	Godfroid (1980)
Ond_b-4	Haute Amblève	276124	121520	Raux de Onderval	0,01	0,002	0,12	110	740	18	41	7	27	493	0,1		
Sch-1	Haute Amblève	275876	117381	Schinderbach	8,0	1,03	2,86	521	15672	12	1306	41	871	10448	2,5		
Sch-2	Haute Amblève	276213	117731	Schinderbach	7,8	1,00	2,82	566	13233	10	1323	41	882	8822	2,1		
Sch-3	Haute Amblève	276280	117961	Schinderbach	7,7	0,98	2,80	415	8760	4	2190	53	1460	5840	1,4	51	Godfroid (1980)
Sch-4	Haute Amblève	276251	118160	Schinderbach	7,5	0,95	2,76	301	4564	6	761	31	507	3042	0,7		
Sch-5	Haute Amblève	276210	118293	Schinderbach	6,9	0,88	2,66	256	3118	2	1559	45	1039	2079	0,5	52	Godfroid (1980)
Sch-6	Haute Amblève	276229	118386	Schinderbach	6,9	0,88	2,65	67	273	2	136	13	91	182	0,0	53	Godfroid (1980)
Sch-7	Haute Amblève	276252	118419	Schinderbach	6,9	0,88	2,65	116	635	3	212	16	141	423	0,1		
Sch-8	Haute Amblève	276223	118474	Schinderbach	6,9	0,88	2,65	173	1101	8	138	13	92	734	0,2	54	Godfroid (1980)
Sch-9	Haute Amblève	276270	118850	Schinderbach	6,7	0,86	2,62	966	26892	21	1281	40	854	17928	4,3	S6/S7	Godfroid (1980)
Sch-10	Haute Amblève	276380	119120	Schinderbach	5,9	0,76	2,47	84	419	6	70	9	47	279	0,1	58	Godfroid (1980)
Sch-11	Haute Amblève	276478	119370	Schinderbach	5,8	0,75	2,44	666	16078	54	298	19	189	10718	2,6	59	Godfroid (1980)
Sch-12	Haute Amblève	276744	119724	Schinderbach	4,7	0,61	2,21	790	15627	55	284	19	189	10418	2,5	510	Godfroid (1980)
Sch-13	Haute Amblève	277007	119962	Schinderbach	2,8	0,37	1,71	425	6831	19	360	21	240	4554	1,1		
Sch-14	Haute Amblève	277133	120099	Schinderbach	2,7	0,36	1,68	237	2938	9	326	20	218	1959	0,5		
Sch-15	Haute Amblève	277366	120170	Schinderbach	2,3	0,30	1,55	322	4922	13	379	22	252	3281	0,8		

ID	Secteur	Coordonnées		Cours d'eau				Époque	Longueur (m)	Surface (m ²)	Nombre de terres	Surface moyenne terre (m ²)	Diamètre moyen terre (m)	Volume moyen terre (m ³)	Volume total terres (m ³)	Or extrait (kg)	ID Godfroid	Source
		X (m)	Y (m)	Nom	B. V. (km ²)	Qb (m ³ /s)	w (m)											
Sch-16	Haute Amblève	277533	120264	Schinderbach	2,1	0,27	1,48	Ancien	200	1876	5	375	22	250	1251	0,3		
Sch-17	Haute Amblève	277753	120417	Schinderbach	1,9	0,25	1,40	Ancien	629	7210	27	267	18	178	4807	1,2		
Sch-18	Haute Amblève	278065	120660	Schinderbach	1,2	0,16	1,14	Ancien	409	2976	24	124	13	83	1984	0,5		
Sch_a-1	Haute Amblève	276452	119635	Schinderbach A	0,8	0,11	0,92	Ancien	1095	30047	136	221	17	147	20032	4,8	Sa1/Sa2	Godfroid (1980)
Sch_a-2	Haute Amblève	276286	120011	Schinderbach A	0,2	0,03	0,47	Ancien	562	7342	23	319	20	213	4895	1,2	Sa3	Godfroid (1980)
Sch_b-1	Haute Amblève	276883	119950	Schinderbach B	1,6	0,21	1,29	Ancien	559	10314	35	295	19	196	6876	1,7	Sb1	Godfroid (1980)
Sch_b-2	Haute Amblève	276819	120364	Schinderbach B	1,5	0,20	1,25	19e siècle	1061	31314	54	580	27	387	20876	5,0	Sb2	Godfroid (1980)
Sch_b-3	Haute Amblève	276794	120705	Schinderbach B	0,9	0,12	0,99	Ancien	572	12311	60	205	16	137	8207	2,0	Sb3	Godfroid (1980)
Pot-1	Haute Amblève	268247	114051	Ru de Poteau	5,9	0,76	2,47	19e siècle	342	4958	10	496	25	331	3305	0,8	Ra1	Godfroid (1980)
Pot-2	Haute Amblève	268154	113884	Ru de Poteau	5,9	0,76	2,46	19e siècle	130	995	10	99	11	66	663	0,2	Ra2	Godfroid (1980)
Pot-3	Haute Amblève	268105	113716	Ru de Poteau	5,9	0,76	2,45	Inconnue	100	659	6	110	12	73	439	0,1		
Pot-4	Haute Amblève	268167	113842	Ru de Poteau	5,8	0,75	2,44	19e siècle	217	2271	9	252	18	168	1514	0,4	Ra3	Godfroid (1980)
Pot-5	Haute Amblève	268050	113613	Ru de Poteau	5,8	0,75	2,44	Inconnue	368	5560	4	1390	42	927	3706	0,9		
Rec-1	Haute Amblève	268678	114479	Rechterbach	19,1	2,38	4,36	Ancien	457	7131	30	238	17	158	4754	1,1	R1	Godfroid (1980)
Rec-2	Haute Amblève	268376	112924	Rechterbach	10,8	1,36	3,30	Ancien	335	4600	8	575	27	383	3067	0,7	R2	Godfroid (1980)
Rec-3	Haute Amblève	268791	112431	Rechterbach	10,4	1,32	3,24	19e siècle	187	2130	5	426	23	284	1420	0,3	R4	Godfroid (1980)
Rec-4	Haute Amblève	268859	112309	Rechterbach	10,4	1,31	3,24	Ancien	362	7309	23	318	20	212	4872	1,2	R5	Godfroid (1980)
Rec-5	Haute Amblève	268872	112093	Rechterbach	6,0	0,77	2,48	Ancien	740	20260	20	1013	36	675	13507	3,2	R6	Godfroid (1980)
Rec-6	Haute Amblève	268788	111533	Rechterbach	5,3	0,69	2,34	20e siècle	1101	43652	68	642	29	428	29101	7,0	R8/R9	Godfroid (1980)
Rec-7	Haute Amblève	268802	111046	Rechterbach	4,3	0,55	2,10	Ancien	187	1992	3	664	29	443	1328	0,3	R10	Godfroid (1980)
Rec-8	Haute Amblève	268763	110820	Rechterbach	4,2	0,55	2,09	Ancien	705	17890	15	1193	39	795	11926	2,9	R11	Godfroid (1980)
Rec_b-1	Haute Amblève	269532	112309	Rechterbach de Steinborn	2,6	0,34	1,65	Ancien	1452	45638	76	600	28	400	30425	7,3	Rb1/Rb2 avel	Godfroid (1980)
Rec_b-2	Haute Amblève	269992	112282	Rechterbach de Steinborn	2,1	0,28	1,50	Ancien	722	14605	26	562	27	374	9737	2,3	Rb2 amont	Godfroid (1980)
Rec_b-3	Haute Amblève	270262	112252	Rechterbach de Steinborn	1,7	0,23	1,34	Ancien	418	9751	12	813	32	542	6500	1,6	Rb3	Godfroid (1980)
War-1	Haute Amblève	277008	123089	Warchenne	1,8	0,24	1,39	Ancien	361	5608	7	801	32	534	3739	0,9	W1	Godfroid (1980)
War-2	Haute Amblève	277217	123123	Warchenne	1,6	0,22	1,31	Ancien	117	795	5	159	14	106	530	0,1		
War-3	Haute Amblève	277532	123075	Warchenne	1,0	0,14	1,04	Ancien	596	11814	21	563	27	375	7876	1,9	W4	Godfroid (1980)
Gol-1	Haute Amblève	276874	122849	Goldbach	0,4	0,05	0,64	19e siècle	338	7067	23	307	20	205	4711	1,1	G1	Godfroid (1980)
Gol-2	Haute Amblève	276860	122699	Goldbach	0,3	0,04	0,55	19e siècle	302	5658	10	566	27	377	3772	0,9	G2	Godfroid (1980)
Gol-3	Haute Amblève	276822	122620	Goldbach	0,3	0,04	0,54	19e siècle	563	11085	92	120	12	80	7390	1,8	G3	Godfroid (1980)
Gol-4	Haute Amblève	276835	122535	Goldbach	0,2	0,03	0,51	19e siècle	494	6136	30	205	16	136	4091	1,0	G4	Godfroid (1980)
Gol-5	Haute Amblève	276794	122486	Goldbach	0,2	0,03	0,51	Inconnue	361	7727	45	172	15	114	5151	1,2	G5	Godfroid (1980)
Gol-6	Haute Amblève	276673	122475	Goldbach	0,2	0,03	0,50	Inconnue	435	7466	25	299	20	199	4978	1,2		

ID	Secteur	Coordonnées		Cours d'eau				Époque	Longueur (m)	Surface (m ²)	Nombre de terres	Surface moyenne (m ²)	Diamètre moyen (m)	Volume moyen terre (m ³)	Volume total terres (m ³)	Or extrait (kg)	ID Godfroid	Source
		X (m)	Y (m)	Nom	B. V. (km ²)	Qb (m ³ /s)	w (m)											
Sak-1	Salm	258568	116108	Salm	195,4	22,93	13,61	Ancien	493	9184	19	483	322	6122	1,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Sak-2	Salm	259038	114704	Salm	176,2	20,73	12,94	Ancien	649	13316	21	634	423	8877	2,1		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Got-1	Salm	258155	112836	La Gottale	4,2	0,55	2,09	Ancien	338	5627	9	625	417	3751	0,9		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Got-2	Salm	258143	112735	La Gottale	4,2	0,55	2,09	Ancien	389	8324	15	555	370	5549	1,3		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Tin-1	Salm	266003	110600	Rau de Tinsubois	2,8	0,36	1,70	Ancien	709	16492	14	1178	785	10995	2,6	T1	Godfroid (1980)	
Rou-1	Salm	261653	107002	La Rougerie	3,1	0,40	1,79	Ancien	439	9725	17	572	381	6483	1,6		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Rou-2	Salm	261972	107031	La Rougerie	3,1	0,40	1,79	Ancien	702	11999	12	1000	667	8000	1,9		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Rou-3	Salm	262583	107287	La Rougerie	2,7	0,35	1,67	Ancien	2233	71516	113	633	38	422	47677	11,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Rou-4	Salm	263300	108061	La Rougerie	0,2	0,02	0,42	Ancien	825	23436	26	901	34	601	15624	3,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-1	Salm	262413	105992	Rau des Fagnes	8,6	1,10	2,96	Ancien	489	10589	25	424	23	282	7060	1,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-2	Salm	262597	106192	Rau des Fagnes	8,2	1,05	2,89	Ancien	130	1044	1	1044	36	696	696	0,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-3	Salm	263054	106407	Rau des Fagnes	7,5	0,96	2,77	Ancien	232	1777	8	222	17	148	1184	0,3		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-4	Salm	263665	106719	Rau des Fagnes	7,0	0,89	2,67	Ancien	949	21825	43	508	25	338	14550	3,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-5	Salm	263969	106905	Rau des Fagnes	5,9	0,76	2,47	Ancien	182	1501	5	300	20	200	1001	0,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-6	Salm	264057	106944	Rau des Fagnes	5,8	0,75	2,44	Ancien	97	624	1	624	28	416	416	0,1		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-7	Salm	264269	107112	Rau des Fagnes	5,5	0,70	2,37	Ancien	673	16526	26	636	28	424	11017	2,6		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-8	Salm	264718	107363	Rau des Fagnes	4,8	0,61	2,21	Ancien	1260	27222	44	619	28	412	18148	4,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Fag-9	Salm	265150	107780	Rau des Fagnes	3,6	0,47	1,94	Ancien	591	14601	22	664	29	442	9734	2,3		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-1	Pl. des Tailles	247058	102147	Noir Ru	7,2	0,92	2,71	Ancien	84	393	2	197	16	131	262	0,1		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-2	Pl. des Tailles	247034	103102	Noir Ru	5,9	0,76	2,46	Ancien	266	3329	9	370	22	247	2220	0,5		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-3	Pl. des Tailles	247071	103211	Noir Ru	5,8	0,74	2,44	Ancien	162	1520	4	380	22	253	1014	0,2		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-4	Pl. des Tailles	247333	103522	Noir Ru	3,6	0,47	1,93	Ancien	139	1229	4	307	20	205	819	0,2		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-5	Pl. des Tailles	247440	103599	Noir Ru	3,1	0,40	1,79	Ancien	206	1701	5	341	21	228	1138	0,3		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-6	Pl. des Tailles	247544	103656	Noir Ru	3,1	0,40	1,79	Ancien	250	1734	8	217	17	144	1156	0,3		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-7	Pl. des Tailles	248006	103578	Noir Ru	2,2	0,29	1,52	Ancien	1185	44208	60	737	31	491	29472	7,1		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Non-7_b-1	Pl. des Tailles	247634	103918	Noir Ru	0,5	0,06	0,70	Ancien	720	14641	24	610	28	407	9761	2,3		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
As Massotais		248426	103879	Mine				240-530a AD	331	5122	2	2561	57	1707	3414			Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mon-1	Pl. des Tailles	252969	99817	Rau de Montieban	5,1	0,65	2,28	Ancien	893	21635	10	2164	52	1442	14424	3,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Rok-1	Pl. des Tailles	250789	101903	Rau de Rolay	1,5	0,20	1,27	Ancien	655	15013			0					Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Rok-2	Pl. des Tailles	250406	102318	Rau de Rolay	1,0	0,14	1,04	3204-40a BC	1700	70026	15	4668	77	3112	46684	11,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Lom-1	M. de Serpont	218607	74343	Lomme	56,8	6,89	7,44	Ancien	97	575	2	287	19	192	383	0,1		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Lom-2	M. de Serpont	218620	74221	Lomme	56,8	6,88	7,44	Ancien	318	5151	5	1030	36	687	3434	0,8		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Lom-3	M. de Serpont	218844	73951	Lomme	25,6	3,17	5,04	Ancien	565	10405	12	867	33	578	6937	1,7		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Lom-4	M. de Serpont	220154	73632	Lomme	24,4	3,02	4,92	Ancien	831	18238	20	912	34	608	12159	2,9		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Noi-1	M. de Serpont	218786	72690	Noir-Eau	25,9	3,20	5,07	Ancien	1104	25295	10	2530	57	1686	16863	4,0		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Noi-2	M. de Serpont	218602	72296	Noir-Eau	8,3	1,06	2,91	Ancien	1026	29928	58	516	26	344	19952	4,8		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Noi-3	M. de Serpont	218478	71949	Noir-Eau	7,7	0,98	2,79	Ancien	614	13628	36	379	22	252	9085	2,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Noi-4	M. de Serpont	218768	70686	Noir-Eau	3,0	0,39	1,76	Ancien	303	4268	6	711	30	474	2845	0,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Noi-5	M. de Serpont	218703	69829	Noir-Eau	2,1	0,27	1,48	Ancien	1107	13673	10	1367	42	912	9115	2,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Bar-1	M. de Serpont	221165	72973	Rau de la Barrière	3,5	0,45	1,90	Ancien	460	3715	10	372	22	248	2477	0,6		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Bar-2	M. de Serpont	221193	72668	Rau de la Barrière	3,4	0,44	1,87	Ancien	296	3288	10	329	20	219	2192	0,5		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Bar-4	M. de Serpont	221109	72636	Rau de la Barrière	2,6	0,34	1,65	Ancien	325	5667	12	472	25	315	3778	0,9		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Bar-3	M. de Serpont	221189	72514	Rau de la Barrière	0,7	0,09	0,85	Ancien	440	10032	10	1003	36	669	6688	1,6		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)

ID	Secteur	Coordonnées		Cours d'eau				Époque	Longueur (m)	Surface (m ²)	Nombre de tertres	Surface moyenne terre (m ²)	Diamètre moyen terre (m)	Volume moyen terre (m ³)	Volume total tertres (m ³)	Or extrait (kg)	ID Godfroid	Source
		X (m)	Y (m)	Norm	B. V. (km ²)	Qb (m ³ /s)	w (m)											
Lar-1	M. de Serpont	218027	71793	Rau de Large Fontaine	3,6	0,47	1,93	20455a BC	2226	69849	154	454	302	46566	11,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-1	M. de Serpont	218766	72422	Rau du Serpont	17,2	2,15	4,15	Ancien	222	3087	3	1029	686	2058	0,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-2	M. de Serpont	219222	71767	Rau du Serpont	16,8	2,10	4,10	Ancien	1177	29630	50	593	395	19754	4,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-3	M. de Serpont	219431	71564	Rau du Serpont	16,2	2,03	4,03	Ancien	454	6792	9	755	503	4528	1,1		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-4	M. de Serpont	219521	71156	Rau du Serpont	14,7	1,84	3,84	Ancien	395	7216	8	902	34	601	4811	1,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Ser-5	M. de Serpont	219481	70968	Rau du Serpont	14,5	1,82	3,81	Ancien	95	544	1	544	26	363	0,1		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-6	M. de Serpont	219585	70908	Rau du Serpont	14,4	1,80	3,80	Ancien	264	4575	12	381	22	3050	0,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)	
Ser-7	M. de Serpont	219751	70627	Rau du Serpont	14,2	1,78	3,78	Ancien	678	13756	20	688	30	459	9171	2,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Ser-8	M. de Serpont	219924	70414	Rau du Serpont	13,6	1,72	3,70	Ancien	333	5961	15	397	22	265	3974	1,0		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ-1	Suxy	230701	48350	Civanne	4,4	0,57	2,13	Ancien	273	2725	5	545	26	363	1816	0,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ-2	Suxy	230216	48737	Civanne	3,9	0,50	2,00	Ancien	1018	15712	50	524	26	349	10475	2,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ-3	Suxy	229988	49263	Civanne	3,3	0,43	1,86	Ancien	920	19083	20	954	35	636	12722	3,1		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ-4	Suxy	229990	49714	Civanne	2,1	0,27	1,47	Ancien	823	18204	25	728	30	485	12136	2,9		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ-5	Suxy	230175	50071	Civanne	1,1	0,14	1,06	Ancien	509	10390	15	693	30	462	6927	1,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ_a-1	Suxy	229868	49905	Civanne	0,6	0,08	0,78	Ancien	271	4078	10	408	23	272	2719	0,7		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Civ_a-2	Suxy	229595	50070	Civanne	0,5	0,07	0,77	Ancien	757	11044	10	1104	37	736	7363	1,8		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Cha-1	Suxy	225729	50091	Rau de la Chapelle	2,1	0,28	1,50	Ancien	397	7434	13	572	27	381	4956	1,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Cha-2	Suxy	225873	50009	Rau de la Chapelle	1,9	0,25	1,42	Ancien	118	895	4	224	17	149	597	0,1		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-1	Suxy	225692	50548	Rau du Moulin	6,5	0,84	2,58	Ancien	615	8966	15	598	28	398	5977	1,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-2	Suxy	226569	50588	Rau du Moulin	5,6	0,72	2,39	Ancien	534	8701	6	1450	43	967	5801	1,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-3	Suxy	226791	50542	Rau du Moulin	5,5	0,71	2,37	Ancien	311	3273	7	468	24	312	2182	0,5		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-4	Suxy	226904	50448	Rau du Moulin	5,5	0,70	2,37	Ancien	233	2474	8	309	20	206	1650	0,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-5	Suxy	227162	50442	Rau du Moulin	5,3	0,68	2,34	Ancien	470	10229	9	1137	38	758	6820	1,6		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-6	Suxy	227382	50311	Rau du Moulin	4,0	0,52	2,03	Ancien	349	5917	8	740	31	493	3945	0,9		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Mou-7	Suxy	227457	50185	Rau du Moulin	3,9	0,51	2,01	Ancien	345	7260	4	1815	48	1210	4840	1,2		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Gom-1	Suxy	227304	49829	Rau de la Fagne des Gornhès	1,3	0,17	1,17	Ancien	579	8741	15	583	27	388	5827	1,4		Gillet (1979) in Detaille & Van Eerdenbrugh (2014)
Her-1	Sainte-Cécile	211918	47901	Rau de Herbaïs	2,2	0,28	1,50	Ancien	122	949	6	158	14	105	633	0,2		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (ne mentionne pas de vestiges)
Her-2	Sainte-Cécile	211487	48265	Rau de Herbaïs	1,8	0,24	1,38	Ancien	686	20192	50	404	23	269	13461	3,2		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (ne mentionne pas de vestiges)
Her-3	Sainte-Cécile	211149	48682	Rau de Herbaïs	1,2	0,16	1,14	Ancien	1264	33548	68	493	25	329	22365	5,4		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (ne mentionne pas de vestiges)
Chm-1	Croix Scaille	182055	73218	Rau du Champ Cuvelier	0,2	0,03	0,48	Inconnue	290	3606	15	240	17	160	2404	0,6		Detaille & Van Eerdenbrugh (2014) (ne mentionne pas de vestiges)

B Rapport de la datation de RGR-S3



Beta Analytic
RADIOCARBON DATING
Consistent accuracy delivered on time

DR. M.A. TAMERS and MR. D.G. HOOD
4985 S.W. 74th Court
Miami, Florida, USA 33155
PH: 305-667-5167 FAX: 305-663-0964
beta@radiocarbon.com

REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

Dr. Geoffrey Houbrechts

Report Date: August 01, 2017

L'universite de Liege

Material Received: July 26, 2017

Sample Information and Data	Sample Code Number	Conventional Radiocarbon Age (BP) or Percent Modern Carbon (pMC) & Stable Isotopes	Calendar Calibrated Results: 95.4 % Probability High Probability Density Range Method (HPD)
Beta - 470519	RGR_S3_35	300 +/- 30 BP	IRMS $\delta^{13}C$: -26.5 o/oo
Submitter Material: Charcoal		(69.6%) 1489 - 1604 cal AD	(461 - 346 cal BP)
Analyzed Material: Charred material		(25.8%) 1610 - 1654 cal AD	(340 - 296 cal BP)
Pretreatment: (charred material) acid/alkali/acid			
Analysis Service: AMS-Standard delivery			
Percent Modern Carbon: 96.33 +/- 0.36 pMC			
Fraction Modern Carbon: 0.9633 +/- 0.0036			
D14C: -36.66 +/- 3.60 o/oo			
$\Delta^{14}C$: -44.43 +/- 3.60 o/oo(1950:2017)			
Measured Radiocarbon Age: (without d13C correction): 320 +/- 30 BP			
Calibration: BetaCal3.21: HPD method: INTCAL13			

Results are ISO/IEC-17025:2005 accredited. No sub-contracting or student labor was used in the analyses. All work was done at Beta in 4 in-house NEC accelerator mass spectrometers and 4 Thermo IRMSs. The "Conventional Radiocarbon Age" was calculated using the Libby half-life (5568 years), is corrected for total isotopic fraction and was used for calendar calibration where applicable. The Age is rounded to the nearest 10 years and is reported as radiocarbon years before present (BP), "present" = AD 1950. Results greater than the modern reference are reported as percent modern carbon (pMC). The modern reference standard was 95% the ^{14}C signature of NIST SRM-4990C (oxalic acid). Quoted errors are 1 sigma counting statistics. Calculated sigmas less than 30 BP on the Conventional Radiocarbon Age are conservatively rounded up to 30. $\delta^{13}C$ values are on the material itself (not the AMS $\delta^{13}C$). $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values are relative to VPDB-1. References for calendar calibrations are cited at the bottom of calibration graph pages.

C Rapport de la datation de AMB-S1



Beta Analytic
RADIOCARBON DATING
Consistent accuracy delivered on time

DR. M.A. TAMERS and MR. D.G. HOOD
4985 S.W. 74th Court
Miami, Florida, USA 33155
PH: 305-667-5167 FAX: 305-663-0964
beta@radiocarbon.com

REPORT OF RADIOCARBON DATING ANALYSES

Dr. Geoffrey Houbrechts

Report Date: August 01, 2017

L'universite de Liege

Material Received: July 26, 2017

Sample Information and Data	Sample Code Number	Conventional Radiocarbon Age (BP) or Percent Modern Carbon (pMC) & Stable Isotopes	Calendar Calibrated Results: 95.4 % Probability High Probability Density Range Method (HPD)
Beta - 470518	AMB_GOLD_245	5710 +/- 30 BP	IRMS δ13C: -28.3 o/oo
Submitter Material: Hazelnut		(92.2%) 4618 - 4461 cal BC	(6567 - 6410 cal BP)
Analyzed Material: Plant material		(2.3%) 4653 - 4640 cal BC	(6602 - 6589 cal BP)
Pretreatment: (plant material) acid/alkali/acid		(0.9%) 4668 - 4661 cal BC	(6617 - 6610 cal BP)
Analysis Service: AMS-Standard delivery			
Percent Modern Carbon: 49.12 +/- 0.18 pMC			
Fraction Modern Carbon: 0.4912 +/- 0.0018			
D14C: -508.76 +/- 1.83 o/oo			
Δ14C: -512.73 +/- 1.83 o/oo(1950:2017)			
Measured Radiocarbon Age: (without d13C correction): 5760 +/- 30 BP			
Calibration: BetaCal3.21: HPD method: INTCAL13			

Results are ISO/IEC-17025:2005 accredited. No sub-contracting or student labor was used in the analyses. All work was done at Beta in 4 in-house NEC accelerator mass spectrometers and 4 Thermo IRMSs. The "Conventional Radiocarbon Age" was calculated using the Libby half-life (5568 years), is corrected for total isotopic fraction and was used for calendar calibration where applicable. The Age is rounded to the nearest 10 years and is reported as radiocarbon years before present (BP), "present" = AD 1950. Results greater than the modern reference are reported as percent modern carbon (pMC). The modern reference standard was 95% the 14C signature of NIST SRM-4990C (oxalic acid). Quoted errors are 1 sigma counting statistics. Calculated sigmas less than 30 BP on the Conventional Radiocarbon Age are conservatively rounded up to 30. d13C values are on the material itself (not the AMS d13C). d13C and d15N values are relative to VPDB-1. References for calendar calibrations are cited at the bottom of calibration graph pages.