Sentiers géologiques & pédologiques en Province de Namur

500 millions d'années de façonnement de notre paysage



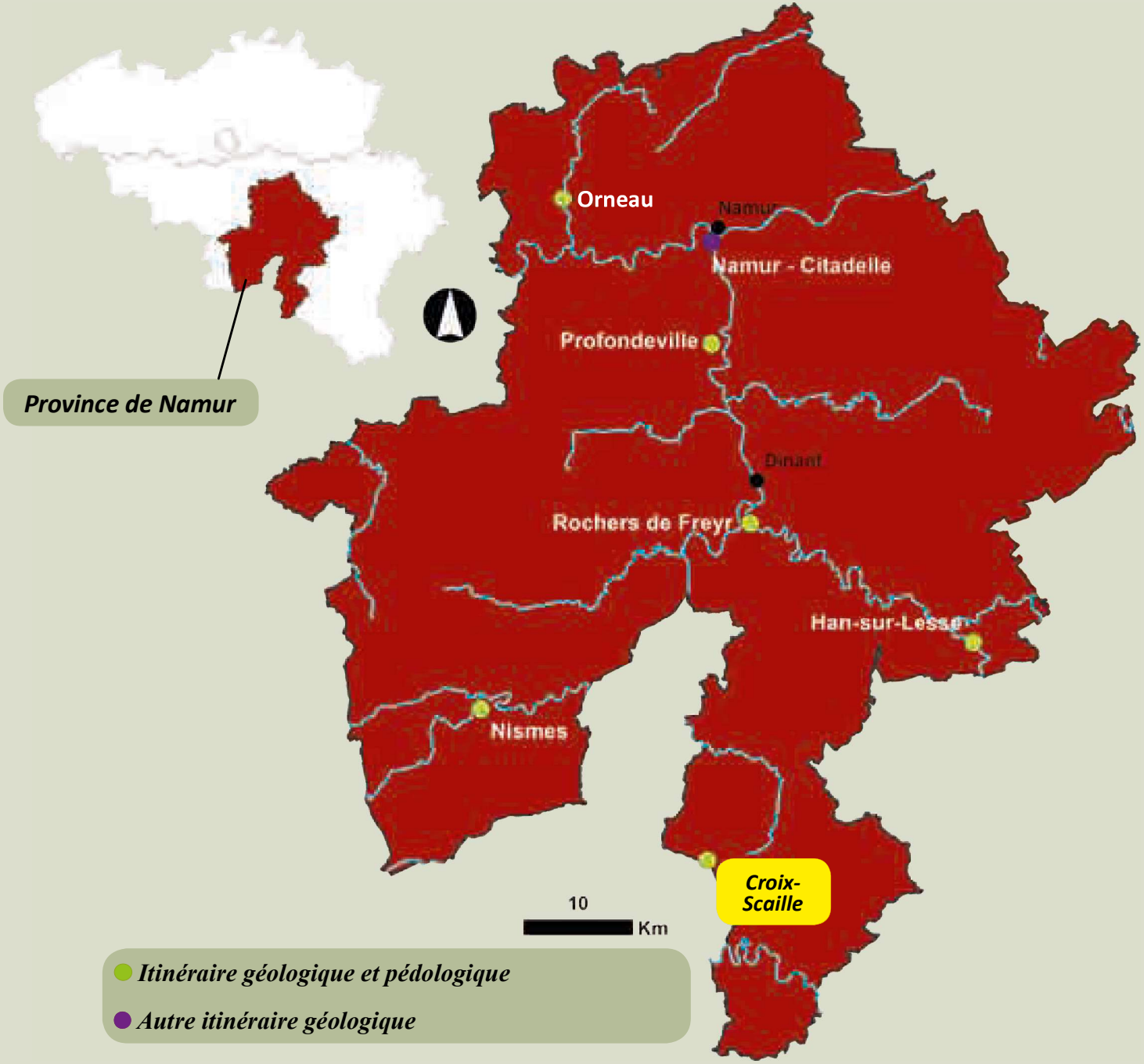
Sentier de la Croix-Scaille (entité de Gedinne)



Ce projet d'itinéraires géologiques & pédologiques, imaginé par V. Hallet, a été subsidié par la Fondation Gouverneur René Close. Il a été réalisé par S. Blockmans, L. Dewaide, D. Dorignaux, S. Rekk, F. Schmit, V. Brahy, P. Engels, L. Bock, et V. Hallet en collaboration avec C. Willam.

Université de Namur
Faculté des Sciences

Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège



Des sites exceptionnels pour vous aider à comprendre votre environnement

Les itinéraires sont consultables sur le site
https://geoportail.wallonie.be

La collection des sentiers
Presses universitaires de Namur
www.pun.be

- Sentier de Han-sur-Lesse
- Sentier de Freyr
- Sentier de Profondeville
- Itinéraire de la Vallée de l'Orneau
- Sentier de l'Eau Noire et du Viroin
- Sentier de la Croix-Scaille (Gedinne)
- Chronique géologique de la Province de Namur
- D'autres sentiers sont à paraitre

Le but des itinéraires proposés est de vous faire découvrir les processus de façonnement des paysages qui vous entourent.

À partir d'observations simples, nous allons faire apparaître les relations entre la nature du sous-sol d'une région (géologie), l'allure de son paysage et les formes de son relief (géomorphologie) et la composition de ses sols (pédologie). Les choix faits par l'homme de l'exploitation de ces ressources naturelles, voire de ces composantes patrimoniales, seront également évoqués.

Les fiches techniques des itinéraires géologiques et pédologiques s'adressent à un public scientifiquement curieux mais pas nécessairement initié à la géologie et/ou à la pédologie.

Pour les personnes intéressées, une synthèse de l'histoire géologique de la province de Namur est disponible dans le livret intitulé "Chronique géologique de la Province de Namur". Il vous présente les divers épisodes géologiques qui ont lentement façonné nos paysages depuis 500 millions d'années et fait le lien entre les différents sentiers déjà parus.

Après avoir parcouru quelques-uns des itinéraires proposés, vous comprendrez mieux certains aspects de l'environnement dans lequel vous vivez.

Chaque itinéraire aborde donc une période spécifique (en millions d'années) de l'histoire géologique de notre continent.





Ce circuit comporte 15 points d'observation.

Nous vous recommandons une arrivée par le village de Gedinne.

Les deux premiers arrêts se trouvent le long de la route qui relie Gedinne à la Tour du Millénaire (arrêt 3) d'où démarre le circuit pédestre de 8 km.

Nous vous invitons à faire ces deux arrêts lors de votre arrivée.

Pour l'arrêt 1, vous pourrez vous garez au chalet de ski de fond puis continuez à pied sur le sentier au Sud du chalet, sur environ 400 m.

Vous atteindrez alors la paroi rocheuse qui constitue l'objet de cet arrêt.

Pour atteindre l'arrêt 2, retournez au chalet de ski de fond et reprenez votre voiture sur 1,1 km jusqu'à un petit sentier qui démarre sur votre droite (à emprunter à pied). Vous pouvez vous garer sur le bas-coté de la route au niveau du chemin forestier qui démarre à votre gauche. À pied, c'est le sentier qui démarre à droite de la route que vous devez emprunter sur 100 m. Vous arriverez dans une clairière au fond de laquelle se trouve la paroi rocheuse analysée à l'arrêt 2.

Retournez à votre voiture et continuez la route sur 3,3 km. Vous arriverez au parking de la Tour du Millénaire d'où démarre le circuit pédestre.

Ce circuit vous emmènera, avec les arrêts 3 à 14 dans une boucle, sur le plateau de la Croix-Scaille, pour une durée d'environ 4 h.

De la Tour du Millénaire à la Ferme Jacob, en passant par la Fange de l'Abîme, vous découvrirez les particularités géologiques et pédologiques de l'Ardenne.

Enfin, reprenez votre voiture et poursuivez la route sur 2,2 km. Prenez à droite au carrefour et continuez la route sur 1,0 km. Vous pouvez vous garer sur le bas-côté à votre droite. À pied, marchez 20 m dans le bois. Vous y découvrirez l'arrêt 15 qui clôture cet itinéraire.

Attention !

L'automne, avec ses couleurs resplendissantes, est une très belle saison pour visiter le sentier de la Croix-Scaille. Néanmoins, en octobre, novembre et décembre, veillez à vérifier les dates des chasses.

Vous trouverez ces dates sur le site de l'Office du Tourisme de Gedinne: **http://www.actutourisme-gedinne.be/**



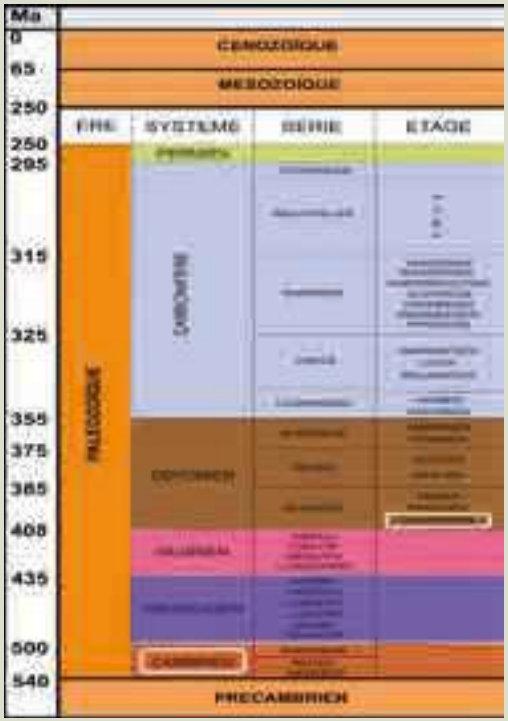
Lors de ce sentier, vous allez observer des affleurements de roches sédimentaires ; c'est-à-dire des roches qui résultent de l'accumulation de dépôts (« sédiments ») dans l'eau, en milieu marin (mer, océan) ou continental (lac, rivière). Une roche sédimentaire apparaît généralement sous forme de couches ou strates. Une formation géologique désigne une unité de base qui regroupe un ensemble de strates auquel on attribue un âge géologique.

Les roches rencontrées le long du sentier appartiennent à des formations d'âge revinien (Cambrien supérieur) et lochkovien (Dévonien inférieur). Il s'agit de deux périodes géologiques datant respectivement de – 515 à – 500 Millions d'années (Ma) et de – 419 à – 410 Ma.

En Belgique, les roches les plus anciennes que l'on peut observer sous forme d'affleurement sont datées du Cambrien. On les rencontre au sein de 6 massifs géologiques anciens: le Massif de Rocroi (sur lequel se trouve la région de Gedinne), le Massif de Givonne, le Massif du Serpont, le Massif de Stavelot, la Bande de Sambre et Meuse, et le Massif du Brabant (sentier géologique et pédologique de la vallée de l'Orneau).

Ces 6 massifs sont également appelés Massifs calédoniens car ils ont été affectés par l'orogenèse calédonienne. Une orogenèse désigne le processus physique responsable de la formation d'une chaîne de montagnes. Les reconstitutions paléogéographiques montrent qu'à l'époque du Cambrien, la Belgique se situait à environ 60° de latitude Sud et faisait partie d'une plaque tectonique appelée Avalonia. La Belgique était alors complètement immergée; ce qui a permis l'accumulation de sédiments d'âge cambrien.

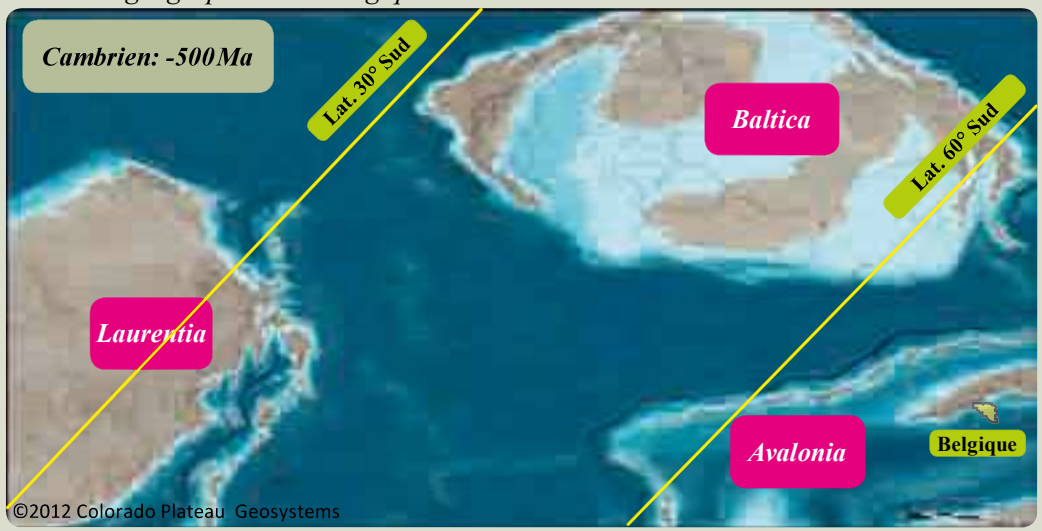
▼ *Echelle stratigraphique de Wallonie. Seules les subdivisions de l'ère paléozoïque sont détaillées. Modifié de: Dejonghe, 2007. Guide de lecture des cartes géologiques, Ministère de la Région Wallonne.*





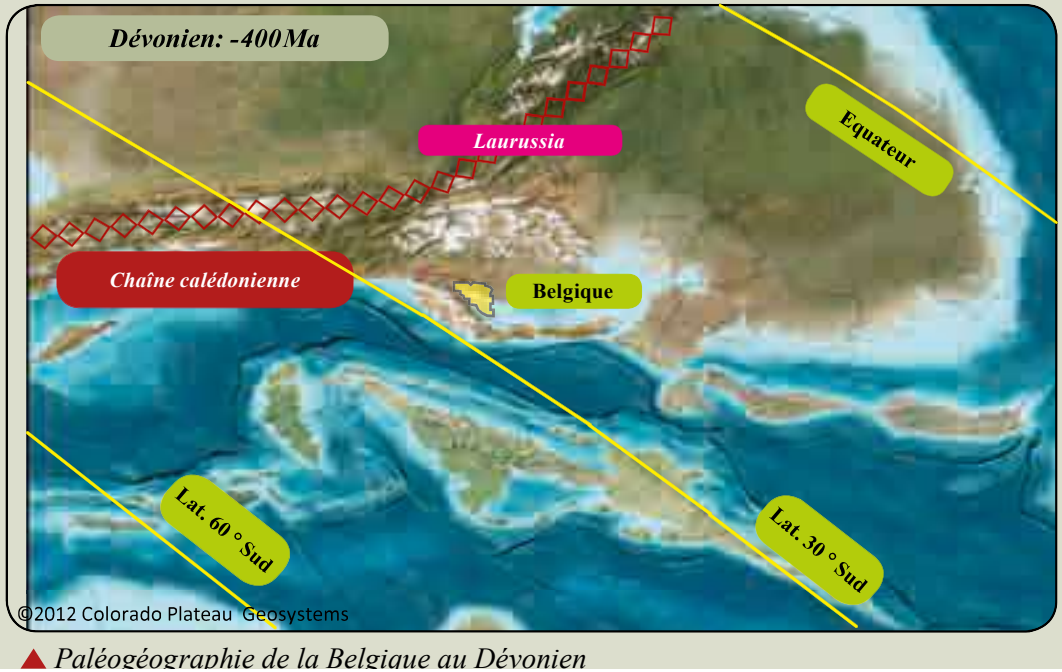
▲ *Les unités géologiques de Belgique avec les Massifs calédonniens en vert. Modifié des Notices des cartes géologiques de Wallonie, SPW Editions.*

▼ *Paléogéographie de la Belgique au Cambrien*



Plus tard, le continent Avalonia migrera vers le Nord et entrera en collision avec deux autres plaques (Baltica et Laurentia) pour former un super-continent (Laurussia). C'est cette collision qui est à l'origine de l'orogenèse calédonienne, évoquée plus haut, et dont le paroxysme est la création d'une vaste chaîne de montagne dite « calédonienne » couvrant notamment la Scandinavie. Lors de cette orogenèse, les sédiments jusqu'alors accumulés, vont être plissés et en partie émergés au sein de certains massifs surélevés par les forces tectoniques. Ce sont, notamment, les massifs calédoniens de Belgique. Ces massifs étant émergés, il n'y a plus de dépôt sédimentaire et une érosion (enlèvement de matière) des anciens dépôts a lieu. L'érosion va favoriser l'aplanissement des reliefs émergés.

Au cours du Lochkovien (± 415 Ma – Dévonien inférieur), la mer, venant du Sud, commence à réinvestir le domaine ardennais aplani par l'érosion. Le Massif de Rocroi est alors immergé et la sédimentation va reprendre. Les nouveaux dépôts proviennent essentiellement du Massif du Brabant au Nord, que la mer n'a pas encore atteint. Ces nouveaux dépôts vont reposer directement sur les sédiments plissés d'âge cambrien du Massif de Rocroi; on dit qu'ils sont en discordance avec ces anciens dépôts.



▲ *Paléogéographie de la Belgique au Dévonien*



▲ *Paléogéographie de la Belgique au Dévonien inférieur. Modifié de: Boulvain & Pingot, 2019. Une introduction à la géologie de la Wallonie, notes de cours, ULiège.*

Tout au long du Dévonien, la mer continuera sa transgression vers le Nord de la Belgique, recouvrant peu à peu les Massifs calédoniens jusqu'à la partie Sud du Massif du Brabant au Givetien (± 385 Ma) où une discordance entre les dépôts peut également être observée (« Discordance d'Alvaux », sentier de la vallée de l'Orneau). Le Massif de Rocroi, quant à lui, continue à enregistrer la sédimentation pendant tout le Dévonien et également pendant le Carbonifère (- 360 Ma à - 300 Ma). Au cours de cette période géologique se met en place une nouvelle orogenèse (orogenèse hercynienne) engendrée par des collisions continentales.

Tous les sédiments en place vont être plissés par cette nouvelle orogenèse; à savoir, les roches cambriennes, déjà plissées une première fois



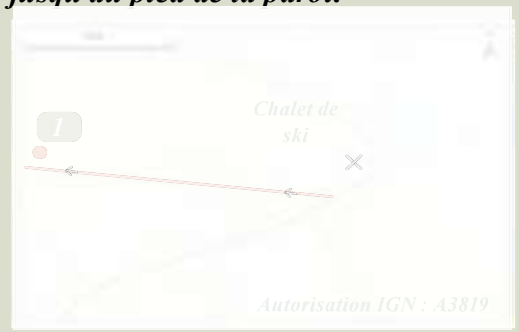
▲ *Paléogéographie de la Belgique au Tournaisien. Modifié de: Boulvain & Pingot, 2019. Une introduction à la géologie de la Wallonie, notes de cours, ULiège.*

par l'orogenèse calédonienne, et les « nouveaux » dépôts dévono-carbonifères.

Le sentier de Gedinne parcourt l'extrême Est du Massif de Rocroi où seules des formations géologiques du Cambrien supérieur et du Dévonien inférieur (Lochkovien) peuvent être observées. En effet, dans la zone parcourue, les roches plus récentes ont été érodées.

Les observations que vous ferez le long de ce sentier vous permettront de retracer l'histoire des roches. Vous aurez également l'occasion de vous familiariser avec des notions d'hydrogéologie et de géomorphologie.

Garez-vous près du chalet de ski et suivez le chemin forestier qui démarre 50 m au Sud du chalet. Marchez environ 400 m. Vous devinerez alors une grande paroi rocheuse à votre droite dans le sous-bois. Rendez-vous jusqu'au pied de la paroi.



Observez cette paroi rocheuse pluri-métrique, d'environ 250 m de long.



Partie de la paroi constituant l'affleurement du conglomérat de Fépin.

L'affleurement que vous observez est en fait localisé en bordure du Massif de Rocroi. La roche qui le compose est datée à la limite du sommet du Silurien et de la base du Lochkovien et appartient à une formation géologique appelée «Formation de Fépin». Il s'agit d'un conglomérat, une roche sédimentaire formée de débris d'une taille supérieure à 2 mm liés par un ciment.

Pour étudier la lithologie de cette roche, observez de plus près le gros bloc au pied de la paroi.

Le conglomérat est ici composé de gros éléments de taille et de couleur variables, majoritairement arrondis, ou plus rarement anguleux, dans un ciment - ou matrice - beaucoup plus fin argilo-sableux.

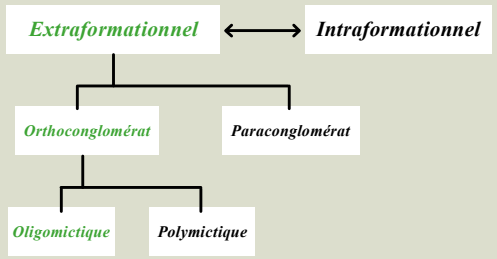


Bloc de conglomérat de Fépin et détail sur ses constituants de taille variable.

Un conglomérat se forme suite au démantèlement d'une autre roche déjà consolidée et au transport des débris sur une distance plus ou moins importante via un agent de transport, une rivière par exemple. Les caractéristiques du conglomérat indiquent le mode de genèse responsable de sa création. Par exemple, le degré d'arrondi des galets du conglomérat indique si le transport a été important, la présence de stries sur les galets peut indiquer un transport par glacier.

Une classification facilement applicable sur le terrain permet d'établir un premier diagnostic du conglomérat.

Le conglomérat de Fépin est de type extraformationnel, c'est-à-dire qu'il s'est formé ailleurs que sur le lieu du démantèlement de la roche initiale; autrement dit il y a eu transport des galets. On le classe dans les orthoconglomérats, c'est-à-dire que les galets sont le constituant majoritaire.



Classification des conglomérats simplifiée. Modifié de: Prothero & Schwab, 2004. Sedimentary Geology, Ed. WH Freeman.

Le contraste entre la granulométrie des galets et de la matrice indique généralement que le transport s'est fait par l'eau. En effet, les galets, plus lourds, se sont déposés lorsque le courant était rapide alors que les particules fines de la matrice se sont déposées entre les galets en période de ralentissement du courant. Les paraconglomérats sont, quant à eux, composés majoritairement de matrice et associés à un transport par glacier ou par boue (glissement de terrain). Enfin, on dira qu'il est oligomictique pour indiquer que les galets qui le composent correspondent à des roches résistantes à l'altération et l'érosion (quartzite et grès).

Ces galets proviennent du Massif de Rocroi tout proche. Pour rappel, le Massif de Rocroi est émergé depuis la fin du Cambrien. Il est donc soumis à l'érosion qui génère des débris. Au Siluro-Lochkovien, la mer atteint la bordure du Massif de Rocroi où viennent se déposer les galets démantelés et transportés par les rivières jusqu'à leur embouchure.

Après avoir repris votre voiture sur 1,1 km jusqu'à un petit sentier qui démarre sur votre droite (à emprunter à pied), garez-vous sur le bas-coté de la route au niveau du chemin forestier qui démarre un peu plus loin à votre gauche. À pied, retraversez la route et prenez le petit sentier sur 100 m.



Dans le fond de cette ancienne exploitation, vous observez un affleurement d'origine anthropique; il s'agit d'une ancienne carrière.

L'affleurement est composé de deux unités distinctes. Nous sommes à présent sur le Massif de Rocroi. La partie inférieure est composée de quartzites et de phyllades. Ces roches appartiennent à la Formation de Petite-Commune d'âge revinien (Cambrien moyen à supérieur : -515 Ma à -500 Ma). L'unité supérieure est composée de gros éléments et d'une matrice argilo-sableuse: c'est la Formation de Fépin d'âge siluro-lochkovien (-410 Ma), déjà observée à l'arrêt précédent.

Entre ces deux unités, il y a une discordance puisqu'il «manque» environ 100 Ma d'enregistrement sédimentaire. De plus, on peut dire qu'il y a une **discordance angulaire entre les deux unités**. En effet, les couches de l'unité inférieure sont inclinées à environ 50° vers le Sud alors que les roches de l'unité supérieure sont disposées en couches quasiment horizontales.

*Une discordance ou **surface de discordance angulaire** est une ancienne surface d'érosion séparant un ensemble de roches plissées, d'un autre ensemble de roches déposé postérieurement.*

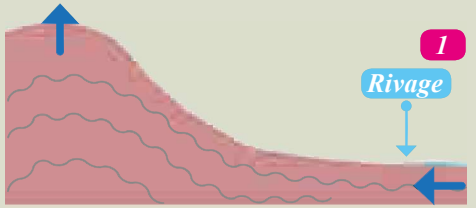
Les roches de la Formation de Petite-Commune, plissées par l'orogenèse calédonnienne et émergées depuis la fin du Cambrien 1, ont été petit à petit recouvertes par la mer qui progresse vers le nord 2, on parle de **transgression marine**.

*Une **transgression marine**, opposé de la régression marine, marque la hausse du niveau marin, la mer s'étend alors au-delà de ses limites antérieures.*

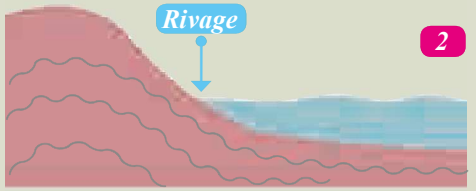
En bordure du Massif de Rocroi, s'observe alors un environnement de rivage dans lequel va se déposer le conglomérat qui constitue la Formation de Fépin 3. La mer s'avançant toujours vers le nord et le Massif de Rocroi étant de plus en plus érodé, ce dernier finira par être submergé par la mer 4 5.

Affleureument montrant la discordance entre le Massif de Rocroi et le conglomérat de Fépin

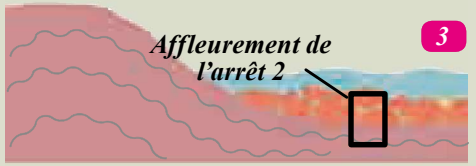




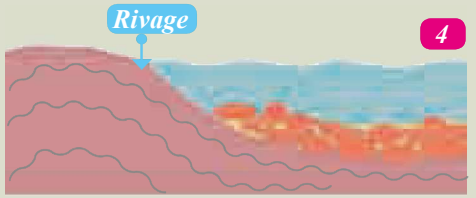
Plissement et surrection du Massif de Rocroi (Cambrien supérieur)



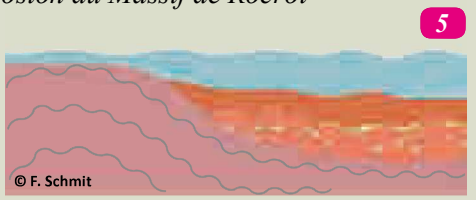
Transgression marine



Dépôt du conglomérat de Fépin (Lochkovien)

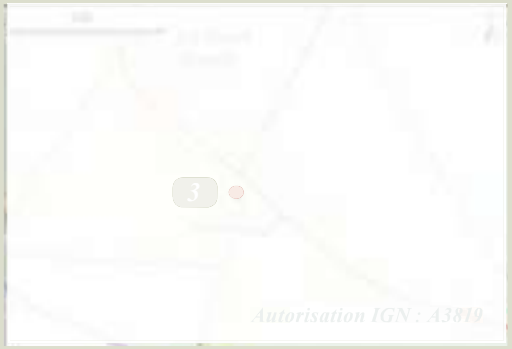


Poursuite de la transgression marine et de l'érosion du Massif de Rocroi



Immersion du Massif de Rocroi suite à la transgression

Après être retourné à votre voiture, reprenez la route «rue de la Scierie» et continuez jusqu'au parking de la Tour du Millénaire.



La Tour du Millénaire est un belvédère de 60 m de haut avec trois plateformes d'observation à 15, 30 et 45 m, qui permet d'observer le paysage à 30 km à la ronde.

Érigée une première fois en 2001 avec des troncs de Douglas (une des espèces de résineux présentes dans la région de Gedinne, voir page 12), elle a été démontée en 2008 pour des questions de sécurité et reconstruite avec des profilés métalliques en 2012.

La tour symbolise le point culminant du Plateau de la Croix-Scaille qui, d'une altitude de 505 m, est également le point culminant de la Province de Namur et le cinquième de Belgique



Avant l'édification du premier ouvrage touristique, le plateau de la Croix Scaille a vu exister plusieurs tours militaires.

Nous vous invitons à monter au troisième étage de la tour. Si vous ne souhaitez pas monter ou si la tour est temporairement fermée, passez directement à l'arrêt 4.

Sur la première plateforme, vous trouverez des panneaux explicatifs des anciens métiers liés à la forêt.

Ceux de la deuxième plateforme dressent, quant à eux, le portait de certaines personnalités ayant écrit sur la région.

Les panneaux de la dernière plateforme présentent des photographies du paysage. Ceux-ci peuvent être utilisés comme support, en cas de mauvaise visibilité, en remplacement de l'observation directe du paysage.

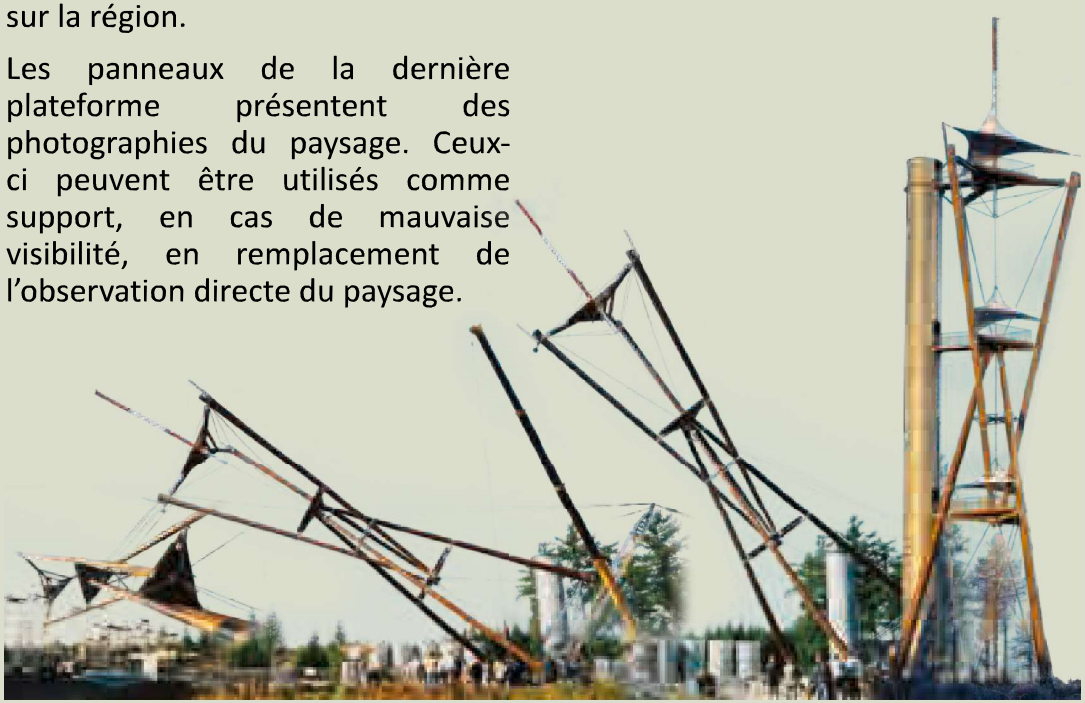
Accès à la Tour du Millénaire

Attention !

*****Horaire d'ouverture sur le site*****

http://www.actutourisme-gedinne.be/

Montage de l'ancienne tour (2001-2008)



Nouvelle tour avec profilés métalliques (2012)



Du troisième étage, vous avez une vue panoramique sur tous les alentours. Vous remarquerez la ligne plus ou moins horizontale que forme l'horizon.

Il s'agit là du témoignage le plus évident de l'ancienne pénéplaine de l'Ardenne.

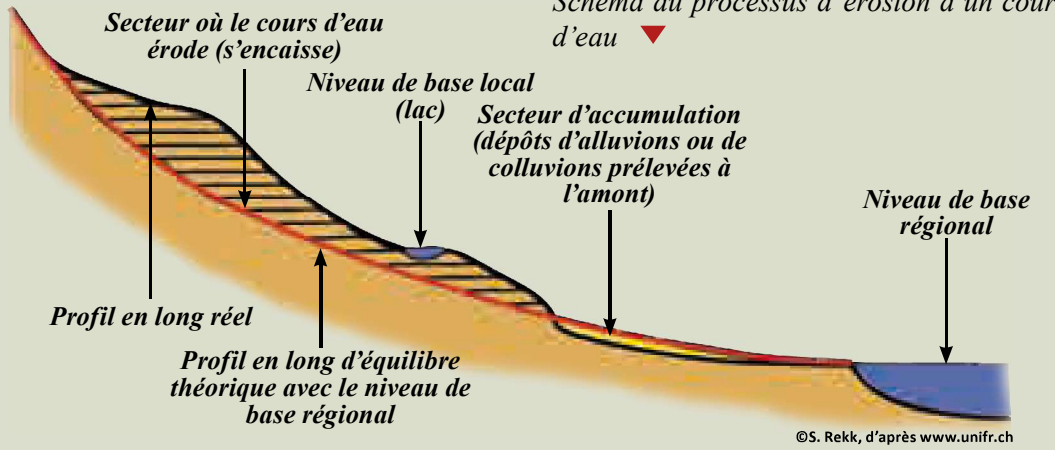
Il existe un principe d'équilibre qui lie un cours d'eau avec son niveau de base. De façon simple, chaque cours d'eau est le niveau de base de ses affluents et la mer ou l'océan constitue le niveau de base des fleuves.

Lorsque qu'un relief apparaît par collision entre plaques tectoniques (Alpes, Himalaya, Pyrénées,...), un réseau hydrographique se met en place sur ces terres nouvellement émergées et entame son action érosive jusqu'à l'applanissement afin d'être en équilibre avec le niveau de base: c'est la pénéplanation.

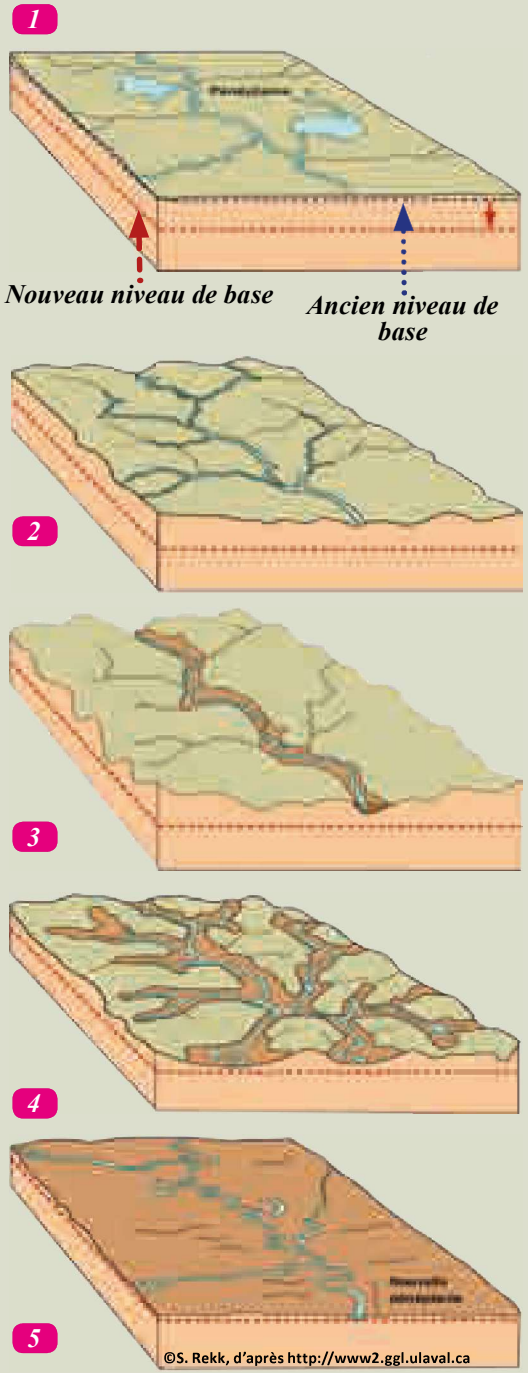
Une fois le stade de pénéplaine atteint, le pouvoir érosif des cours d'eau est théoriquement nul. Une reprise d'érosion peut apparaître si le niveau marin baisse ou si les terrains sont relevés ; ce qui correspond dans les deux cas à un abaissement du niveau de base.

La quasi horizontalité de la ligne d'horizon est la meilleure preuve de l'existence de l'ancienne pénéplaine de l'Ardenne. Cette ancienne surface est en cours d'érosion depuis une nouvelle surrection de l'Ardenne qui a débuté à l'Oligocène (~25 Ma) et a accéléré au début du Quaternaire (2,5 Ma).

Schéma du processus d'érosion d'un cours d'eau







(1) L'Ardenne, massif plissé hérité de l'orogenèse hercynienne, a été pénéplané une première fois après la fin de cette orogenèse. Depuis l'Oligocène (25 Ma), l'Ardenne et le Condroz sont de nouveau en surrection. Depuis lors, l'ancienne pénéplaine, dans ces régions du moins, n'est plus en équilibre avec son niveau marin de base, la mer du Nord, et les processus d'érosion y sont en reprise ;

(2) Au Quaternaire (~2.5 Ma), la surrection s'accélère et les cours d'eau entaillent franchement les reliefs et drainent les lacs. Le paysage est encore relativement plat entre les cours d'eau ;

*(3) L'approfondissement des vallées atteint un maximum et une plaine d'inondation (plaine alluviale) se développe. Des cours d'eau secondaires se mettent en place et ravinent les zones entre les cours d'eau initiaux, faisant disparaître progressivement les plateaux (**stade actuel de la vallée de la Meuse**) ;*

(4) Les cours d'eau secondaires ont ajusté leur profil en long. Ils ont également développé une plaine d'inondation et sont en équilibre avec les cours d'eau initiaux. Les reliefs se sont abaissés, puis finalement aplanis ;

(5) La région est redevenue une pénéplaine, ajustée à son nouveau niveau de base. Le pouvoir érosif des cours d'eau est théoriquement nul.

La **surrection** récente de l'Ardenne, évoquée à la fiche précédente, correspond à un mouvement de soulèvement qui est ici lié à la formation des Alpes déjà débutée à la fin du Mésozoïque suite à la poussée de la plaque tectonique africaine contre la plaque européenne.

Comme précisé à la fiche précédente, c'est au début du Quaternaire que la surrection de l'Ardenne est plus franche et que les rivières développent un fort pouvoir incisif. Aujourd'hui, le réseau hydrographique de l'Ardenne en est toujours à son stade de jeunesse (3 du schéma de la page précédente).

Après avoir profité de l'entièreté du paysage, concentrez-vous sur la partie sud du paysage.

Vous y verrez une profonde entaille dans la surface pénéplanée, c'est la marque d'une vallée. Elle témoigne du stade de jeunesse du réseau hydrographique.

Par ailleurs, sur base de la forme d'une vallée, son origine va pouvoir être déterminée. Ici, la forme de l'entaille observée est en forme de «V». C'est la forme caractéristique des vallées creusées par l'action d'un cours d'eau; au contraire des vallées en forme de «U», issues de l'action érosive des glaciers.

Ce paysage de plateau fortement entaillé par les cours d'eau est typique des plateaux ardennais.

*Le phénomène de **surrection** désigne un soulèvement progressif des roches. Lorsque la vitesse d'élévation est plus rapide que la vitesse de l'érosion, la surrection entraîne la formation de reliefs comme ce fut le cas en Ardenne.*



Région affectée par la surrection récente



Vallée en «V» visible depuis le point de vue de la Tour du Millénaire

© F. Schmit

Ma	Ere	Système	Série
1,75	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène
			Pléistocène
		Tertiaire: Néogène	Pliocène
			Miocène
23		Tertiaire: Paléogène	Oligocène
			Eocène
65			Paléocène
250	Mésozoïque		
540	Paléozoïque		

Détail de l'échelle stratigraphique du Cénozoïque

Intéressons-nous maintenant à la végétation forestière peuplant le Massif de Rocroi.

La forêt gedinnoise fait partie d'un des plus grands massifs forestiers d'Europe et couvre près de 65% du territoire de la commune, faisant de Gedinne une des communes les plus forestières de Belgique.

Jusqu'au XII^{ème} siècle, la forêt spontanée composée principalement de hêtres et de chênes a été conservée. Elle ne subit en effet que très peu de pression, du fait de la faible densité de population de la région.

Du XII^{ème} jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, le patrimoine forestier sera affecté car l'important accroissement de la population entraîne le besoin de nouvelles terres cultivables et donc le défrichement de la forêt d'origine.

La loi sur le défrichement des terres incultes (1850), le code forestier et les besoins croissants de bois pour l'industrie minière (fin du 19ème siècle), entraînent un reboisement progressif.

Les terrains seront plantés de résineux et l'épicéa, bien adapté au climat du fait de son origine montagnarde, sera le grand favori. Il est d'ailleurs la première essence wallonne en terme de surface et de bois commercialisé.

A l'échelle du massif forestier entier, les résineux dominent. Les espèces les plus fréquentes sont l'épicéa et le douglas puis vient le mélèze, et plus rarement les pins.



Les feuilles et fruits du chêne.



Les feuilles et cupules (enveloppe du fruit) du hêtre.

Les feuillus sont bien représentés sur la commune de Gedinne; la première espèce étant le chêne, suivie du hêtre.





Le douglas *est reconnaissable à son cône présentant des écailles en forme de trident. Ses aiguilles rayonnent autour du rameau. L'écorce du tronc est fissurée.*





L'épicéa *présente également des aiguilles rayonnantes. Son cône a une forme de fuseau allongé et l'écorce du tronc a un aspect écaillé.*





Le mélèze *se distingue par son cône ovoïde et ses aiguilles groupées en bouquets sur le rameau. De plus, son feuillage est caduc: à l'automne ses aiguilles changent de couleur avant de tomber.*

Le sol, au sens des pédologues, constitue l'interface entre la lithosphère, l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère.

*La **pédologie** est l'étude des sols.*

Le sol est une formation meuble qui résulte de l'altération des roches par divers processus de désagrégation physique, d'altération chimique, de décomposition des matières organiques et de migration au sein du profil pédologique. Le sol peut présenter, selon les cas, une différenciation verticale plus ou moins importante. La notion d'horizon de sol découle directement de cette différenciation. Un horizon est une couche de sol homogène et plus ou moins parallèle à la surface. En fonction des facteurs environnementaux de formation du sol et de leur intensité, la différenciation, et donc le nombre d'horizons, peut être plus ou moins importante.

Un sol pourra être décrit par les pédologues en fonction des horizons qui le caractérisent et qui sont observables au sein d'un profil pédologique.

Un profil pédologique est constitué d'une coupe verticale dans un sol depuis sa surface jusqu'à atteindre, théoriquement, un matériau relativement peu altéré. Il permet de mettre en évidence l'épaisseur, la couleur, la texture, la structure et la succession de différentes couches de sol appelées horizons.

Les pédologues définissent par convention des sigles associés à chaque type d'horizon. Un profil théorique reprenant les principaux sigles des horizons et leur signification vous est présenté ci-après.



Profil théorique reprenant les principaux types d'horizon. Modifié de: Delecour, 1981. Initiation à la Pédologie, Service de la Science du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat, Gembloux.

La diversité des sols est le résultat de plusieurs processus de formation qui dépendent des facteurs environnementaux au sens large. La conjonction des mêmes facteurs environnementaux conduit à un même type de sol.

En un endroit donné, le sol est la résultante de l'action combinée des facteurs environnementaux de formation du sol, aussi appelés pédogénétiques :

- climat (**cl**)
- roche-mère (**rm**) ou matériau parental
- relief ou géomorphologie (**g**)
- végétation ou activité biologique (**o**)
- utilisation / gestion par l'homme (**m**)
- intervalles de temps différents :
  - temps à l'échelle pédologique (dizaines voire milliers d'années) (**t1**)
  - temps à l'échelle humaine (année voire dizaines d'années) (**t2**)

Sol = fonction (cl, rm, g, o) t1 + mt2

*La **pédogenèse** est l'ensemble des processus (physiques, chimiques et biologiques) qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols. La pédogenèse aboutit à la formation d'horizons différents en fonction des facteurs pédogénétiques.*

Les sols du sentier : les sols typiques ardennais

Le long de ce sentier, vous observerez des sols typiques de l'Ardenne. Dans l'ordre vous observerez directement ou indirectement:

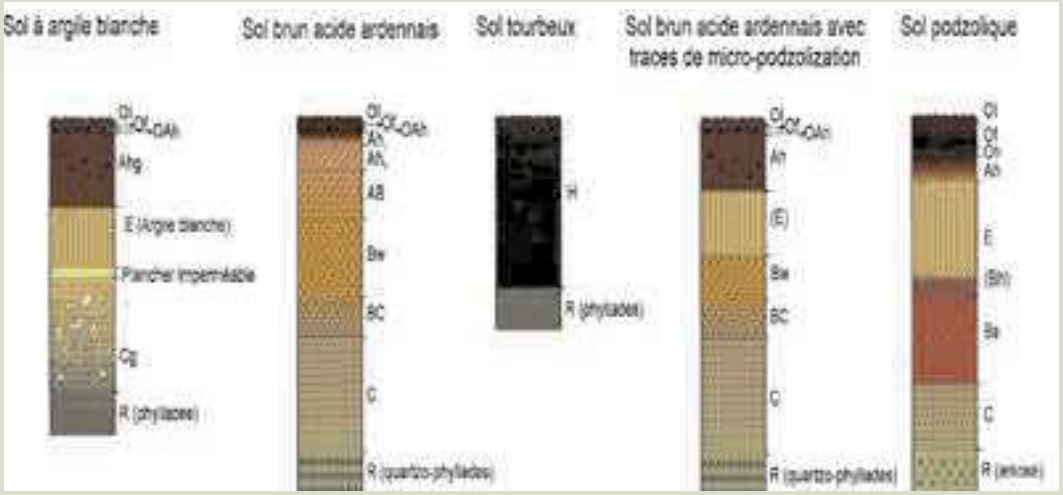
- *sol à argile blanche*
- *sol brun acide ardennais*
- *sol tourbeux*
- *sol brun acide ardennais avec traces de micro-podzolisation*
- *sol podzolique*

La figure ci-après illustre le profil pédologique type de ces cinq sols. Dans la réalité du sentier, des divergences par rapport à ces profils théoriques peuvent exister.

Le point commun entre ces sols est l'acidité essentiellement due aux matériaux parentaux.



Kit pH permettant d'estimer l'acidité des sols.



▲ *Les 5 sols ardennais du sentier. Les profils pédologiques types montrent la différenciation en horizons spécifiques à chaque sol (les sigles principaux sont définis à la page précédente). Modifié de: Delecour, 1981. Initiation à la Pédologie, Service de la Science du Sol, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Voir page 13 pour la définition des sigles principaux.*

Les matériaux parentaux (roches mères) ardennais sont essentiellement des schistes, des grès, des phyllades, des quartzites ou des lithologies mixtes (charge schisto-phylladeuse et schisto-gréseuse de la carte des sols de Belgique, voir page 15). En particulier sur le Massif de Rocroi, les roches mères des sols sont composées de phyllades, de quartzites et de quartzo-phyllades. La pauvreté en minéraux altérables confère, en plus de leur composition, argileuse et quartzitique, un caractère très acide aux roches mères. Le pH_{eau} observé des horizons des sols dépasse rarement 5.

Sur le circuit proposé, les principaux facteurs environnementaux conduisant aux cinq sols observés, outre l'acidité, sont les matériaux parentaux et le relief, qui conditionnent le drainage naturel des sols. Les autres facteurs environnementaux (voir fiche précédente) responsables de la différenciation de ces cinq sols sont assez stables sur le Massif de la Croix Scaille. En effet, le climat actuel et sub-actuel y est quasiment le même et confère un drainage climatique important conduisant essentiellement à des migrations verticales descendantes. Les matériaux parentaux ont des caractéristiques d'acidité identiques mais diffèrent par leur perméabilité. La végétation, hormis des changements relativement récents qui n'ont pas nécessairement influencés les sols, a été identique pendant des siècles.

On peut considérer que le sol brun acide ardennais est le sol type de l'Ardenne. Le relief et la géomorphologie, combinés à des matériaux parentaux plus ou moins perméables, sont les principaux facteurs conduisant à la différenciation des quatre autres sols. Ainsi, le sol à argile blanche doit notamment ses caractéristiques au relief particulièrement plat et à la présence d'un horizon imperméable. Il en est partiellement de même pour le sol tourbeux qui, en plus du substrat imperméable, constitue le réceptacle d'eau de ruissellement. Le sol brun acide ardennais avec trace de micro-podzolisation ainsi que le sol podzolique, doivent leurs caractéristiques au caractère filtrant lié à la position et au matériau parental. Enfin, le sol podzolique est développé sur un matériau parental très filtrant.

Un bon moyen d'appréhender les sols au niveau régional comme au niveau local est de consulter la carte des sols de Belgique. Ci-après, un extrait du document «Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie»[1] vous expose la méthodologie d'acquisition des données.

La carte des sols de Belgique a été levée de 1947 à 1991, à l'échelle 1/5000ème voire 1/2500ème. Des sondages à la tarière étaient effectués jusqu'à une profondeur de 125 cm dans la mesure du possible, selon une maille carrée de 75 m de côté (environ 2 observations par hectare, en ce compris les éventuels sondages intermédiaires de contrôle).

Une fois le repérage fait sur le terrain, le cartographe posait son diagnostic selon un certain nombre de critères d'ordre morphologique et objectivables, tels que :

- la texture et les nuances de texture par le toucher, le moulage à la tarière (ou à la main) ou la brillance de l'échantillon, servant notamment comme critère principal pour la détermination du type de matériau mais aussi pour la reconnaissance de certains horizons ;



Extrait de la carte des sols de la Belgique, planches 201W Willerzie (P. Avril, 1972, levé 1970-1971) et 201E Gedinne (P. Avril, 1971, levé 1967-1970). Les arrêts 1, 14 et 15 sont localisés sur l'extrait.

- la couleur et les taches de couleur, importantes notamment dans l'appréciation du drainage naturel;

- la difficulté en terme d'effort physique de la réalisation du sondage;

- la présence, la nature et l'importance d'une charge en éléments grossiers;

- la profondeur atteinte;

- le contact d'un substrat et sa nature;

- l'épaisseur de certains horizons, leur « netteté »;

- etc.

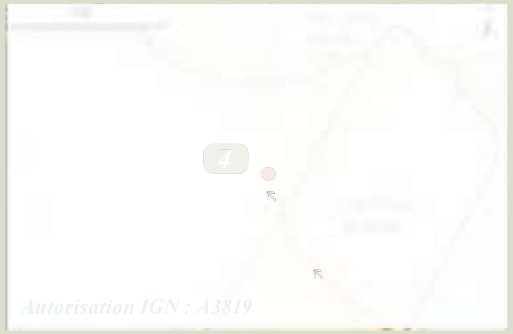
Ces critères étaient interprétés sur base de l'expérience acquise et transcrits suivant des règles en un sigle. Ensuite, les limites des plages cartographiques étaient directement dessinées sur le terrain en tenant compte des informations propres au relief et/ou à la végétation. Il s'agit donc d'une carte d'essence géomorphopédologique, c'est-à-dire une carte qui exprime étroitement les relations roche-relief-sol. Les plages de sols représentées sur plan cadastral sont ensuite retranscrites sur des documents, appelés minutes, à l'échelle 1/10000ème en vue de leur édition en couleurs à l'échelle 1/20000ème par l'IGN. Chaque planchette de la carte des sols de la Belgique, accompagnée d'un livret explicatif, couvre 8000 ha (sauf les planchettes frontalières). Les livrets explicatifs des planchettes reprennent des informations sur la physiographie (topographie, hydrographie, géologie, paysage, climat), la constitution des sols (matériaux constituants, hydrologie, genèse, classification, description et valeur agricole voire forestière) ainsi que des considérations diverses (affectation des sols et données de géographie humaine).

Récemment et au niveau régional, le Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie (PCNSW) a permis de produire une carte vectorielle numérique, la CNSW. Ce document est accessible sur Internet au départ du géoportail (http://geoportail.wallonie.be).

Dans la suite du livret et en particulier pour chaque sol observé, la description complète liée à la légende de la carte des sols de Belgique est reproduite.

[1] *Légende de la Carte Numérique des Sols de Wallonie, 2007, Laboratoire de Géopédologie, FUSAGx.*

Début du sentier pédestre. A partir du parking, continuez à descendre la route sur 250 m. Au débouché d'un chemin de terre sur votre gauche, entrez directement dans la forêt.



À cet endroit vous vous situez sur une zone plane où plusieurs indices (directs ou indirects) révèlent la présence d'un sol gorgé d'eau.

Si vous avez l'occasion de creuser (bèche ou tarière) vous pourrez observer, vers 30 cm de profondeur, un horizon de sol typique de couleur blanche. Il caractérise un sol à «argile blanche », qui s'est formé sur un plancher imperméable dans un environnement périglaciaire.

Au cours du Quaternaire, la Belgique s'est située à plusieurs reprises en marge d'une calotte glaciaire, et donc dans un environnement périglaciaire. Dans ces conditions, une partie du sol, du moins localement, pouvait rester gelée en profondeur, c'est le pergélisol. En surface, le sol était alternativement gelé (en hiver) et dégelé (en été), c'est la couche active. Celle-ci était gorgée d'eau en été : dans ces conditions, les oxydes de fer (qui donnent la couleur brune aux sols) étaient réduits et le fer soluble pouvait quitter le profil de sol (entraînement en solution latéral). C'est ce qui explique la couleur blanche de l'horizon.



◀ *Observation directe d'un sol par creusement d'une mini-fosse. On distingue bien vers 25-30 cm l'horizon blanchi.*



▲ *Humus paratourbeux surmontant l'argile blanche. Ici, cet horizon holorganique est très épais et presque fibreux. On observe celui-ci par endroits, mais globalement l'humus est de type moder (voir page 22)*



▲ *Distinction des horizons superficiels du sol à argile blanche. 1) Horizon paratourbeux. 2) Horizon intermédiaire minéral où subsiste de la matière organique (horizon hémiorganique). 3) Horizon minéral blanchi, dit «à argile blanche».*

Présentement, cet horizon blanchi est plus ou moins imperméable et il confère au sol un drainage naturel pauvre. La couleur gris blanchâtre du sol et la présence par endroits d'un humus paratourbeux traduisent ce mauvais drainage naturel.

Pour faciliter le drainage des sols, la croissance et la stabilité des arbres, des fossés de drainage ont été creusés. Quand ceux-ci sont curés, vous pouvez observer la couleur blanche de l'horizon dit «à argile blanche», ainsi que de la terre blanchie dans les déblais de curage. C'est en quelque sorte une observation indirecte des caractéristiques du sol.



▲ *Fossé récemment curé à l'Est de l'arrêt 4 montrant l'horizon dit «à argile blanche».*

Une autre observation indirecte peut être réalisée en découvrant un chablis.



Chablis d'épicéa de Sitka sur sol «à argile blanche».

Un chablis est un terme désignant un arbre déraciné sous l'action de différents agents naturels (vent, foudre, neige, chute d'un autre arbre) ou pour des raisons qui lui sont propres (vieillesse, pourriture, mauvais enracinement), sans intervention de l'homme.

Bien que les chablis soient souvent le résultat de tempêtes frappant des arbres particulièrement exposés voire fragilisés, ils s'observent souvent sur les sols à «argile blanche». En effet, l'enracinement superficiel des arbres, du fait de la présence d'un obstacle comme l'horizon «à argile blanche» (qui est peu profond et peu perméable), n'est pas suffisant pour que l'arbre puisse profondément s'ancrer dans le sol.

La texture d'un sol est fonction des proportions de trois classes granulométriques : (argile (< 2µm), limon (2-50 µm), sable (50-2000 µm)), indépendamment de la nature des grains (minéralogie).

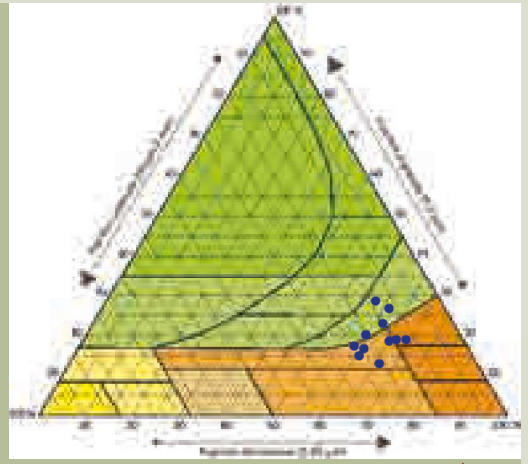
Grâce à ces classes granulométriques, on peut définir la texture d'un sol (triangle textural ci-contre).

Pédologiquement parlant, l'appellation sol à «argile blanche» n'est pas tout à fait appropriée, car si l'on considère la granulométrie des horizons à «argile blanche», on notera que la majorité de ceux-ci sont plutôt limoneux (voir figure ci-contre).

Les sols à «argile blanche» sont eux-mêmes associés à la présence d'un plancher imperméable à faible profondeur, raison pour laquelle ils présentent un régime hydrique, dit «alternatif». En hiver, la nappe perchée d'origine pluviale engorge les horizons de surface et crée des conditions anaérobiques (carence en air/oxygène) tandis qu'en été, l'abaissement de la nappe perchée (voire sa disparition) peut conduire à des difficultés d'approvisionnement en eau.

Argile lourde, argile lourde sableuse et argile très lourde
Argile légère, argile sableuse, argile et argile limoneuse
Limon léger, limon et limon lourd
Limon sableux et limon sableux lourd
Limon sableux léger
Sable limoneux et sable argileux
Sable

Les classes texturales de la carte des sols de Belgique
1 µm = 1 micromètre soit 0,001 millimètre



Les points bleus reprennent la position texturale des horizons à argile blanche des profils de la carte des sols de Belgique, situés sur le plateau de la Croix-Scaille (4 sols à horizon argileux pour 7 sols à horizon limoneux).

En guise de synthèse, voici la description du sigle de la carte des sols de Belgique de l'endroit. La légende de la carte des sols de Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, la carte est publiée à l'échelle 1/20.000 et des très petites plages de sols n'ont pu être représentées.

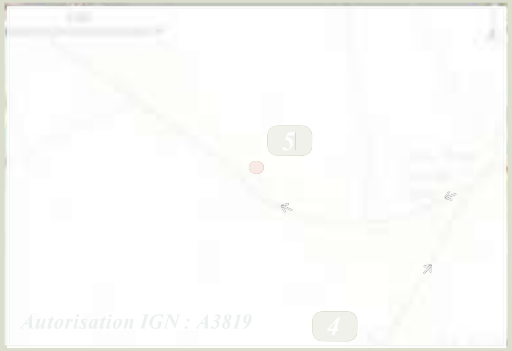
Description du sigle Gixfi0_1(r)(v3)

- Position physiographique : plateaux et pentes.
- Matériau textural G : sols limono-caillouteux.
- Drainage naturel i : pauvre, sans horizon réduit (sols très fortement gleyifiés; en principe sur nappe phréatique temporaire).
- Développement de profil (horizon diagnostique) x : développement de profil non défini.
- Nature de la charge en éléments grossiers fi : schisto-phylladeuse.
- Profondeur d'apparition du substrat 0_1 : substrat débutant à plus de 80 cm ou 125 cm de profondeur.
- Volume de la charge en éléments grossiers : entre 15% et 50%.
- Phase(s) diverse(s) : (r) phase à charge modérée de petits cailloux non phyllitiques (v3) phase à couverture tourbeuse entre 20 et 40 cm d'épaisseur.



Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1/20.000 (P. Avril, 1972).

Retournez sur la route et poursuivez votre chemin. Au carrefour, prenez à gauche et progressez sur environ 180 m. Vous verrez sur votre droite un tube métallique sortant du sol.





Un piézomètre vu de l'extérieur avec le tubage de surface 1 *et la margelle en béton* 2.

Il s'agit d'un **piézomètre**. Pour les hydrogéologues, un piézomètre est une «fenêtre ouverte» sur une nappe aquifère. En effet, lorsqu'il est équipé d'une sonde mesurant la hauteur d'eau, un piézomètre permet d'étudier les processus de vidange et de recharge de la nappe.

*Un **piézomètre** est un forage vertical dans le sol et/ou sous-sol consolidé par un tubage. À l'intérieur de celui-ci, est placé un tube crépiné (percé de petits trous). Il permet la mesure du niveau de la nappe aquifère en un point donné.*

La vidange d'une nappe se fait par gravité vers les points topographiques les plus bas (les fonds de vallées) et alimente les cours d'eau.

Dans nos régions, cette vidange est surtout observée au printemps et en été. En automne et en hiver, les nappes de nos régions se rechargent généralement, «gagnant» de l'eau.

Pourquoi cette variation au fil des saisons?

Pour que la recharge d'une nappe ait lieu, il faut que la pluviométrie soit importante. Lorsqu'il pleut, l'eau va d'abord être utilisée par la végétation et être évaporée du sol.

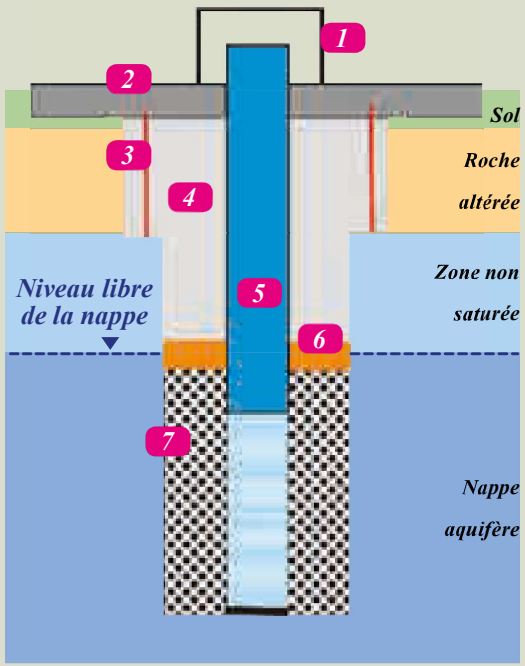


L'intérieur d'un piézomètre avec le tubage de surface 1 *et la partie aveugle du tube de PVC* 5.

Si la quantité d'eau pour satisfaire ces deux processus est dépassée, l'eau restante va être disponible pour les processus de ruissellement et d'infiltration vers la nappe.

L'eau utile étant plus abondante en automne et en hiver, le processus d'infiltration recharge la nappe compensant et surpassant même le processus de vidange. Le niveau de la nappe augmente donc.

Schéma de l'équipement d'un piézomètre.



Au printemps et en été, l'évaporation du sol et l'évapotranspiration de la végétation consomment plus d'eau que celle disponible suite aux précipitations, le processus de vidange prédomine et la nappe se «vide».

Lorsqu'on parle d'un piézomètre, il s'agit donc d'un puits équipé:

- 1 *d'un tubage de surface,*
- 2 *d'une margelle en béton,*
- 3 *d'un tubage d'acier,*
- 4 *d'un coulis de ciment,*
- 5 *d'un tube en PVC aveugle dans sa partie supérieure et crépiné (avec des petits trous) dans sa partie inférieure,*
- 6 *d'un bouchon d'argile,*
- 7 *d'un massif filtrant;*

qui permettent l'isolement de l'ouvrage vis-à-vis des pollutions et des eaux «étrangères» : eaux de pluies et eaux provenant d'autres nappes aquifères. De plus, certaines parties aident à la consolidation de l'ouvrage (3, 4 *et* 5*). Le massif filtrant retient les particules fines qui pourraient boucher les crépines.*

Le niveau piézométrique (hauteur d'eau dans le puits) est mesuré par une sonde placée dans le piézomètre selon le pas de temps choisi.

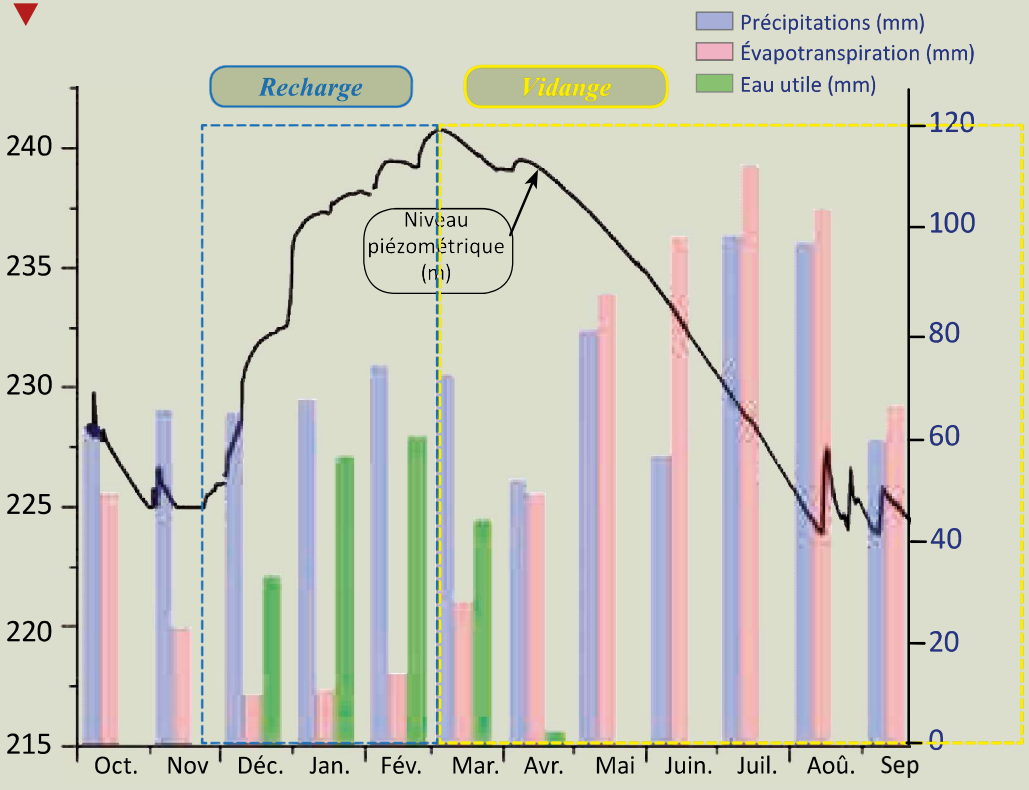
Grâce à ces données, les hydrogéologues peuvent construire des courbes piézométriques. Celles-ci leur permettent de comprendre la dynamique de la nappe aquifère.

*L'**hydrogéologie** est la discipline de la géologie qui étudie les eaux souterraines.*

L'**hydrogéologie** comprend également l'hydrochimie qui, elle, étudie la composition chimique des eaux souterraines et eaux de surface.

Cette composition dépend des éléments dissous dans l'eau d'une nappe aquifère et est directement influencée par la nature des roches qui la contiennent. Les éléments systématiquement présents dans les eaux naturelles en quantités relativement importantes sont appelés « éléments majeurs ».

Courbe piézométrique d'une nappe aquifère et données climatiques

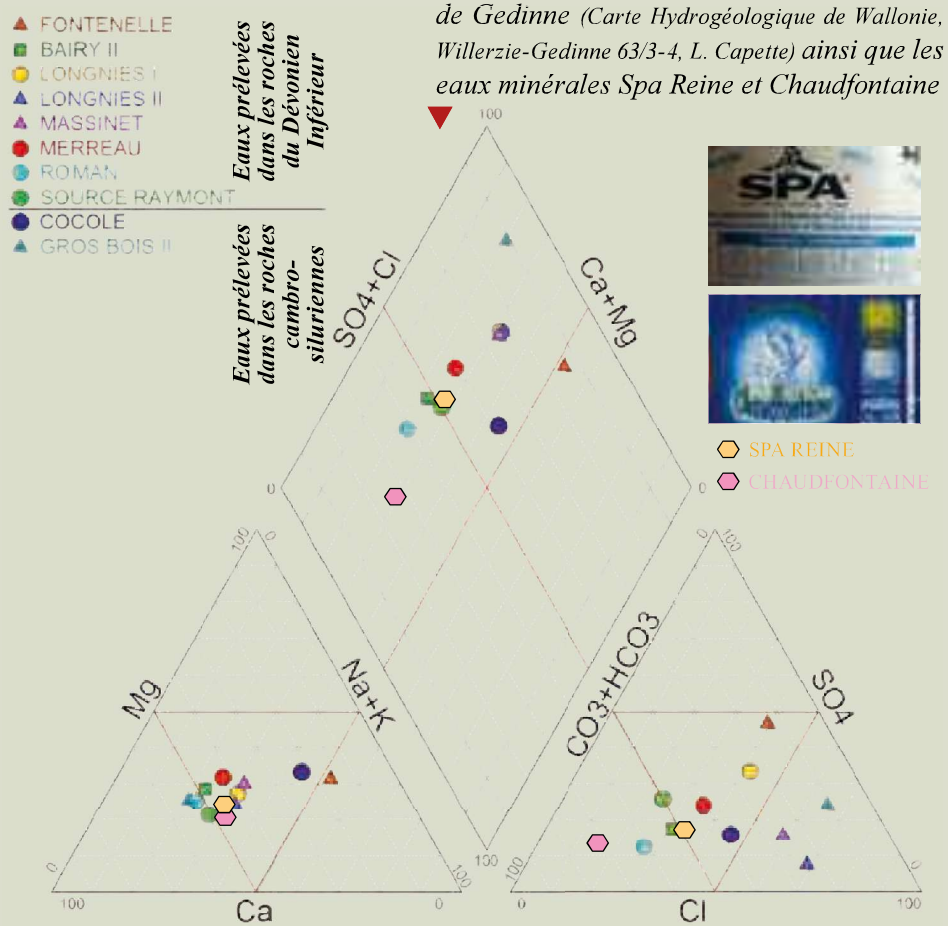


Il s'agit principalement des éléments ou groupements suivants :

- calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), potassium (K^{+}), sodium (Na^{+}), fer (Fe^{2+}), manganèse (Mn^{2+}),...
- sulfates (SO_4^{2-}), bicarbonates (HCO_3^{-}), chlorures (Cl^{-}), nitrates (NO_3^{-}), ...

Une analyse chimique de ces éléments permet de classifier les eaux souterraines. Grâce à la méthode du diagramme de Piper (1944), les eaux d'origine différente sont aisément différenciées. Les eaux retrouvées dans la région sont faiblement minéralisées du fait de leur faible teneur en ions dissous (Total Dissolved Solids - TDS) qui ne dépasse pas une centaine de milligrammes par litre.

Diagramme de Piper montrant les analyses chimiques de plusieurs eaux de la région de Gedinne (Carte Hydrogéologique de Wallonie, Willerzie-Gedinne 63/3-4, L. Capette) ainsi que les eaux minérales Spa Reine et Chaudfontaine



Continuez à descendre la route sur 400 m.



Regardez sur votre gauche, vous observerez deux dépressions dans le bois.

Il s'agit de la marque laissée par une ancienne exploitation. Les habitants des alentours ont exploité le sous-sol pour l'empierrement des chemins de la région.

Du fait de cette ancienne exploitation, le sol et le sous-sol ont été remaniés. Vous retrouverez aux abords de la dépression des fragments de roches locales. Vous pouvez ainsi identifer des phyllades et des blocs de quartzites (voir fiche suivante). Ces roches se différencient par la taille des particules ainsi que par les minéraux qui les composent.

Un quartzite est une roche composée de grains de quartz soudés les uns aux autres. Elle est formée par cimentation d'un sable lors de la ***diagénèse*** ou par recristallisation, lorsqu'un grès subit

Classes granulométriques des roches sédimentaires

Induration

Granulométrie	Roche meuble	Roche dure
< 4µm	Argile	Schiste
4 µm à 62µm	Silt	Siltite
63 µm à 2 mm	Sable	Grès
> 2 mm	Gravier	Conglomérat

un métamorphisme (transformation d'une roche sous l'effet de l'élévation de la température et/ou de la pression). Un grès est une roche sédimentaire détritique constituée de particules entre 63 µm et 2 mm dont au moins 85% sont des grains de quartz (SiO_2).

*La **diagénèse** est l'ensemble des processus que va subir un dépôt sédimentaire meuble et qui vont le transformer petit à petit en une roche sédimentaire indurée.*

Les phyllades sont un type de schiste prisé dans le domaine ardoisier. Un schiste est une roche à granulométrie très fine faite de particules argileuses, présentant une structure en feuillets (schistosité). Cette schistosité est due à la réorientation préférentielle des particules argileuses perpendiculairement aux forces de compression.

Les forces de compression peuvent provenir soit :

- de l'accumulation de nouveaux sédiments au-dessus des sédiments argileux 1 2 . La schistosité se développe alors perpendiculairement à la pression lithostatique et « parallèlement » à la surface de dépôt (plan de stratification ou S_0). Il faut cependant une charge rocheuse de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur ;
- de forces tectoniques mises en jeu lors d'un plissement (compression), comme la formation d'une chaîne de montagnes. De manière générale, la schistosité associée aux plis est parallèle au plan axial du pli ou légèrement en éventail 3 . Elle est dès lors sécante par rapport au plan de stratification. En outre, il est très fréquent que ce dernier soit effacé presque totalement par la schistosité, compliquant l'analyse de l'affleurement par le géologue.

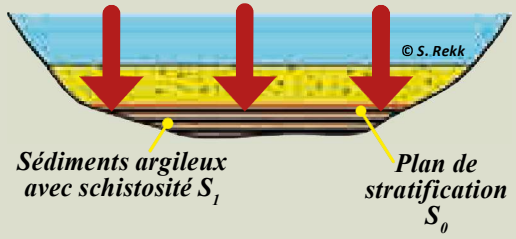
Les phyllades ont acquis leur schistosité sous l'effet de forces tectoniques. Elles sont par ailleurs composées en partie par des minéraux typiques d'un certain degré de métamorphisme, tels que la chlorite (mica vert) ou la séricite (mica blanc).

Schéma de la mise en place de la schistosité. lors de la diagénèse (2) ou d'un plissement (3)

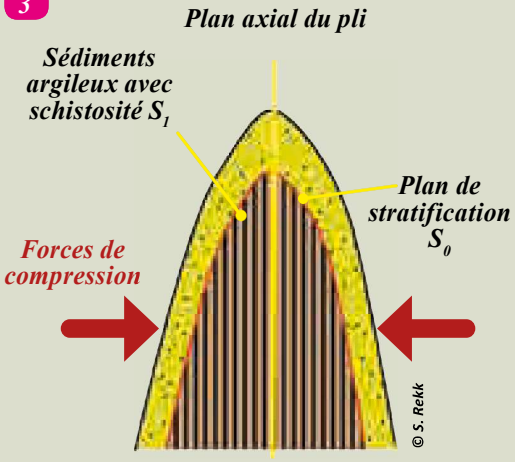
1



2



3



Observez les fragments de roches qui se retrouvent sur le pourtour de la dépression.



Ils sont similaires aux roches qui se rencontrent au cours de cet itinéraire. Vous trouverez essentiellement des blocs de quartzite, de quartz et des phyllades.

Le quartzite est de couleur gris clair et possède une granulométrie fine. Le quartz, issus de veines minéralisées, est blanc.



▲ *Bloc de quartz*

Vous reconnaitrez les phyllades à leur teinte gris-brun moyenne à foncée. De plus, ces roches présentent un litage caractéristique qui donne à la roche un aspect en «feuillets».



▲ *Autour de la fosse d'extraction*



▲ *Exemple d'un bloc présentant un contact net entre du quartz (en blanc) et du quartzite*

Par ailleurs, sur certains blocs de quartzite, vous pourrez observer des petis trous de forme cubique. Il s'agit d'empreintes laissées par un minéral appelé la pyrite. La pyrite est un sulfure de fer de couleur jaune et à l'éclat métallique, aussi appelé «l'or des fous», en raison de sa ressemblance avec l'or.



▲ *La pyrite s'altère très facilement en conditions oxydantes, laissant ses empreintes cubiques comme indice de sa présence avant dissolution.*

Cubes de pyrite ▶



Sur l'extrait de la carte des sols de Belgique, la dépression observée est associée au sigle OE qui correspond effectivement à la catégorie «fosse d'extraction». Cet exemple permet d'insister ici sur le travail du pédologue qui parcourt le terrain et sonde le sol selon un quadrillage minutieux et très serré.

Le modèle numérique de terrain (MNT), qui permet de visualiser le relief par des ombrages de gris, met également bien en évidence la fosse observée.

Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1/20.000 (P. Avril, 1972).



En guise de synthèse, voici la description du sigle de la carte des sols de Belgique de l'endroit. La légende de la carte des sols de la Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, la carte est publiée à l'échelle 1:20.000 et des très petites plages de sols n'ont pu être représentées.

Description du sigle OE : Série spéciale : fosse d'extraction.



Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu du vol Lidar 2013-2014 (SPW) montrant la fosse d'extraction (SPW, Géoportail http://geoportail.wallonie.be)

Au prochain croisement, prenez le chemin à gauche. Continuez environ 180 m et empruntez le coupe-feu à droite (piquetage). Faites 30 m et entrez dans le bois à droite.



Vous pouvez observer devant vous une fosse que l'on a l'habitude d'appeler un profil pédologique.

Un profil pédologique est constitué d'une coupe verticale dans un sol depuis sa surface jusqu'à atteindre, théoriquement, un matériau relativement peu altéré. Il permet de mettre en évidence l'épaisseur, la couleur, la structure et la succession de différentes couches de sol appelées «horizons». Cette définition conventionnelle ne peut faire oublier que des observations très intéressantes peuvent être aussi faites sur les faces latérales de la fosse.

Ce profil pédologique fait partie d'un réseau de profils établis pour étudier les charges critiques en polluants acidifiants et en éléments en traces métalliques, que peuvent supporter les sols en Wallonie (Brahy & Delvaux, 2000[1]).

L'exposition à un ou plusieurs facteurs de stress (sécheresse, surexploitation de la biomasse forestière, dépôts de polluants atmosphériques) peut avoir un effet nuisible sur des éléments de l'écosystème (arbre, végétation herbacée, sol, eau de surface, etc.). La notion de charges critiques est une expression employée dans un contexte environnemental. Elles correspondent aux quantités maximales de dépôts atmosphériques (en polluants acidifiants et/ou en éléments traces métalliques) que les sols peuvent supporter, avant que cela ne provoque des altérations du sol susceptibles d' engendrer des effets néfastes à long terme sur le fonctionnement de l'écosystème forestier.

On note que le profil de la Croix-Scaille se révèle être l'un des plus acides de tout le réseau étudié. Ceci est dû notamment aux caractéristiques du matériau parental, du sol et à la nature des éléments minéraux et organiques qui le composent.



▲ *Carte du réseau des profils établis pour étudier les charges critiques dans les sols en Wallonie (Brahy & Delvaux, 2000).*

Ce profil limono-caillouteux est typique des sols bruns acides ardennais. Le matériau parental est composé d'un mélange de limon éolien allochtone (ou loess) et d'un produit d'altération de pierres quartzitiques et de roches phylladeuses autochtones.

Pédologiquement parlant en surface de cette fosse, on distingue 6 horizons :

- l'horizon O épais de quelques centimètres : il est constitué de la litière (Ol), d'un sous-horizon de fragmentation/fermentation (Of) et d'un sous-horizon composé d'humus (Oh). Avec l'horizon Ah, ils forment un humus de type moder.
- l'horizon hémiorganique Ah. Comme son nom l'indique, il est composé d'un mélange de fraction minérale et de fraction humifiée. Il présente une épaisseur de 5 à 10 cm.
- l'horizon A/B est un horizon de transition entre l'horizon Ah et l'horizon Bw sous-jacent ; il a une épaisseur d'une dizaine de centimètres.
- l'horizon structural Bw. Il s'agit d'un horizon d'altération (le «w» est l'abréviation en anglais de weathering qui signifie altération) de la roche mère dans lequel se distingue une structure. On y retrouve également des pierres quartzitiques.

Observation de 6 horizons distincts (ou groupe d'horizons, horizons O) sur ce profil. ▼



[1]Brahy & Delvaux, 2000. ***Estimation des quantités d'ammonium et de bases cationiques mobilisées à partir de 10 sols forestiers wallons, suite à des apports croissants d'acide***, *Université Catholique de Louvain - Service Publique de Wallonie*

• l'horizon de transition B/C, qui est la transition entre l'horizon Bw et l'horizon C.

• l'horizon matériau parental C, qui constitue la roche mère pédologique. Celle-ci est constituée de cailloux phylladeux dont l'altération enrichit le limon en argile.

Le pH_{eau} des horizons A_h et A/B est de 3,9 et l'horizon B_w présente un pH de 4,5. Les mesures effectuées démontrent également que la réserve minérale du sol en cations basiques facilement disponibles est trop faible pour empêcher l'acidification du milieu.

En outre, une lecture géomorphopédologique du profil indique une discontinuité lithologique. Les pierres dans l'horizon Bw sont constituées de quartzites soliflués dans une matrice de limon éolien décarbonaté, alors que la charge caillouteuse présente dans l'horizon C est constituée de phyllades englobés dans une matrice argilo-limoneuse. Cette discontinuité lithologique doit être interprétée comme le résultat de la solifluxion.

Ce phénomène est clairement illustré au niveau du profil.



▲ *En liseré rouge, pierres quartzitiques et en tireté jaune sommet des cailloux phylladeux altérés.*

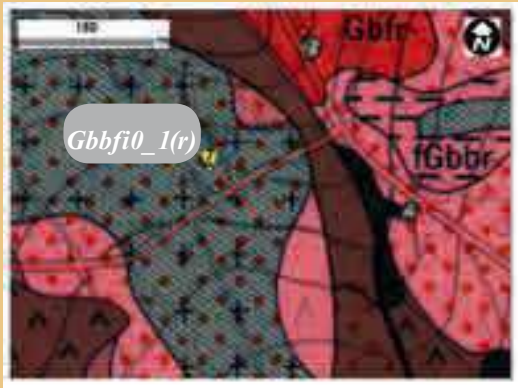
La solifluxion correspond à un écoulement lent du sol superficiel gorgé d'eau et riche en colloïdes argileux (couche active) le long d'une pente, sur un sous-sol gelé (pergélisol) dans un environnement périglaciaire. Ce mouvement de masse ne doit pas être confondu avec l'érosion en nappe, en rigole ou en ravine.

Dans un environnement périglaciaire, on peut imaginer que la partie supérieure du sol du versant contenant des quartzites était plus ou moins fluide et qu'elle s'écoulait progressivement vers le bas des bancs, au-dessus d'un versant composé essentiellement de phyllades.



▲ *Schéma géomorphopédologique illustrant le glissement des pierres quartzitiques sur la pente et la discontinuité lithologique du profil.*

Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1/20.000 (P. Avril, 1972).



En guise de synthèse, voici la description du sigle de la carte des sols de Belgique de l'endroit. La légende de la carte des sols de Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, la carte est publiée à l'échelle 1/20.000 et des très petites plages de sols n'ont pu être représentées. Ici la phase (r) est un euphémisme car on trouve des pierres quartzitiques et non pas des petits cailloux non phyllitiques .

Description du sigle Gbbfi0_1(r)

- Position physiographique : plateaux et pentes.
- Matériau textural G : sols limono-caillouteux .
- Drainage naturel b : favorable (sols non gleyifiés).
- Développement de profil (horizon diagnostique) b : horizon B structural.
- Nature de la charge en éléments grossiers fi : schisto-phylladeuse.
- Profondeur d'apparition du substrat 0_1 : substrat débutant à plus de 80 cm ou 125 cm de profondeur.
- Volume de la charge en éléments grossiers : entre 15% et 50%.
- Phase(s) diverse(s) : (r) phase à charge modérée de petits cailloux non phyllitiques.

Revenez sur la route et avancez sur une distance de 50 m dans le bois en face, au Sud-Est.

Vous êtes face à une placette clôturée du suivi intensif des écosystèmes forestiers.

Cette placette de suivi a été équipée et financée par l'Europe et la Wallonie. Elle est gérée par l'Université Catholique de Louvain, à des fins de gestion technique et scientifique. L'objectif de ce suivi est de décrire et de comprendre l'évolution de la santé des peuplements forestiers en Wallonie, dans un contexte d'évolution des variables environnementales, telles que les retombées atmosphériques et le climat.

Actuellement, il existe deux types de réseau en Wallonie : le niveau I (réseau «extensif») et les niveaux II et III (réseaux «intensifs»).

Huit placettes d'observations intensives des forêts ont été installées en Wallonie depuis 1995 (niveaux II et III). Ce réseau intensif wallon fait lui même partie d'un réseau européen comptant plus de 800 placettes.

Les types de monitoring effectués sont repris au tableau ci-contre.

Grâce aux mesures effectuées à Gedinne depuis 1995, on peut observer une nette diminution des teneurs en polluants atmosphériques acidifiants (oxydes de soufre et d'azote), qui étaient responsables du dépérissement des forêts dans les années 80. Ces résultats confirment, tout en les actualisant, les études initiales du Centre de Pédologie Forestière de Gembloux - ABT - ULiège (voir notamment: Weissen, 1996. *Dix ans plus tard: l'état de la question sur le dépérissement en forêt wallonne*. Silva Belgica, n°5).

Par ailleurs, les calculs de flux d'eau et de nutriments réalisés à partir des mesures d'humidité et des analyses des solutions de sol confirment le faible niveau trophique (sol pauvre en nutriments) et le degré d'acidification et d'altération important de ces sols (faibles flux en cations basiques (calcium, magnésium,...) et présence élevée de silicium et d'aluminium issus de l'altération des minéraux alumino-silicatés du sol).

	Niveau I*	Niveau II	Niveau III
Nombre de placettes	45	4	4
Etat sanitaire des couronnes	v	v	v
Phénologie	v	v	v
Dendrométrie	v	v	v
Propriétés des sols	v	v	v
Végétation herbacée	v	v	v
Composition foliaire		v	v
Retombées d'éléments via les chutes de feuilles		v	v
Observations météorologiques			v
Retombées atmosphériques			v
Propriétés des sols			v
Disponibilité en eau dans le sol			v
Eléments dissous dans la solution du sol			v

▲ *Monitoring de la santé des écosystèmes forestiers dans les réseaux extensif I et intensifs II et III. La fréquence d'observation est adaptée à chaque paramètre (1 heure – 10 ans) (ELIe[1], 2015).*









a) Echantillonnage de sol. b) Mise en place de sondes d'humidité. c) Dispositifs pour étudier les flux d'eau et d'éléments. d) Prises d'échantillons foliaires (ELIe[1], 2015). ▶

[1]*Earth and Life Institute environnement, 2015.* ***Réseaux wallons de suivi des écosystèmes forestiers: apports du groupe UCL-Sciences forestières****, Université Catholique de Louvain.*

Après la placette de l'UCLouvain, prenez le 5ème coupe-feu sur votre gauche. Progressez sur celui-ci sur environ 350 m en longeant la limite Est de la Fange de l'Abîme. A la fin du chemin, prenez à droite puis tout de suite à gauche pour monter un petit sentier à travers bois. En haut de ce sentier, reprenez un chemin principal vers la droite; il s'agit d'un chemin transfrontalier. Quelques dizaines de mètres plus loin, vous verrez un piquetage. Arrivé à sa hauteur, marchez plein Nord sur une distance de l'ordre de 25 m.



Vous êtes normalement en plein sur une aire de faulde.

L'aire de faulde, sur laquelle vous vous trouvez, présente un diamètre de 10 à 15 m. Elle est légèrement bombée et se présente sous la forme d'une petite terrasse (d'une quinzaine de centimètres de hauteur).

Dans les premiers centimètres du sol de cette aire de faulde, de nombreux fragments de charbon de bois sont encore présents.

Une aire de faulde (encore appelée charbonnière) est un terme de métallurgie issu de nos régions. Il désigne une aire sur laquelle on établit les meules de carbonisation pour produire du charbon de bois.



▲ *Aire de faulde circulaire caractérisée par un micro-relief.*



▲ *Fragments de charbon de bois extraits près de la surface du sol.*

Le schéma ci-après illustre les différents horizons qui se succèdent dans une aire de faulde de type terrassée sur terrain en pente. On distingue 4 horizons.

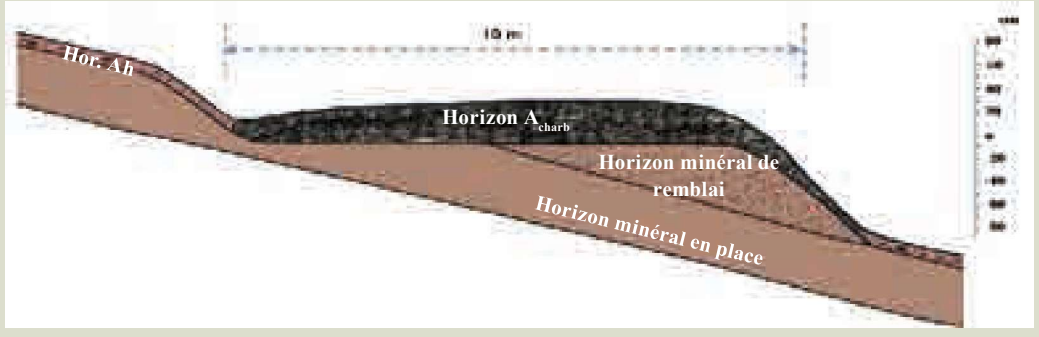


Schéma d'une aire de faulde sur terrain en pente (Hardy & Dufey, 2013[1]). ▲

L'horizon charbonnier A_{charb} est un horizon de surface enrichi en charbons de bois. Ce dernier repose partiellement sur l'horizon minéral en place et sur un horizon minéral de remblai. Il se prolonge également sur le rebord de la terrasse vers la pente, en formant un bourrelet. Ce phénomène s'explique par l'étalement du charbon de bois vers le bas. À l'extérieur de l'aire de faulde, l'horizon minéral en place est surmonté par un horizon de surface hémiorganique naturel Ah.

Cette aire de faulde témoigne,



▲ *Horizon A_{charb}*

comme 400.000 autres (première estimation) en Wallonie, du riche passé charbonnier de nos forêts aux XVIII et XIX siècles. Le charbon de bois alimentait les hauts fourneaux avant le développement de la sidérurgie dans les grands bassins industriels et l'utilisation de la houille pour fournir l'énergie nécessaire.

Les meules charbonnières étaient édifiées par un empilement de bûches de petit diamètre (issues du taillis), qui étaient ensuite recouvertes de terre afin d'assurer la pyrolyse du bois (ou carbonisation, combustion partielle en absence d'oxygène).



Meule réalisée au départ du taillis et prête à être enflammée (Hardy & Dufey, 2013).

[1]*Hardy & Dufey, 2013.* ***Recherche d'intérêt général et pluridisciplinaire relative au repérage et à la caractérisation des aires de faulde en Wallonie****, rapport final, convention n°11/13342, UCL Earth & Life Institute, Louvain-la-Neuve, SPW Direction Générale Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement, Namur.*

La pyrolyse est la transformation thermique du bois. Le bois se transforme en charbon de bois, mais également en composés volatils (hydrocarbures, CO, CO2, acide acétique) et en goudrons (hydrocarbures lourds). La pyrolyse est réalisée en l'absence d'oxygène ou sous une atmosphère pauvre en oxygène pour éviter l'oxydation et la combustion complète en cendres. L'opération ne produit donc pas de flammes.

Le volume des meules pouvait être très variable, d'une dizaine à une centaine de stères.

Après carbonisation et refroidissement de la meule, la couche de terre était dégagée grossièrement et le charbon de bois retiré avec des râteaux. Après cette opération, il restait sur place un résidu appelé frasil, composé d'un mélange terreux de poussières et de petits fragments de charbons de bois. Ce matériau était réutilisé pour recouvrir les meules lorsque les aires de faulde étaient reconstruites aux mêmes endroits pour de nouvelles opérations de carbonisation.

Habituellement, la présence de forges ou de hauts fourneaux est liée à celle de charbonnières.

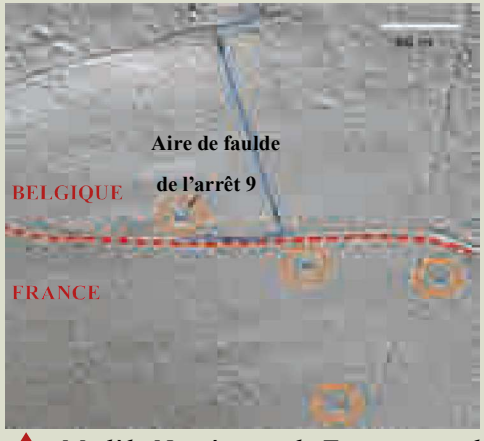


Carte des hauts fourneaux et anciennes forges de Wallonie (modifié de: Hardy & Dufey, 2013[1], origine des données: Evrard, 1956. Forges anciennes. Ed. Solédi, 225 p.).

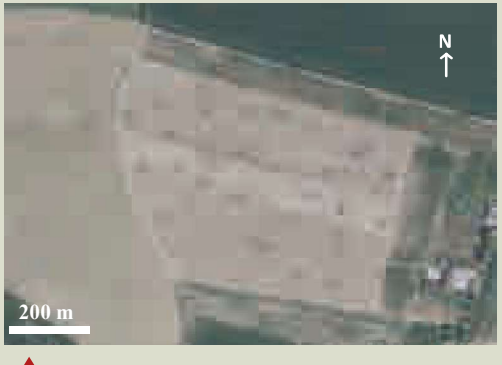
A proximité immédiate des aires de faulde de la Croix Scaille, aucune forge ou haut fourneau n'a été répertorié en Belgique. Le charbon de bois était donc probablement transporté vers la France dans la pointe de Givet, non loin de la Croix Scaille, où il existait un haut fourneau qui offrait un débouché pour le charbon de bois comme le montre la carte exposée ci-dessous à gauche.

Actuellement, sous forêt, il est assez facile d'identifier les aires de faulde grâce au Modèle Numérique de Terrain issu du vol LiDAR 2013-2014 (SPW, Géoportail http://geoportail.wallonie.be). Ces aires apparaissent comme des «boutons» dans la forêt, illustrant ainsi la faible différence de relief entre le centre de l'aire de faulde et son périmètre (figure ci-contre).

Sous culture, le microrelief des aires de faulde a complètement disparu suite aux travaux culturaux, essentiellement le labour. Pour déceler des aires de faulde sous culture, il faut utiliser les orthophotoplans aériens ou l'imagerie satellitaire à haute résolution qui permettent de distinguer des taches noires, taches qui peuvent être aussi observées à l'œil nu au printemps sur terre nue (figure ci-contre).



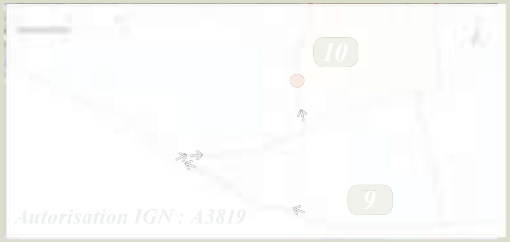
Modèle Numérique de Terrain issu du vol Lidar 2013-2014 (SPW, Géoportail http://geoportail.wallonie.be) montrant 4 aires de faulde de part et d'autre de la frontière



Présence de taches noires (aires de faulde), dans la commune d'Ermeton-sur-Biert (Orthophotoplan de 2006, SPW) (SPW, Géoportail http://geoportail.wallonie.be).

Hardy & Dufey, 2013. **Recherche d'intérêt général et pluridisciplinaire relative au repérage et à la caractérisation des aires de faulde en Wallonie**, rapport final, convention n°11/13342, UCL Earth & Life Institute, Louvain-la-Neuve, SPW Direction Générale Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement, Namur.

Poursuivez votre chemin vers l'Ouest sur environ 300 m. Tournez ensuite sur votre droite et à nouveau à droite 20 m plus loin (suivez le piquetage jaune). Marchez presque 200 m, ouvrez le portique et empruntez le caillebotis sur votre gauche. Avancez sur ce dernier sur 200 m et arrêtez-vous.



Vous allez ainsi traverser du Sud au Nord la réserve naturelle de la Fange de l'Abîme.

La Fange de l'Abîme abrite un milieu d'intérêt biologique exceptionnel ; c'est pour cette raison qu'elle a été classée comme Réserve Naturelle Domaniale. Elle est un des derniers vestiges de tourbières à sphaignes en Wallonie.

La Fange de l'Abîme se compose de deux habitats Natura 2000, d'une part les tourbières hautes dégradées et d'autre part les tourbières boisées (la boulaie tourbeuse).

L'illustration ci-après met en évidence le sol tourbeux de cette réserve naturelle.

La bêchée permet d'identifier la texture fibreuse de la tourbe. Cette



Bêchée de tourbe illustrant bien la texture fibreuse, ressemblant à un tissu.

texture est caractéristique de la transformation des sphaignes. Ce type de tourbe, considérée comme jeune, présente d'autres caractéristiques essentielles comme sa faible densité, sa forte teneur en eau et sa faible teneur en cendres minérales.

La morphologie des tourbières évolue au cours du temps. On distingue deux stades majeurs, en fonction du mode d'alimentation en eau, caractérisant la tourbière basse (aussi appelée soligène) et la tourbière haute (aussi appelée ombrotrophe).

La page suivante reprend les deux schémas caractéristiques de la formation d'une tourbière basse et d'une tourbière haute.

La tourbière basse se forme si 3 conditions indispensables sont rencontrées: une présence d'eau importante, une température relativement basse et une topographie favorable à la retenue des eaux.

La tourbière basse se constitue progressivement en commençant par l'établissement d'une couche de végétation flottante qui retient l'eau. Ce stade pionnier va conduire à la formation d'un *radeau flottant*. L'accumulation de la matière organique favorise l'épaississement du radeau et une végétation qui évolue. La tourbière est située en bas de versant qui l'alimente par des sources. Les sphaignes jouent un rôle crucial dans cet écosystème particulier car elles participent activement à l'acidification du milieu et à la production de tourbe.

La tourbière commence alors à se bomber suite à l'empilement et à l'accumulation de matières végétales putréfiées. Elle se transforme en une tourbière haute, qui est essentiellement alimentée par les précipitations. Cet assèchement superficiel accentue le développement de nouvelles espèces végétales.

Une tourbière haute n'est pas nécessairement liée à l'évolution d'une tourbière basse. Elle peut aussi résulter du fait d'être en position de plateau initialement.

Une tourbière est un écosystème particulier composé principalement de plantes dites hydrophiles (spécifiques au milieu aquatique) dont la croissance et la succession, dans le temps et dans l'espace, entraînent une accumulation de quantités importantes de matières végétales. Ces matières végétales (plantes aquatiques mortes et accumulées) se décomposent très lentement du fait des conditions météorologiques défavorables (pluviométrie élevée et faibles températures) et des conditions pédologiques particulières caractérisant ce milieu : sols engorgés, peu oxygénés et acides. Il en résulte un matériau, contenant jusqu'à 50 % de carbone stable, qui se nomme tourbe. Elle comprend toute la masse végétale, vivante dans sa partie supérieure et putréfiée en profondeur. Elle constitue aussi un sol dont la terminologie internationale est Histosol, du grec «histos» qui signifie tissu, car la texture fibreuse de la tourbe composée de débris végétaux ressemble à un tissu.



Schémas caractéristiques d'une tourbière basse (dite soligène (a)) et d'une tourbière haute (dite ombrotrophe (b)) (https://sites.uclouvain.be/tourbiere/biere/6._Evolution.html).

Parmi les plantes qui occupent actuellement ce type de tourbière, on peut notamment retrouver les espèces suivantes : sphaigne, molinie, canneberge, linaigrette, myrtiller, bruyère, saule, bouleau ainsi que 2 espèces rares ou rarissimes telles que l'osmonde royale et l'orchis des sphaignes. Attardons-nous sur deux espèces en particulier.

Les cellules des sphaignes disposent d'une capacité d'adsorption de l'eau très importante. Cette propriété a un impact direct sur la formation des tourbières car elle permet de maintenir un microclimat frais et humide à la surface de la tourbière. Elles peuvent ainsi proliférer rapidement et forment des colonies très denses.

L'osmonde royale, fougère rarissime en Wallonie, est l'élément le plus remarquable de la flore de la Fange de l'Abîme. Elle se présente ici sous la forme d'un massif d'une dizaine de touradons.



Fange de l'Abîme : tourbière au premier plan et tourbière boisée, boulaie tourbeuse au second plan.

Un touradon est une structure végétale en motte arrondie, typique des tourbières.

Massif d'osmonde royale de la Fange de l'Abîme.



Tapis de sphaignes dans la Fange de l'Abîme.

Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1/20.000 (P. Avril, 1972).



En guise de synthèse, voici la description du sigle de la carte des sols de Belgique de l'endroit. La légende de la carte des sols de Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, la carte est publiée à l'échelle 1:20.000 et des très petites plages de sols n'ont pu être représentées.

Description du sigle V2

- Position physiographique : plateaux et pentes ou vallées et dépressions
- «Matériau textural» V : sols tourbeux ou sols sur matériaux tourbeux
- Profondeur d'apparition du substrat 2 : substrat débutant entre 40 et 80 cm de profondeur



En continuant votre balade sur les caillebotis, prenez à gauche au carrefour. Après environ 200 m, vous arriverez à la fin de la Fange de l'Abîme.



Un petit pont traverse un ruisseau que vous longerez ensuite.

C'est le ruisseau de Marotel. Sa couleur orange est due à sa forte teneur en particules de matière organique et en fer. L'origine de ce fer est probablement liée à la présence de pyrite dans les quartzophyllades aux abords de la Fange de l'Abîme. La pyrite est un minéral de formule chimique FeS_2 (voir arrêts 6 et 14) qui en s'altérant libère des ions ferreux (Fe^{2+}). Ceux-ci migrent en solution et s'oxydent en ions ferriques (Fe^{3+}) lorsqu'ils sortent à la source. Le Fe^{3+}, en présence d'eau et de ferrobactéries, précipitera alors sous forme d'hydroxyde de fer. Ce sont ces hydroxydes de fer qui colorent les eaux du ruisseau en orange. Les ruisseaux ferrugineux, parfois accompagnés d'un caractère carbo-gazeux comme c'est le cas dans le Sud-Est de la Belgique, sont également connus sous le terme wallon de «pouhons» (A. Demoulin, ULiège, comm. personnelle).



Le ruisseau de Marotel et sa couleur caractéristique.

Une analyse réalisée sur les eaux du ruisseau de Marotel montre des teneurs en fer de 0,12 mg/l. La couleur rouge-orange du ruisseau est liée à la précipitation partielle du fer dissous en hydroxydes de fer.

L'analyse chimique a également mis en avant une forte acidité des eaux (pH de 4,4). L'acidité est ici liée au fait que le ruisseau prend sa source dans la tourbière de la Fange de l'Abîme et draine dès lors des terrains eux-mêmes très acides.

Enfin, l'analyse révèle une eau très peu minéralisée. Les sulfates (SO_4^{2-}) sont les plus présents et n'atteignent que 5,5 mg/l, tandis que les teneurs en nitrates (NO_3^-) sont inférieures à 2 mg/l. Le calcium atteint des teneurs de 1,5 mg/l. En termes de comparaison, les teneurs maximales admises par l'Organisation Mondiale de la Santé sont de 250 mg/l pour les sulfates, 50 mg/l pour les nitrates et 270 mg/l pour le calcium.

Suivez le sentier jusqu'à la route, puis prenez à droite. Marchez encore 740 m.



Sur votre gauche se trouve un épe-ron rocheux. Rejoignez-le.

Cet affleurement en bordure de route présente un feuilletage bien marqué correspondant à une schistosité grossière de direction 45° par rapport au Nord et d'une inclinaison de 35° vers le Sud-Est.

Il s'agit d'une roche particulière, propre à cette vallée et de nature volcano-sédimentaire, définie comme le niveau volcano-sédimentaire de Willerzie (Blockmans, soumis[1]).

Affleurement de l'arrêt 12 et aperçu du feuilletage qui affecte la roche.



Cette roche siliceuse, plus ou moins gréseuse, se caractérise par la présence de grains de quartz angulaires, de débris de roche d'origine volcanique et de niveaux brêchiques. Cette roche s'intercalle au sein des dépôts sédimentaires d'origine marine d'âge siluro-lochkovien.



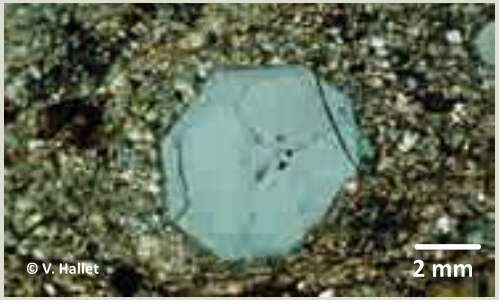
Quartz de forme angulaire observables sur l'affleurement.

Le caractère angulaire des quartz, souvent hexagonaux, montre qu'ils n'ont pas subi un transport important; sinon, à l'instar des grains d'origine sédimentaire, ils auraient une morphologie plus arrondie. Leur source est probablement liée aux filons magmatiques tout proches qui traversent le Massif de Rocroi.

Ces quartz peuvent être observés à partir de lames minces. Une lame mince est un échantillon de roche polie à un épaisseur de 0,03 mm. A cette épaisseur, les minéraux qui constituent la roche peuvent être observés par transparence et identifiés grâce à leur couleur polarisée caractéristique de la structure cristalline du minéral (c'est la biréfringence).

*Les **roches magmatiques** constituent une des trois grandes familles de roches. Les roches sédimentaires et métamorphiques étant les deux autres familles.*

Les roches magmatiques sont formées par la remontée d'un magma au sein de la croûte terrestre. Si ce magma atteint la surface terrestre, il est appelé lave. Lorsque cette lave se solidifie elle forme une roche magmatique volcanique ou effusive. Si au contraire, le magma n'atteint pas la surface et se refroidit dans la crôute terrestre, les roches seront appelées magmatiques plutoniques ou intrusives.



Ce minéral de quartz, observé en lame mince, présente des faces parfaitement développées. Sa couleur grise est caractéristique de sa biréfringence.

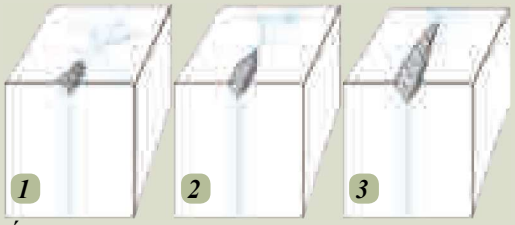
S. Blockmans, soumis. ***Carte géologique de Wallonie, Willerzie-Gedinne (63, 3-4), 1/25.000****, et sa notice explicative. Service Public de Wallonie*

Observez maintenant la dépression en forme de V en face de vous.

Cette dépression façonnée et drainée par un cours d'eau, ici le ruisseau des Rousseries, est appelée une vallée fluviatile. Elles s'est mise en place par érosion régressive suite à l'accélération de la surrection de l'Ardenne au cours du Pléistocène.

Le ruisseau a, petit à petit, entaillé le Massif de Rocroi. L'érosion dite régressive signifie qu'elle remonte de l'aval vers l'amont . Pour la vallée du ruisseau des Rousseries, l'aval correspond à la vallée de la Hulle.

Cette érosion régressive est liée aux eaux de ruissellement qui entraînent des particules dont la taille est proportionnelle à l'importance de ce ruissellement (débit) et à la pente (vitesse).



Évolution de l'érosion régressive

Il existe deux types de ruissellement : diffus ou concentré.

Le ruissellement diffus caractérise un écoulement partagé en multiples filets divagants. Il se produit sur des reliefs aux pentes faibles, ou légèrement convexes, où chaque aspérité constitue un obstacle suffisant à la séparation de l'écoulement en filets.

Le ruissellement concentré est la coalescence des filets d'eau en un seul écoulement linéaire. Il se produit sur des reliefs aux pentes fortes.

Pour un même relief, il peut se produire un ruissellement diffus lors de pluies peu intenses ou un ruissellement concentré lors d'orages.

La vallée du ruisseau des Rousseries montre les caractéristiques typiques des cours d'eau ardennais et de leur vallée:

- une vallée abrupte et encaissée;
- un cours d'eau sinueux, c'est-à-dire qui présente des méandres dans une plaine alluviale étroite.

Vue du cours du ruisseau et d'un versant depuis le fond de la vallée. Deux méandres se devinent sur la photographie



Le méandrage est dû au creusement des berges là où l'écoulement est le plus rapide (soit à l'extérieur du méandre, sur la *rive concave*) et à l'accumulation de particules là où l'écoulement n'est pas assez important pour garder ces particules en suspension (soit à l'intérieur du méandre, sur la *rive convexe*).

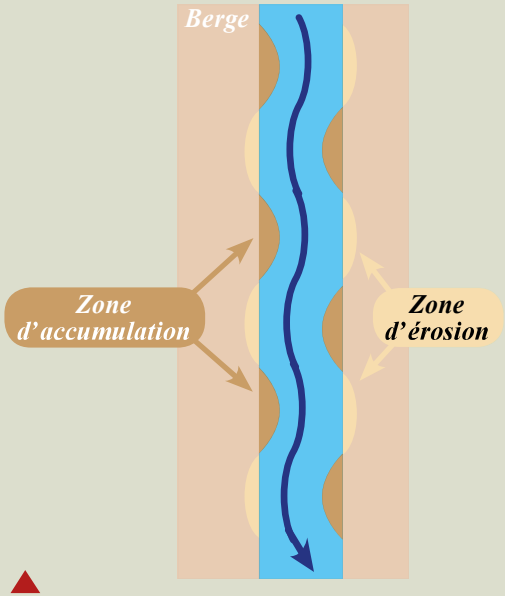


Schéma de la mise en place du méandrage

Photo aérienne du ruisseau des Rousseries (SPW, Géoportail http://geoportail.wallonie.be)



Au prochain carrefour, prenez à droite et avancez environ 275 m.



En regardant le talus sur votre gauche vous pouvez observer une paroi rocheuse.

En vous approchant de la paroi vous remarquerez que cet affleurement résulte d'une alternance de deux roches. L'une formant des bancs plus massifs, moins affectés par la schistosité et donc moins argileux. L'autre présentant une schistosité marquée, notée S_1.

L'alternance des deux types de roches permet de repérer la stratification. Celle-ci est inclinée vers le sud. Cette observation indique donc que les roches ont subi une déformation après leur dépôt. En effet, les sédiments se sont initialement déposés sur une surface proche de l'horizontalité.

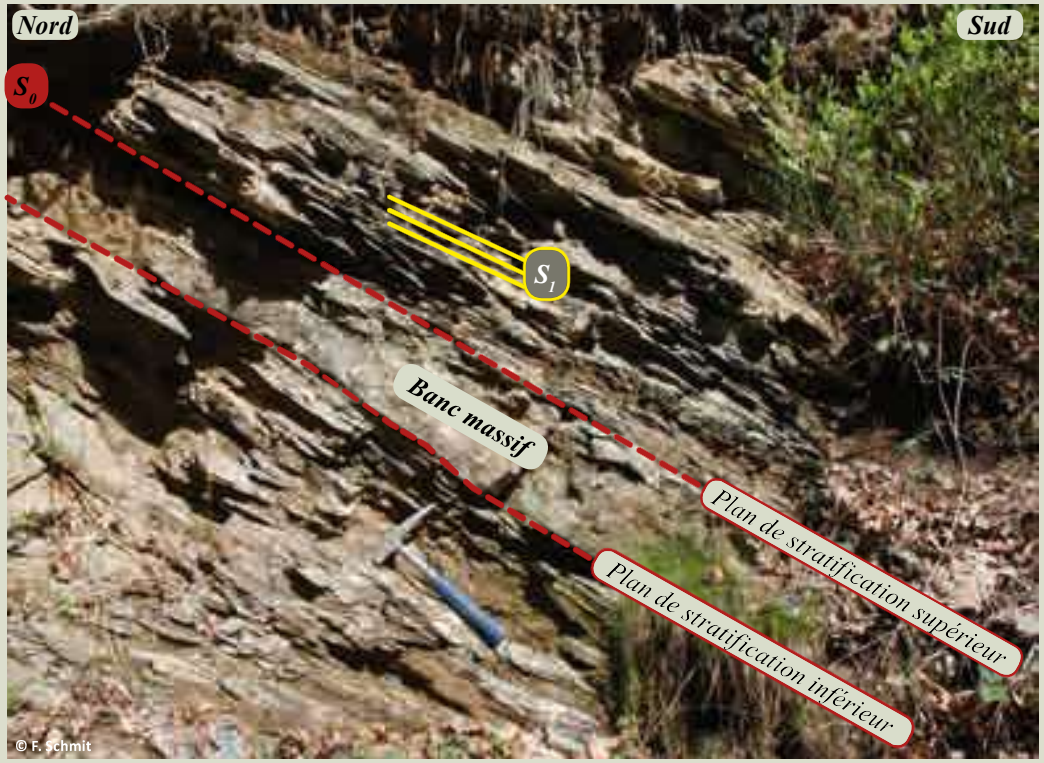
Ces roches, des quartzites pour les bancs massifs et des phyllades pour ceux présentant une schistosité marquée, appartiennent à la même formation, la Formation de Petite-Commune, d'âge cambrien supérieur (~500 Ma).

Comment expliquer la variation des teneurs en argile?

Au cours du temps, de légères modifications des conditions de dépôt dans le bassin de sédimentation, comme par exemple une augmentation de la hauteur d'eau et/ou de l'énergie du milieu, génèrent un apport de sédiments de granulométrie légèrement différente ou d'une autre nature. Ces modifications des caractéristiques des sédiments sont responsables de l'agencement en bancs bien distincts des roches sédimentaires. Cette structuration en couches ou strates est nommée « stratification » et est noté S_0. Chaque banc est délimité par un « plan de stratification inférieur », à sa base, et par un « plan de stratification supérieur », constituant son sommet. Dans un contexte de polarité normale, on peut déduire que les bancs à la base de l'affleurement sont plus anciens que ceux situés au sommet.

Lorsque les plans de stratification sont bien nets, l'inclinaison des bancs par rapport à l'horizontale peut être mesurée à l'aide d'un «clinomètre» . L'angle mesuré est nommé «pendage» des bancs. Sur cet affleurement, le pendage mesuré est de 30° à 40° vers le SE. La direction des bancs (orientation par rapport au Nord) est d'environ 60° par rapport au Nord, soit grossièrement NE-SW.

Paroi de l'ancienne carrière

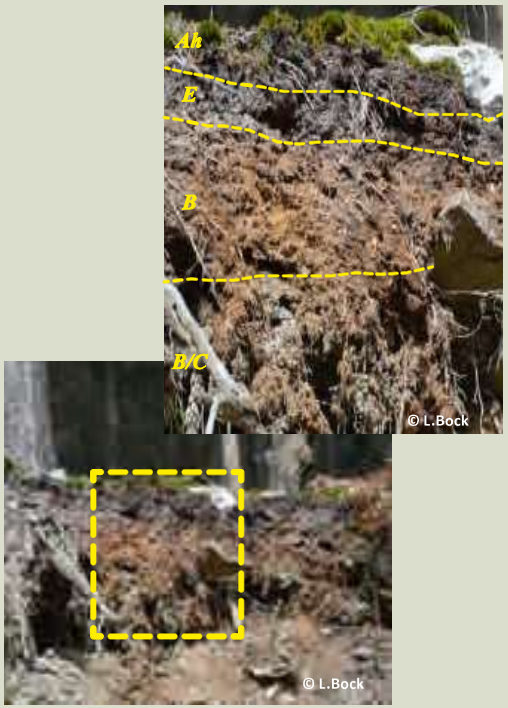


Détail de la paroi avec boussole et clinomètre



En dirigeant votre regard sur le sommet du front de carrière, vous pouvez distinguer une faible épaisseur de terre meuble.

Cette faible épaisseur, d'une vingtaine de centimètres, traduit une érosion régulière du sol sur ce versant en forte pente (environ 25 %). Toutefois, malgré cette érosion naturelle, on peut considérer qu'un sol s'est développé puisque, moyennant le rafraîchissement de la coupe, on y distingue un profil de sol avec plusieurs horizons. Ce profil de sol repose sur des bancs de phyllades



Terre meuble au-dessus du front de carrière. On y distingue 4 horizons formant un profil de sol.



Echantillons des 4 horizons composant le profil de sol. Celui-ci est très acide en particulier l'horizon blanchi E dont l'acidité est forte à très forte (pH_{eau} estimé de 5 à 4 par un kit pH de terrain).

et de quartzites qui constituent un binôme de matériaux parentaux.

En-dessous d'une couverture de mousse, on découvre un horizon hémiorganique enrichi en humus, noté $A_{h.}$

La chéluviation est un processus pédogénétique qui intervient dans la formation des sols podzoliques (sols acides très différenciés, voir arrêt 15). Dans ces conditions, les ions Al^{3+} et Fe^{3+} s'associent à des composés organiques pour former des complexes (appelés «chélates») qui migrent en profondeur.

Puis, on distingue un horizon minéral cendreux (gris blanc), noté E pour «éluvial». Ceci signifie que des éléments tels que le fer, l'aluminium et des acides organiques ont été chéluviés. Dès lors, la couleur noire de l'humus et la couleur brun ocre conférée par le fer ont disparu et la matrice est presque uniquement composée de minéraux clairs inaltérables comme le quartz.

Cet horizon éluvial surmonte un horizon B (où sont censées s'accumuler les matières chéluviées) et un horizon de transition B/C (qui traduit le contact avec les matériaux parentaux).

Le stade d'évolution le plus plausible de ce profil est celui d'un début de podzolisation avec un micro-podzol, qui se développe sur un sol brun acide ardennais typique, du fait essentiellement de : l'acidité prononcée des matériaux parentaux et d'un drainage naturel favorable particulièrement important. Ce dernier, malgré la présence de roches peu perméables, est favorisé par la pente forte et l'inclinaison des bancs de roches quasi subverticaux.



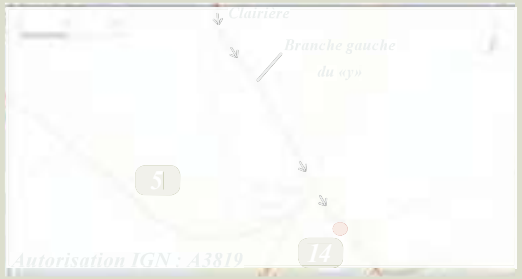
Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1/20.000 (P. Avril, 1972).

En guise de synthèse, voici la description du sigle de la Carte des Sols de Belgique affecté au profil. La légende de la carte des sols de Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, l'échelle 1/20.000 et sa légende associée n'ont pas permis de conserver toute sa richesse du levé transcrit sur des minutes au 1/5.000. Ainsi les micro-podzols ne sont pas représentés au 1/20.000 mais uniquement sur les minutes au 1/5.000; ce qui est le cas pour la minute de cet endroit.

Description du sigle Gbbfi2 (et bien entendu OE pour la carrière considérée comme une fosse d'extraction, voir un autre exemple à la fiche 6)

- Position physiographique : plateaux et pentes.
- Matériau textural G : sols limono-caillouteux.
- Drainage naturel b : favorable (sols non gleyifiés).
- Développement de profil (horizon diagnostique) b : horizon B structural.
- Nature de la charge en éléments grossiers fi : schisto-phylladeuse.
- Profondeur d'apparition du substrat 2 : substrat débutant entre 40 et 80 cm de profondeur.
- Volume de la charge en éléments grossiers : entre 15% et 50%.

Continuez la route sur environ 230 m jusqu'à un chemin empierré qui démarre sur votre gauche. Montez ce chemin jusqu'à un premier croisement avec un chemin sur la droite. Empruntez celui-ci et marchez environ 340 m jusqu'à un croisement. Prenez à droite. Marchez 400 m et prenez le deuxième chemin à gauche. Après 550 m, prenez à droite sur environ 100 m puis traversez la clairière en restant sur votre axe. Un «Y» s'offre à vous au-delà de la clairière, prenez le sentier de gauche dans le bois et marchez 260 m. Vous arrivez au croisement avec une route; prenez le sentier face à vous qui vous mène à l'ancienne Ferme Jacob.



D'abord appellée «Cense des Hayes» au 17ème siècle, cette ferme portera le nom des fermiers qui l'occuperont successivement. Elle gardera le nom de la famille Jacob qui l'occupera dès le début du 19ème siècle.

Observez maintenant la façade.

Vous y verrez, au dessus de la fenêtre, une croix en **ardoise**.

C'est à cette croix d'«escaille» ou «scaille» qui signifie ardoise en



La Ferme Jacob

wallon, que le plateau de la Croix-Scaille doit son nom.

De plus, elle témoigne d'une ancienne activité de la région. En effet, la région de Gedinne compte de nombreuses anciennes ardoisières.

La croix en escaille sur la façade de la Ferme Jacob



*L'**ardoise** est une variété de phyllade à la limite entre le faciès sédimentaire et métamorphique. Elle est composée de grains très fins et homogènes. Elle présente un bonne fissilité c'est-à-dire qu'elle se débite suivant des surfaces planes et parallèles en formant de fines dalles. Les variétés à débit régulier, à texture fine et serrée, à cassure nette et à couleur uniforme sont exploitées comme ardoise servant à couvrir les toitures.*

Ancienne ardoisère gedinnoise



L'ardoise n'est pas la seule roche de la région qui a été utilisée lors de la construction de la Ferme Jacob.

Regardez plus attentivement les pierres de construction du mur, notamment à droite de la porte d'entrée.

Vous y reconnaitrez les roches les plus dures qui constituent le massif de Rocroi et que vous avez déjà observées à l'arrêt 6: les quartzites. Certains d'entre eux présentent des petits trous cubiques, correspondant aux trous de dissolution laissés par la pyrite.

Détail de la paroi de l'ardoisière, sur laquelle le débit en fines dalles, lié à la schistosité s'observe très bien. La partie blanchâtre visible sur la photo est une veine de quartz.

La pyrite est également présente dans les ardoises. Pour les exploitants d'ardoise, ce minéral est problématique car sa présence diminue la qualité du matériau.



Pierres des murs constituant la Ferme Jacob





Zoom sur les empreintes laissées par des cubes de pyrite.

Une fois revenu sur vos pas jusqu'à la Tour du Millénaire. Reprenez votre voiture et rejoignez le carrefour entre les arrêts 12 et 13 pour prendre à droite sur environ 1000 m. Garez-vous sur le bas-côté à votre droite et avancez dans le bois en suivant le piquetage sur une distance de 20 m.



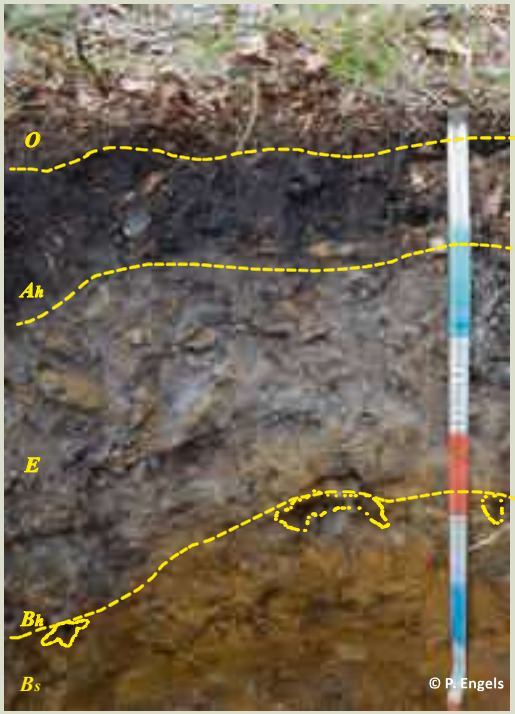
Vous pouvez observer devant vous un profil pédologique constitué d'horizons très contrastés.

Les horizons holorganiques (O) sont assez épais et sont le fruit d'une décomposition lente de la litière. Ces horizons surmontent un horizon hémiorganique A_h très épais (d'une dizaine de centimètres) et très noir. On peut considérer que l'ensemble de ces horizons forment un humus de type moder.

L'horizon gris-cendreux, sous-jacent, noté E, traduit l'entraînement et la migration en profondeur du fer, de l'aluminium et d'acides organiques sous forme de chélates. Le phénomène de podzolisation qui était débutant dans le sol étudié à l'arrêt 13 est ici plus intense.

Des prémices d'horizons B_h (accumulation de matières organiques provenant des horizons supérieurs) peuvent être observés en-dessous de cet horizon E. Cet horizon B_h est très mince et diffus mais il est cependant le siège d'une activité racinaire plus importante en raison notamment de sa plus grande capacité à retenir l'eau. On peut d'ailleurs y distinguer la présence de radicelles.

Ensuite, un horizon B_s est bien visible. Il s'y accumulent le fer et l' aluminium chéluviés.



▲ *Profil du sol podzolique. On peut distinguer 5 horizons différents (horizon C non visible sur la photo).*

La formation de ces horizons B peut se résumer ainsi : les chélates s'arrêtent de migrer en profondeur dans le profil (et s'y accumulent) dès que la capacité de complexation des acides organiques, qui se chargent progressivement en fer et en aluminium est dépassée. Le poids moléculaire des chélates augmentant, ils deviennent de moins en moins solubles et précipitent.



▲ *Fragment de Bh diffus et mince (visible en condition d'humidité).*

Enfin, l'horizon C est discernable sur le terrain au fond du profil. On y retrouve des fragments du matériau parental qui correspond à ce qui est communément appelé «l'arkose de Fépin». Cette roche particulièrement altérée est de ce fait acide et filtrante. Elle est contemporaine du conglomérat de Fépin (arrêt 1).

***L'arkose** est une roche sédimentaire détritique terrigène contenant des grains de quartz (jusqu'à 60 %), au moins 25 % de feldspaths (minéral silico-aluminate potassique, sodique ou calcique, de type tectosilicate) et fréquemment quelques micas (minéral de type phyllosilicate). Le ciment est surtout composé d'argiles. Ces roches sont en général de teinte claire, à matériel détritique mal classé et à stratification irrégulière.*

L' «arkose de Fépin» s'éloigne de cette définition car elle contient en fait très peu de feldspaths. Ce nom lui a été attribué en raison de son caractère très altéré qui rappelle l'arkose. Il s'agit en réalité d'un grès grossier qui doit sa forte altération à sa position topographique essentiellement.

*Le nom **podzol** est un nom vernaculaire russe qui signifie «cendre» et qui traduit la présence de l'horizon gris cendreux E. Les paysans sont les meilleurs pédologues du monde. Ce nom vernaculaire a été adapté et rendu célèbre par Dokuchaev (voir page suivante).*

L'interprétation des podzols fait appel à la théorie de la zonalité latitudinale des sols de **Vassili Vassiliévitch Dokuchaev**. Étant une référence incontournable dans l'histoire de la pédologie, les paragraphes suivants vont venir vous éclaircir à son sujet (Legros, 2011[1]).

Dokuchaev (1846-1903) est un géologue russe particulièrement connu pour avoir parcouru et étudié les sols de toute la Russie d'Europe à la fin du 19ème siècle. La Société Economique Libre Impériale de Saint-Pétersbourg l'avait missionné pour étudier les terres afin de remédier à des famines, causées par les sécheresses désastreuses sur l'agriculture. Suite à son expédition, il publiera une thèse en 1883 : le Tchernozem Russe. En 1896, il présente sa théorie sur la classification des sols et diffuse ses idées lors de l'Exposition Universelle de 1900 à Paris.

Dokuchaev découvre les facteurs de la pédogenèse. En effet, à l'époque, seul un facteur pédogénétique était mentionné : le matériau parental. Grâce à ses expéditions dans le Caucase, il observe des zones de sols en lien avec la variation climatique altitudinale. Ses observations le conduisent à démontrer la présence de 4 autres facteurs de la pédogenèse : le climat, les agents biologiques, la topographie et le temps. Toutefois, il ne quantifie pas l'importance relative de chacun des facteurs.

En outre, ses explorations du Nord au Sud du continent européen lui permirent de reconnaitre sept zones de sols alignées parallèlement à l'équateur, la zonalité latitudinale. Il identifie ainsi quelques unes des grandes catégories de sols du monde, dont les podzols.

Néanmoins, il existe des exceptions quant à la zonalité latitudinale. Ainsi, on distinguera à l'avenir: les sols «zonaux» (qui s'inscrivent dans la zonalité latitudinale), les sols «azonaux» (sols récents sans pédogenèse marquée) et les sols «intrazonaux» (dont les caractères sont liés à des conditions particulières de station).

Concernant le profil observé, il s'agit d'un sol intrazonal lié à une roche acide et drainante ainsi qu' à une végétation acidifiante.

De nos jours toutefois, bien que ce modèle garde sa valeur didactique, les systèmes actuels de classification reposent sur des critères plus affinés d'horizons de diagnostic, de processus agissant et de propriétés résultantes.

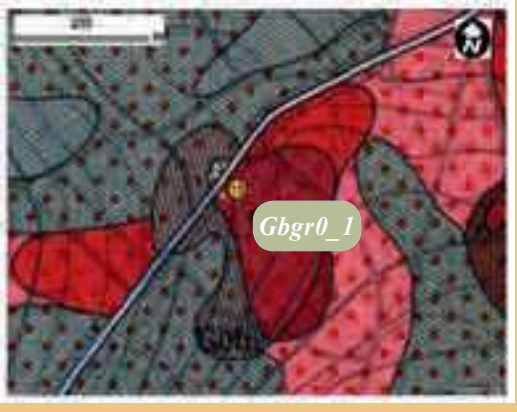
À propos de la végétation, une vieille futaie de hêtres est présente. Ce sol podzolique est ainsi le fruit de conditions acides et drainantes du matériau parental, d'autant plus que la fane du hêtre est de décomposition relativement lente.

En guise de synthèse, voici la description du sigle de la Carte des Sols de Belgique affecté au profil. La légende de la carte des sols de la Belgique est très codifiée et le vocabulaire utilisé dans cette fiche peut légèrement s'en écarter. De plus, la carte est publiée au 1/20.000 et des très petites plages de sols n'ont pu être représentées.

Description du sigle Gbgr0_1

- Position physiographique : plateaux et pentes.
- Matériau textural G : sols limono-caillouteux.
- Drainage naturel b : favorable (sols non gleyifiés).
- Développement de profil (horizon diagnostique) g : horizon B humique ou/et ferrique distinct.
- Nature de la charge en éléments grossiers r : schisto-gréseuse.
- Profondeur d'apparition du substrat 0_1 : substrat débutant à plus de 80 cm ou 125 cm de profondeur.
- Volume de la charge en éléments grossiers : entre 15% et 50%.

Extrait de la carte des sols « Willerzie 201W (63/3) » à 1:20.000 (P. Avril, 1972).





La station : une vieille futaie de hêtres.

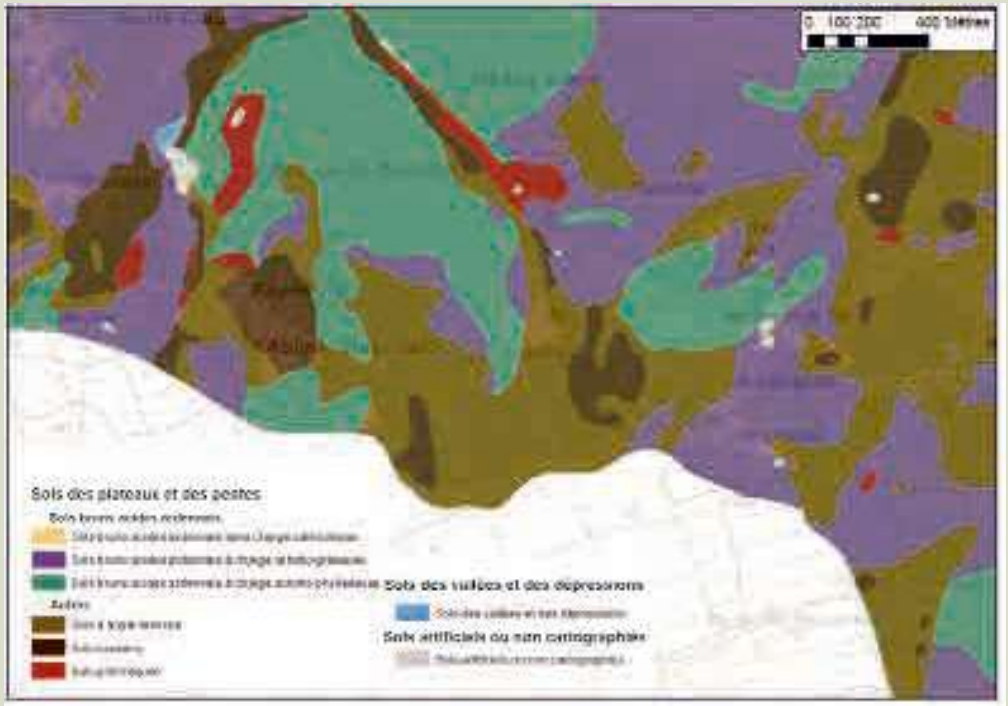
[1] *Jean Paul Legros, 2011. **A l'aube de la Science du sol**, séance du lundi 28/11/2011, bull. 42, conférence 4166, pp. 381-383.*

Evolution du paysage (1/2)

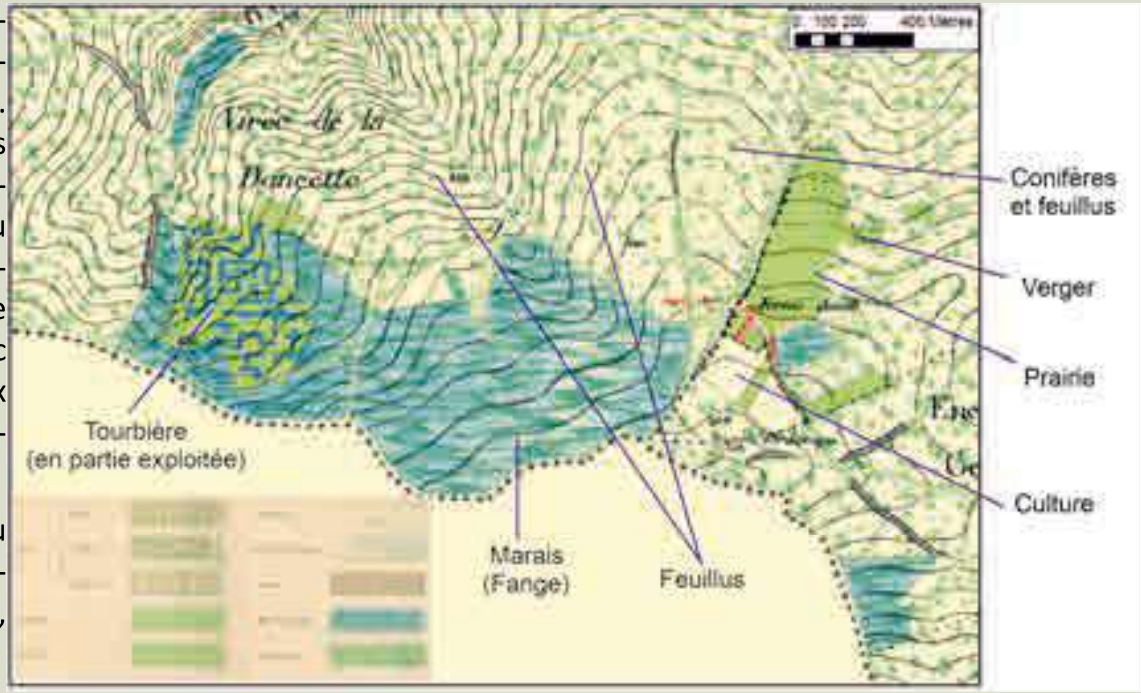
L'occupation du sol en un endroit donné dépend des facteurs environnementaux, dont les sols, des facteurs économiques et des aspirations des sociétés humaines.

La présente fiche vise à faire le point sur l'évolution du paysage au fil des décennies en se basant sur le potentiel et les contraintes des sols. Ce potentiel et ces contraintes sont exprimées au départ de la carte des sols de Belgique interpretée suivant la nomenclature des fiches précédentes. Les caractéristiques morphologiques objectivables des sols, telles que renseignées par la carte des sols de Belgique, n'ont quasiment pas évolué depuis des centaines, voire des milliers d'années. Le potentiel et les contraintes des sols bruns acides ardennais implique une vocation forestière, au départ de bois feuillus. Cette vocation est ponctuellement modifiée par des sols à argile blanche (avec horizon paratourbeux) ou tourbeux plus propice à supporter des tourbières et des fanges.

L'occupation des sols sur la carte du dépôt de la guerre (1865-1880) traduit cet état de fait (bois de feuillus, tourbières et fanges dominants).



Extrait de la carte des sols de la Belgique (carte des sols de la Belgique, 201W Willerzie, P. Avril 1972) interprété suivant la nomenclature des fiches précédentes illustrant les sols du sentier (arrêts 4, 6, 7, 8 10, 13 et 15).



Carte du dépôt de la guerre, 1865-1880. Source : Institut Géographique Militaire (IGM), actuellement Institut Géographique National (IGN).

On notera toutefois des zones de prairie, de culture et de verger conditionnées par des facteurs économiques liés à l'activité agricole non loin de la Ferme Jacob. L'enrésinement (boisement ou reboisement par des résineux) de la fin du 19ème siècle est consécutif à la demande de bois de mine nécessaire à l'étançonnement des galeries des charbonnages. L'enrésinement a donc contribué au déploiement économique de la Belgique et en particulier de la Wallonie.

EVOLUTION DU PAYSAGE (2/2)

Cet enrésinement, très important sur l'extrait de carte IGN actuelle (2004), s'est fait progressivement. Il est déjà visible de façon limitée sur la carte du dépôt de la guerre (1865-1880). Il s'est étendu aux bois initialement feuillus sur sols bruns acides ardennais, ainsi qu'aux fanges et partiellement aux tourbières (sols à argile blanche et sols tourbeux).

La présence dominante des conifères n'est pas liée à une évolution naturelle de la végétation mais bien à des conditions économiques.

Actuellement, les aspirations de la société conduiraient à donner un caractère plus naturel, correspondant davantage à la station forestière boulaie tourbeuse ou chênaie pédonculée à bouleau, et à valoriser les services écosystémiques, dont ceux liés à la régulation de l'eau, pour les sols les moins destinés à une vocation forestière.



Carte d'occupation du sol. Source : Institut Géographique National (IGN), Top10R, 2004.

Le mot de la fin (1/2) : services ecosystémiques des sols

Le sol est un composant essentiel de la biosphère et contribue, en bien des manières, à rendre des services à l'humanité.

Les services rendus à l'homme par l'écosystème «sol» peuvent se résumer en trois catégories : les services culturels, les services de régulation, et les services d'approvisionnement.

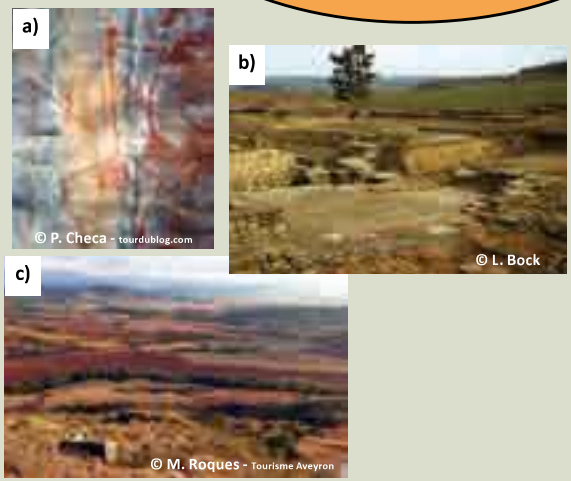
Bien sûr, le sol ne doit pas être considéré que d'un point de vue matérialiste en tant que générateur de services. Il est avant tout un capital naturel qui doit être protégé et préservé.

LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES DES SOLS

SERVICES CULTURELS
- Patrimoine archéologique
- Spiritualité
- Esthétique des paysages

SERVICES DE REGULATION
- Recyclage des déchets
- Flux vers l'eau et l'air
- Stockage de carbone
- Habitat de la biodiversité

SERVICES D'APPROVISIONNEMENT
- Production (aliments, biomasse et fibre)
- Production de matériaux
- Support Physique



a) peinture rupestre (Australie, -40.000 BP), b) ruines romaines, c) paysage du Rougier de Camarès (Aveyron)



a) filtration par le sol (désalinisation), b) termitière



a) cultures sous labour, prairie et forêt, b) briqueterie, c) fondations sur terres agricoles

Le mot de la fin (2/2) : retour sur la notion de discordance

Cette dernière fiche est l'occasion de faire le point sur un élément clé de la géologie de ce sentier : la notion de discordance.

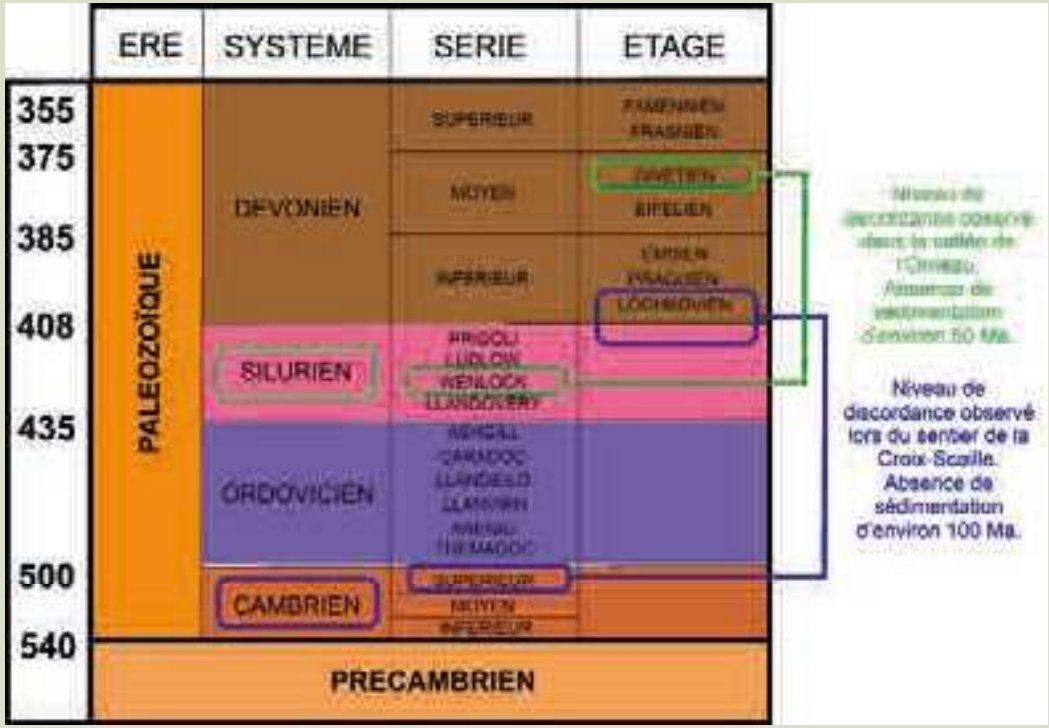
Comme expliqué à l'arrêt 2, au niveau du Massif de Rocroi, les formations du Dévonien inférieur (Lochkovien) reposent en discordance sur les roches cambriennes. Ces deux ensembles de roches sont en contact, et pourtant, ils présentent une différence d'âge d'environ 100 Ma. En effet, pendant ces 100 Ma, le massif cambrien de Rocroi était émergé suite à des mouvements de surrection. Aucune sédimentation ne pouvait dès lors avoir lieu. Dès le Lochkovien, la mer venant du Sud envahit de nouveau le domaine continental et la sédimentation peut reprendre.

La surrection désigne le soulèvement progressif des terrains d'une certaine zone, pendant une longue période de temps. Il y a création de reliefs si la vitesse de surrection est plus rapide que la vitesse de l'érosion.

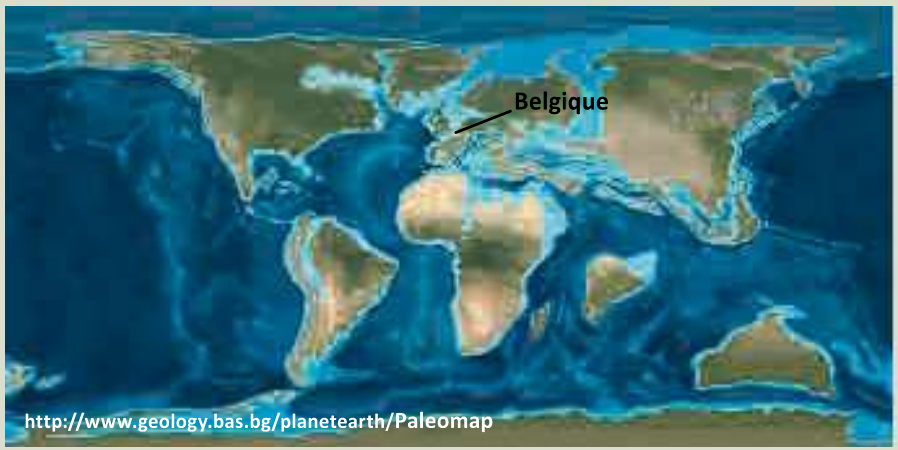
Le mouvement général de hausse de niveau marin et l'applatissement des reliefs calédoniens suite à leur érosion, permettent à la mer d'avancer de plus en plus vers le Nord de la Belgique. Ainsi, la mer va petit à petit recouvrir d'autres terres auparavant émergées, donnant naissance à des niveaux de discordance d'âges différents.

Ainsi, par exemple, dans la vallée de l'Orneau près de Gembloux (voir livret «itinéraire de la vallée de l'Orneau»), un autre niveau de discordance peut être observé. Il s'établit entre des dépôts siluriens du Massif du Brabant (un des six Massifs calédoniens de Belgique, voir introduction - fiche 5) et des dépôts d'âge givetien. Cela signifie donc que cette zone du Massif du Brabant a été émergée au Silurien et recouverte par la mer au Givetien.

De nombreux niveaux de discordance existent en Belgique et peuvent concerner des groupes de roches d'âges variables. Ceci est dû au fait que les mouvements de surrection des terres et les transgressions et régressions marines, sont tout deux des phénomènes évolutifs très lents (à l'échelle de plusieurs centaines de millions d'années) et multiphasés, qui n'atteignent donc pas les mêmes régions au même moment avec les mêmes effets. C'est toute la complexité des reconstitutions paléogéographiques qui doivent se baser sur des analyses minutieuses où de nombreux facteurs sont à considérer.



▲ *Extrait de l'échelle stratigraphique de Wallonie, situant dans le temps les deux niveaux de discordance mentionnés dans le texte.*



▲ *Paléogéographie de la planète au Crétacé (70 Ma). Cette période est caractérisée par des températures élevées, l'absence d'une calotte glacière et un haut niveau marin.*

Si ce circuit vous a plu, nous vous invitons à en parcourir d'autres dans notre province













Ces itinéraires, soutenus financièrement par la Fondation Close (fondationclose.be), sont édités par les Presses Universitaires de Namur (PUN). De plus amples explications les concernant sont disponibles sur le site www.pun.be

Deze wandelingen zijn ook in het Nederlands beschikbaar



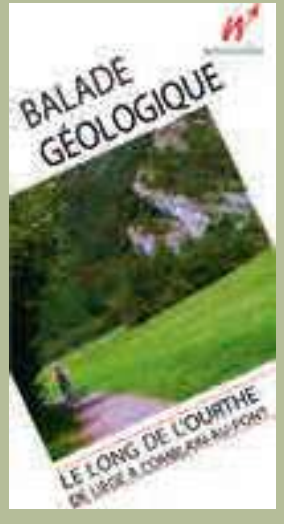








Sur le thème de la géologie nous vous invitons à découvrir d'autres itinéraires



La balade géologique « Le long de l'Ourthe »



La balade géologique à la Citadelle de Namur









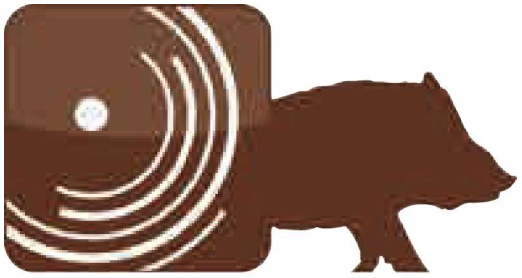








Commune de Gedinne



Forêt de la Semois et de la Houille

PRESSES UNIVERSITAIRES de Namur

Prix public de vente : 15,00 €
ISBN : 978-2-39029-133-6

© 2024 Presses universitaires de Namur - www.pun.be
Dépôt légal : D/2021/1881/4
Tous droits de reproduction, traduction, adaptation, même partielle, y compris les microfilms et les supports informatiques, réservés pour tous les pays.