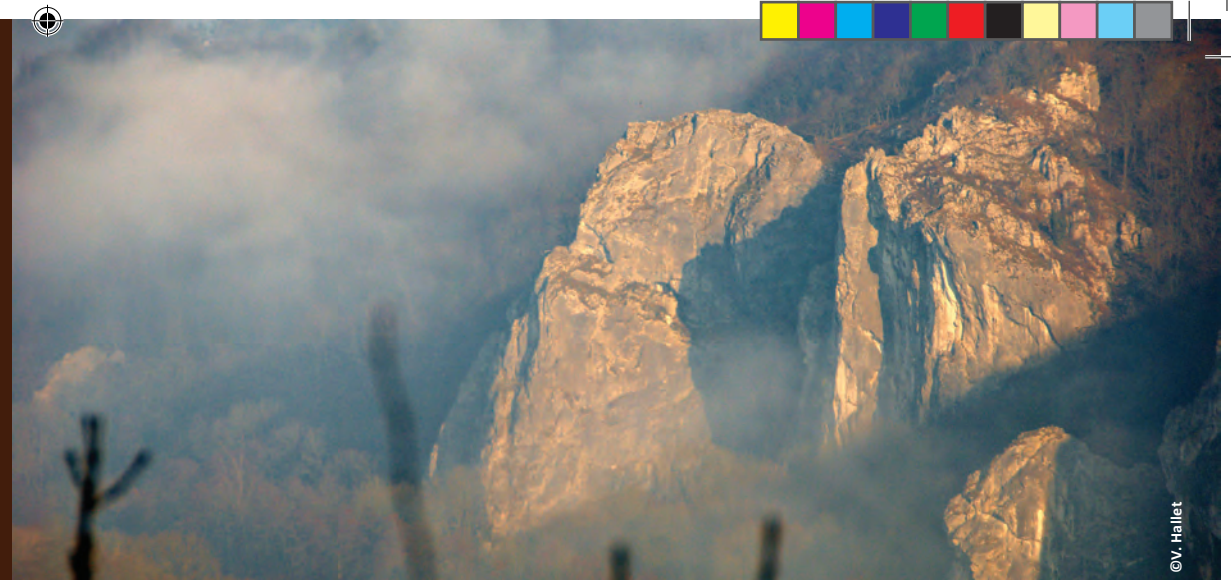


**SENTIERS
GÉOLOGIQUES & PÉDOLOGIQUES
EN PROVINCE DE NAMUR
500 millions d'années
de façonnement de notre paysage**



© V. Hallet

SENTIER DE FREYR

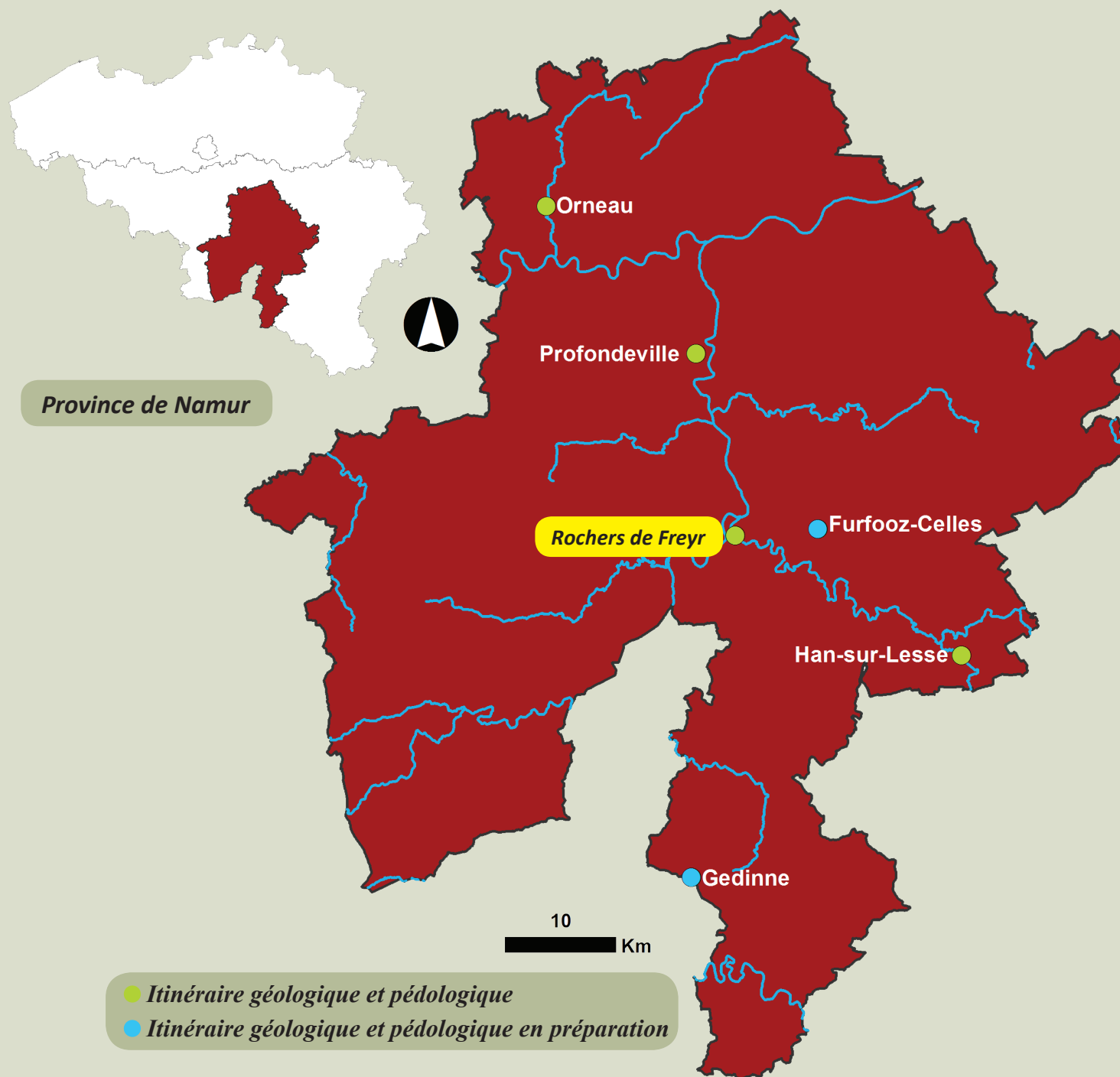


© S. Rekk

Ce projet d'itinéraire géologique & pédologique, imaginé par V. Hallet, a été subsidié par la Fondation Gouverneur René Close. Il a été réalisé par S. Rekk, X. Legrain, L. Bock et V. Hallet en collaboration avec C. Willam, P. Engels et D. Lacroix.



Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège



Des sites
exceptionnels
pour vous aider
à comprendre
votre
environnement


tourisme gps

Les itinéraires peuvent également être téléchargés pour être utilisés avec un gps sur le site

www.tourismegps.be

L'itinéraire de Freyr au format gps compte 28 arrêts.

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

A partir d'observations simples, nous allons faire apparaître les relations entre la composition du sous-sol d'une région (géologie), l'allure de son paysage et les formes de son relief (géomorphologie) et la composition de son sol (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, des livrets plus détaillés sont disponibles au format

pdf et téléchargeables sur le site www.fondationclose.be. Ces livrets vous présentent divers épisodes géologiques qui ont lentement façonné nos paysages depuis 500 millions d'années.

Après avoir parcouru quelques-uns des itinéraires proposés, vous comprendrez mieux certains aspects de l'environnement dans lequel vous vivez, ainsi que l'évolution de notre continent au cours des derniers 500

millions d'années, durant lesquelles les roches ont enregistré les variations paléogéographiques et environnementales.

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



©S. Rekk



Ce circuit de 9,5 km comporte 27 points d'observation.

En partant du parking (Départ) rejoignez le point de vue (Arrêt 1).

Trois possibilités de circuit existent :

1- Dans son entièreté, sa durée est d'environ 5 h. **Vérifiez avant de partir si la Meuse n'a pas noyé le chemin sous la Tête de Lion (photo ci-contre).** Si c'est le cas vous devrez écourter votre trajet car les arrêts 24 à 27 seront inaccessibles. A partir de l'arrêt 23 il vous faudra retourner au sentier raide qui remonte entre les rochers Louis Philippe et La Jeunesse, un peu avant l'arrêt 21. La côte de la fin de parcours peut être évitée en continuant directement vers le parking de la rue des Coteaux à partir de l'arrêt 26 (point rouge) ;

2- En ne faisant que la première partie de la promenade se situant sur la crête (arrêts 1 à 16) et en ne descendant pas sur la Meuse. Il vous faudra alors revenir sur vos pas ou rejoindre le point 10 via le village de Falmignoul. La durée de la promenade sera d'environ 4 h (10 km ou 8,3 km sans le point 10 à l'aller) ;

3- En ne faisant que la deuxième partie de la promenade (arrêts 18 à 26), en démarrant du parking se trouvant au bout de la rue des Coteaux et en y retournant après. **Cette variante n'est possible que si le chemin sous la Tête de Lion n'est pas noyé!**

Faites attention!

Cette promenade comporte des parties de sentier à proximité de ravins très raides ou d'à-pics. Ces derniers ont été évités mais certains ne sont pas loin du sentier même si on ne les soupçonne pas...

Ne laissez pas vos enfants courir au devant de vous. Gardez-les à proximité. Surtout entre les arrêts 5 et 13.



À droite de la « Buvette » (photo), en ayant la Chaussée des Alpinistes (N95) dans votre dos, un petit chemin vous emmène vers la « Tour » qu'il vous faudra traverser pour arriver sur le premier point de vue de la promenade.

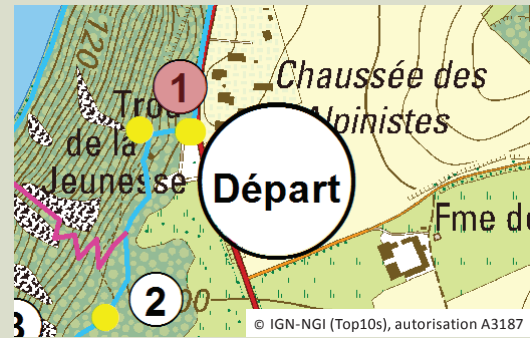


Venir aux Rochers de Freyr sans évoquer le CAB serait comme d'aller à la Grand Place de Bruxelles sans parler du Manneken-pis!

Le CAB est une fédération francophone d'escalade, d'alpinisme et de randonnée dont l'objet est de développer et de promouvoir la pratique de l'escalade et des sports de montagne. Il a été reconnu par la Communauté française de Belgique.

Le CAB francophone actuel est une émanation du CAB national né en 1883, à l'initiative de deux belges (François Crépin, botaniste, et Albert Dubois, avocat), membres du Club Alpin français, regrettant qu'il n'y ait pas un équivalent du CAF en Belgique!

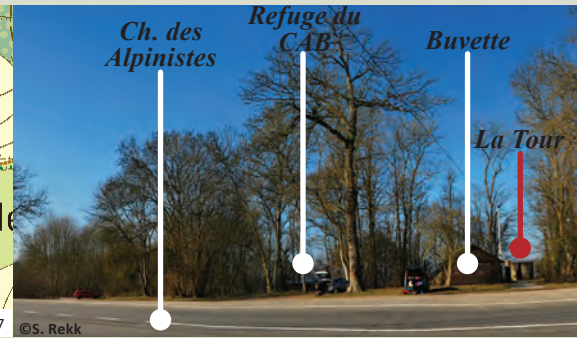
Très rapidement, le CAB rassemblera une centaine de membres dont le grand industriel Ernest Solvay. Les jeunes alpinistes belges, en quête de terrains d'entraînement partiront à la découverte des rochers des vallées



condruziennes : la Chandelle de Chaleux sur la Lesse, le rocher Bayard à Dinant, la Chamia et la Longariesse à Waulsort, les rochers de Sy et Hotton sur l'Ourthe et surtout Freyr.

Freyr, en vingt ans, deviendra un haut lieu de l'escalade où les plus grands alpinistes se mesureront. Dès 1931, ils parcourront le « Mérinos » et la « Familiale ». En 1933, la « Jeunesse » et l'« Al'Lègne ». C'est ce rocher, le plus haut de Belgique (125 m), qui accueille le Roi Albert et son fils le Prince Léopold.

▼ Panorama depuis le Point de vue de l'Arrêt 1



▲ Le parking

La guerre marquera une interruption presque totale dans l'activité du Club. L'après-guerre sera également marqué par la mort tragique, en 1961, lors d'une expédition au Groenland, de quatre de nos meilleurs alpinistes dont Duchesne à qui le CAB doit le refuge en bois devant lequel vous êtes passé.

À partir des années 70, des expéditions partiront à la conquête de nombreux sommets étrangers : au Pérou, au Chili, en Patagonie, au Canada, en Alaska, en Afrique, en Nouvelle



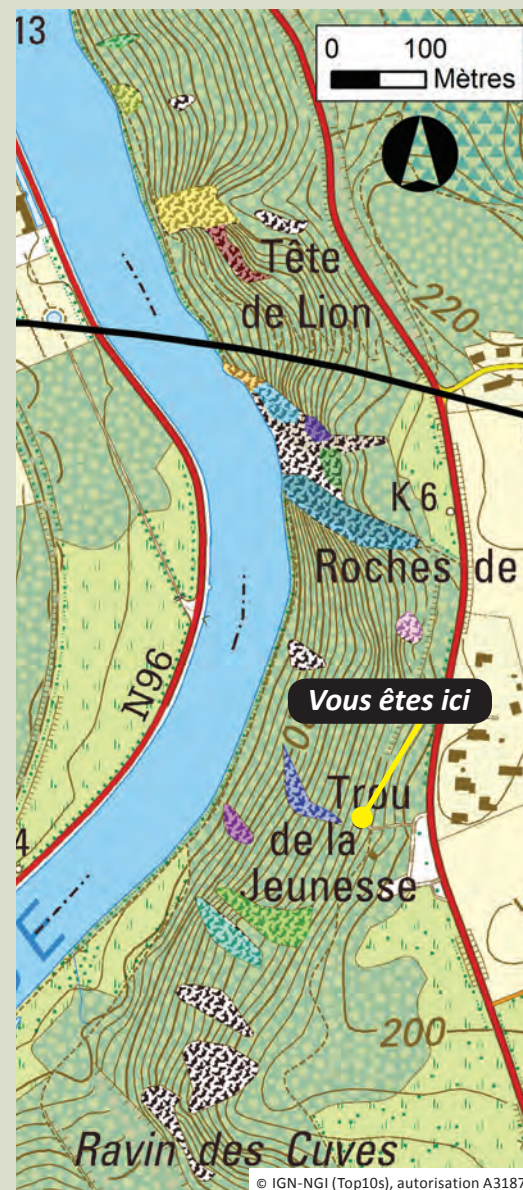
▲ La Tour

Guinée, etc... Le Dhaulagiri (8.000 m) dans l'Himalaya sera vaincu en 1982.

Ces dernières années, avec l'essor de l'escalade libre, la haute difficulté a également trouvé sa place sur nos falaises. Des centaines d'itinéraires modernes ont été équipés tant à Freyr que sur les autres massifs gérés par le CAB.

Que ce soit hier ou aujourd'hui, le site des rochers de Freyr constitue le plus grand et le plus important massif rocheux que compte notre pays. Le site complet totalise plus de 600 voies dans tous les styles et dans tous les niveaux de difficulté.

Chaque rocher ou secteur de Freyr utilisé par les grimpeurs porte un nom, tout comme les multiples voies qui les parcourent.



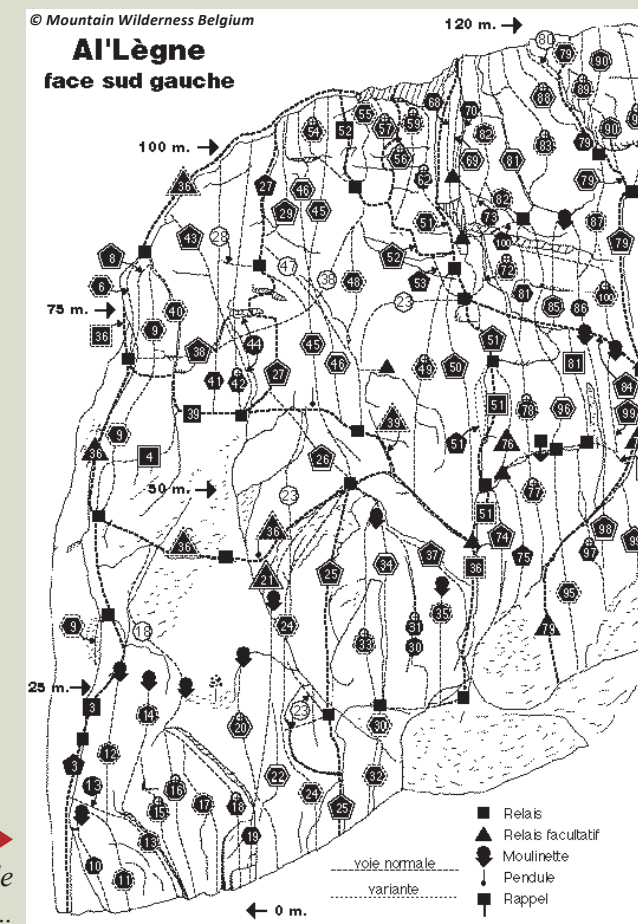
▲ Les différents rochers, ou secteurs, du site d'escalade de Freyr

◀ La Jeunesse

Les Rochers de Freyr

- R. de l'école
- Les fissures Georget
- Le Mérinos
- Les 5 ânes
- Tête de Lion
- Le Pape
- La Pucelle
- Les Autours
- Al'Lègne
- Le Gruyère
- R. du Point de vue
- Le Fromage
- Louis Philippe
- La Jeunesse

► Les multiples voies d'escalade de l'Al'Lègne...



▼ Vue sur l'Al'Lègne, la Tête de Lion et Le Mérinos depuis le Point de vue de l'Arrêt 1



À côté des rochers de Freyr, l'élément le plus marquant est sans doute la Meuse qui incise profondément les calcaires de ses larges méandres...

Comment expliquer que la Meuse, arrivant de la Lorraine, entaille une région topographiquement plus élevée? Cette inadaptation s'explique par la **surimposition**.

Il y a environ 23 millions d'années (Ma), au Cénozoïque, la mer se retire de la Belgique, laissant derrière elle une couverture de terrains meubles subhorizontaux (pénéplaine), recouvrant des terrains plissés datant du Paléozoïque, dont font partie les calcaires que nous voyons.

La Meuse s'installe sur cette couverture subhorizontale, y développe ses méandres et atteint les roches

plissées. Les structures de ces dernières (plis, failles) n'ont que peu d'influence sur son tracé : c'est la surimposition.

La Belgique subit alors le contrecoup de la surrection des Alpes (issues de la poussée de l'Afrique vers le nord), ce qui a pour conséquence une lente surrection de l'Ardenne et du Condroz mais pas de la Lorraine.

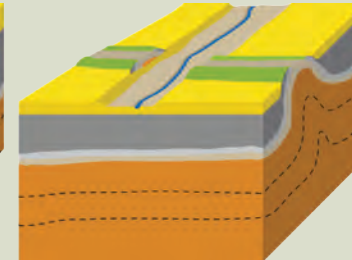
Pendant cette surrection la Meuse continue à creuser son lit dans les terrains plissés du Paléozoïque, mis au jour par l'érosion, selon son tracé originel.

En l'absence de surrection donc, la vallée mosane en Ardenne et en Condroz, ne serait pas si encaissée mais ressemblerait à ce que l'on peut observer en Lorraine.

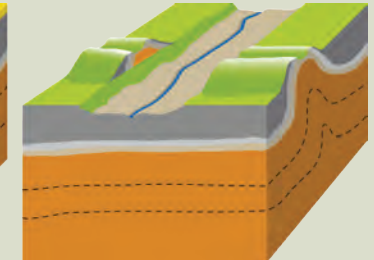
La Meuse s'installe sur la couverture subhorizontale tertiaire.



Début de la surrection. Les terrains de couverture s'érodent tandis que la Meuse atteint les terrains plissés du Paléozoïque.



Toute la couverture tertiaire est érodée. L'altération différentielle laisse en relief les couches plus dures.



Une **pénéplaine** est une surface de grande dimension, à peu près plane, parcourue par des cours d'eau à faible pente, qui résulte de l'action prolongée de l'érosion sur une chaîne de montagnes et en constitue le stade final (voir arrêt 3).

Région affectée par la surrection

▼ La Meuse du Point de vue de l'Arrêt 1, encaissée dans les calcaires carbonifères



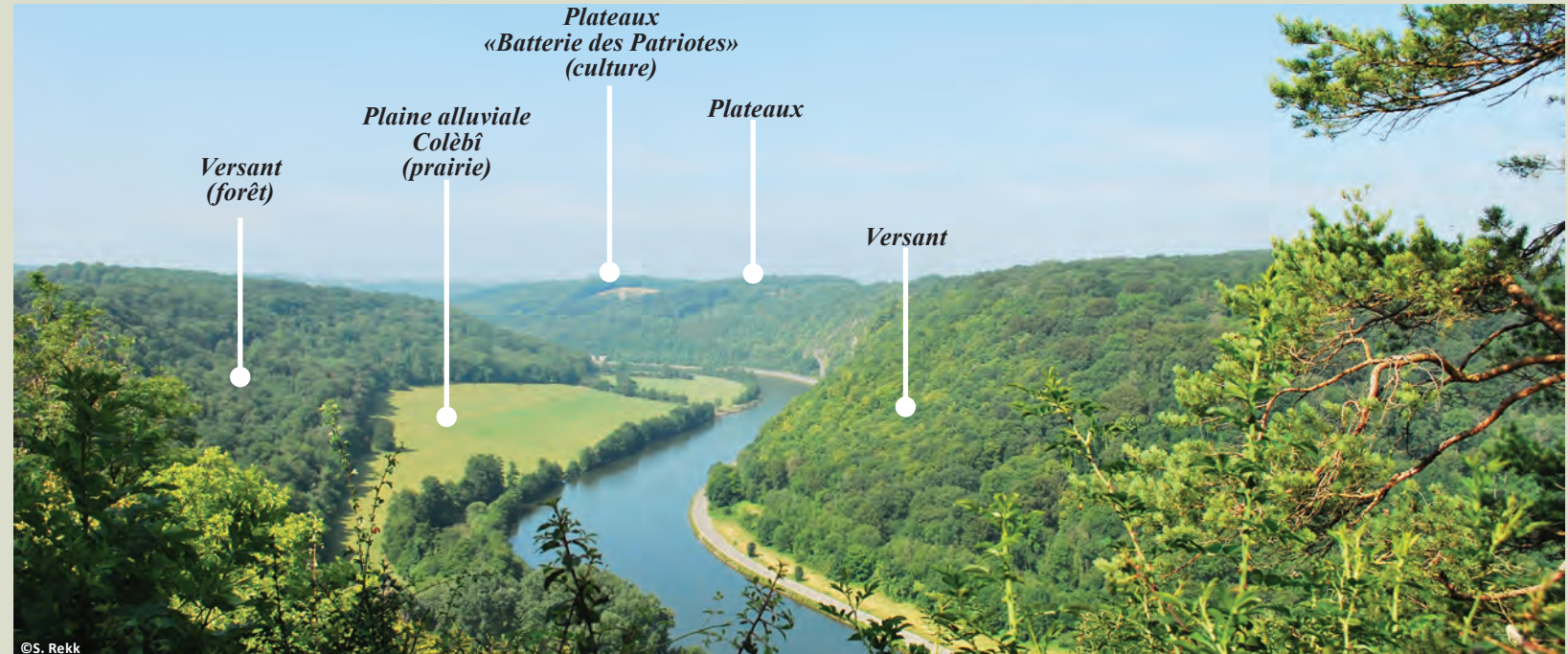
Coincées entre la Meuse et les versants boisés, ainsi que sur les plateaux, se distinguent les zones de pâtures et de cultures (Colèbî, Batterie des Patriotes).

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.

De cet arrêt, on découvre intuitivement cette interface au travers des trois grandes formes de relief observées : (1) les surfaces planes des plateaux, (2) les versants, (3) les surfaces planes le long de la Meuse (plaine alluviale), sur lesquelles se déclinent trois grandes formes d'occupation que sont les cultures, la forêt et les prairies respectivement.

Ainsi les cultures seront entreprises dans les lieux les moins pentus et sur les sols offrant les meilleures potentialités, notamment sur les limons des plateaux, tandis que les prairies occuperont des lieux de moindre aptitude en raison du relief plus pentu, du sol moins épais ou d'un drainage naturel moins favorable, etc.). C'est notamment le cas en certains endroits de



▲ Vue vers le SW où l'on aperçoit parfaitement les zones de prairies, de bois et de cultures

la plaine alluviale où la nappe phréatique se situe à faible profondeur avec par ailleurs, des risques d'inondation importants. Les terrains trop pentus au sol très peu épais, voire inexistant, sont le plus souvent restés sous couverture forestière.

Le sol, épiderme de la Terre, hormis le hasard d'être observé dans un talus ou à la faveur d'un chablis (arbre tombé), n'est observable qu'avec une tarière (sonde) ou par le creusement d'une fosse. Sur cet itinéraire, c'est donc de manière indirecte, la plupart du temps, que nous pourrons l'aborder.

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

- climat (cl)
- roches-mères (rm) ou matériaux parentaux
- relief ou géomorphologie (g)
- végétation ou activité biologique (o)
- utilisation / gestion par l'homme (m)
- intervalles de temps différents (t1, t2)

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

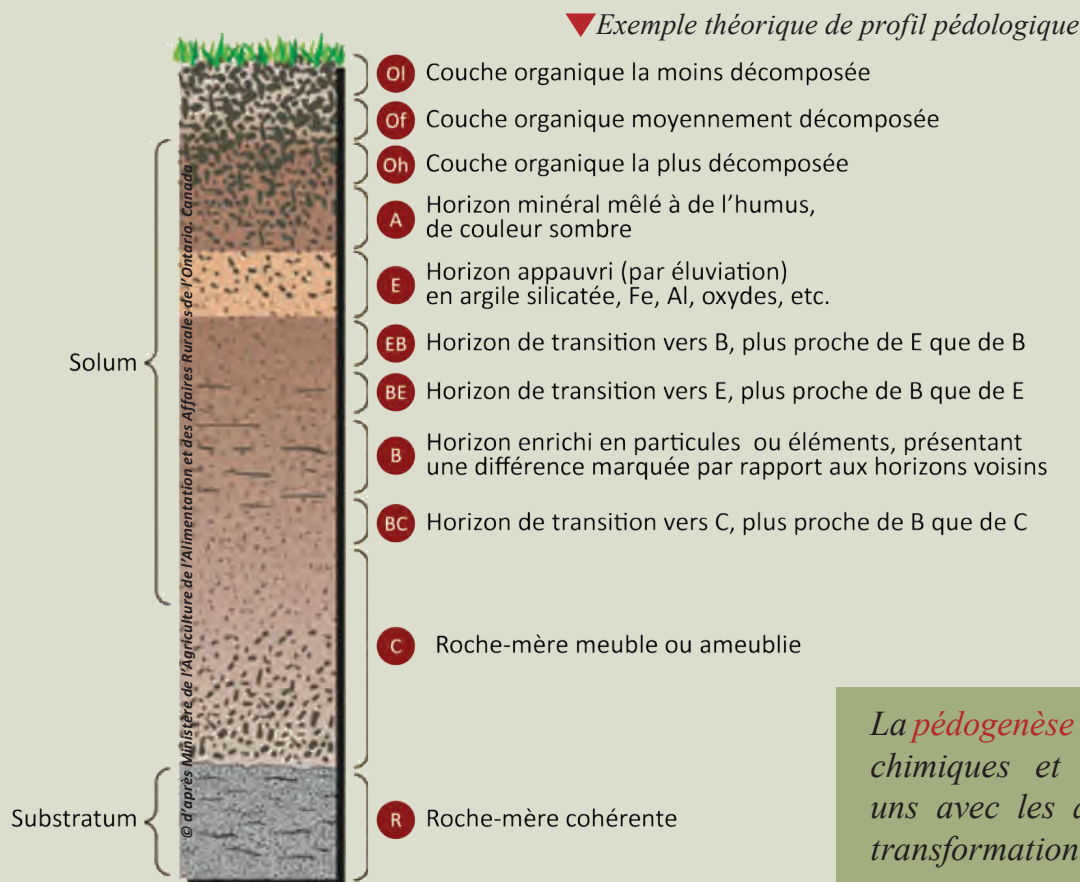
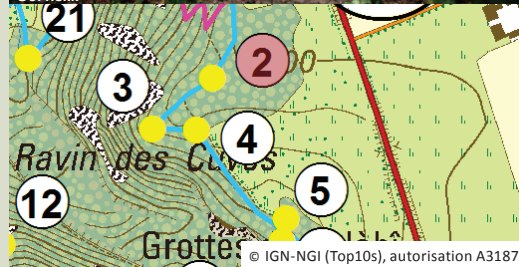
En sortant de la Tour, prenez le petit sentier sur votre droite. Longez le refuge du CAB sur la droite et restez à droite jusqu'aux barrières (ci-dessous). Suivez le sentier en restant sur la « crête » jusqu'à une pelouse parsemée de feux de camp (arrêt 2).

Sous cette pelouse, à une faible profondeur, se trouve du calcaire.

Le sol est une formation meuble qui résulte de l'altération des roches par divers processus de désagrégation, d'altération chimique et de la décomposition de matières organiques. Ce sol peut présenter, selon les cas, une différenciation verticale plus ou moins importante. La notion d'horizon de sol découle directement de cette différenciation.



▲ Vue sur la pelouse depuis l'arrêt 3



Le calcaire s'altère principalement par dissolution et ne laisse comme produit d'altération que les argiles qu'il pouvait contenir à l'origine (souvent de couleur rougeâtre). Il en résulte des sols peu épais. Paradoxalement, ces sols peuvent être complètement décarbonatés, voire acides à très acides.

Le sol de cette pelouse correspond à un sol relativement peu évolué en milieu forestier ; tout juste peut-on noter la présence, en dessous de l'herbe, d'une couche contenant de la matière organique. Cette couche se nomme horizon humifère.

Nous pouvons donc décrire le profil pédologique à cet endroit de la manière suivante :

- L'horizon supérieur humifère (sous pelouse) dit A1 ;
- La roche-mère (du calcaire dans ce cas-ci) plus ou moins cohérente et en place, dite R.

Ce type de profil sera donc noté A/R.

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.

Avancez-vous jusqu'au bout de cette pelouse, jusqu'au moment où la Meuse est à nouveau visible.

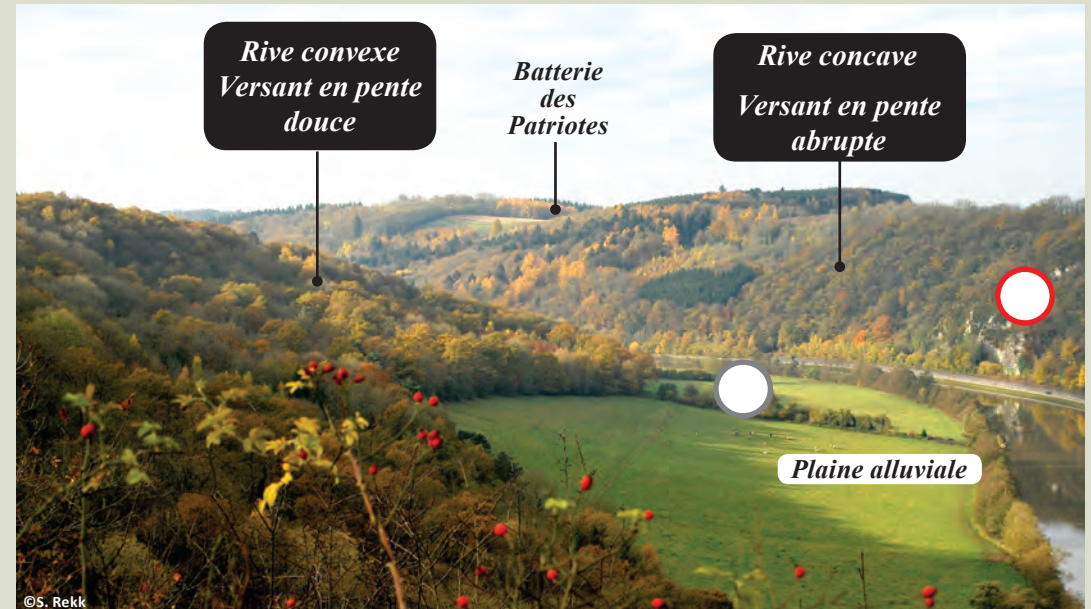
Si vous regardez au sud-ouest vers la « Batterie des Patriotes », vous constaterez que le versant boisé de la rive concave est abrupt tandis que les prairies de la rive convexe caractérisent un versant en pente douce.

Une coupe à travers la Meuse à cet endroit montre très clairement cette tendance.

Cette morphologie est directement issue du fonctionnement du méandre. Sur un tronçon rectiligne, la vitesse

de l'eau n'est pas constante ; près des berges et du fond elle est moins forte qu'au centre car il y a plus de frottements. De plus, dans un méandre la vitesse sera plus importante dans la rive concave que dans la rive convexe.

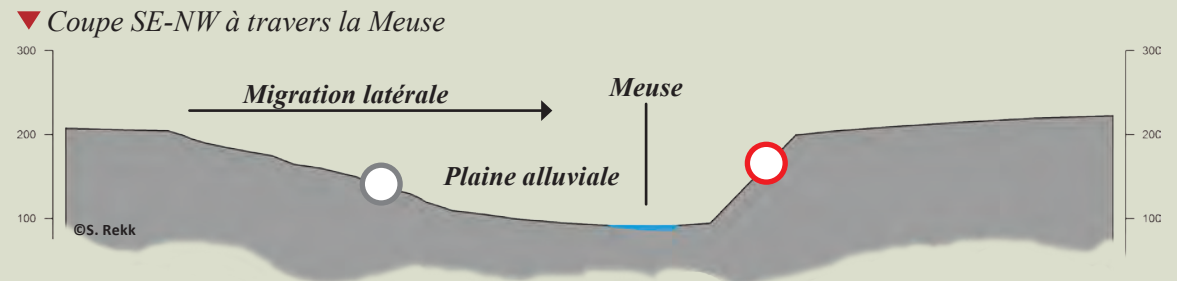
C'est pourquoi dans la rive concave a lieu une érosion tandis que dans la rive convexe se produit un dépôt. Ce processus, progressivement, entraîne un déplacement latéral des méandres qui laissent dans leur partie convexe une zone de faible pente atteignant la plaine alluviale.



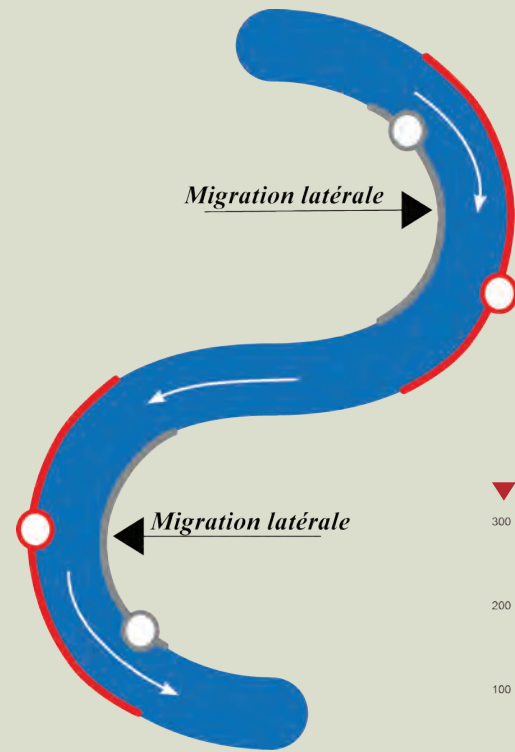
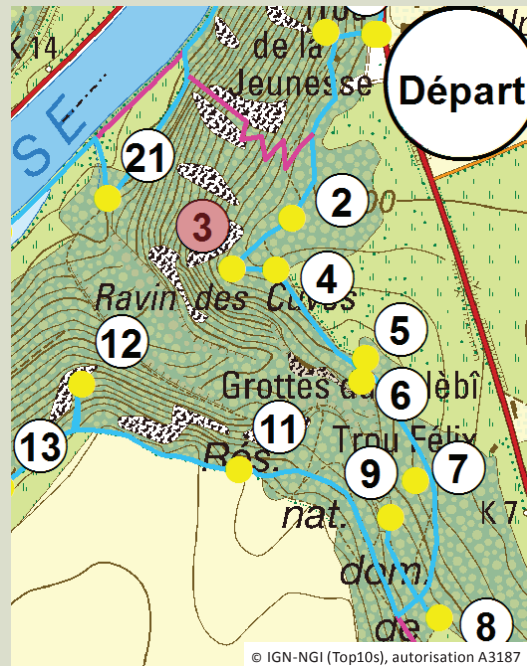
▲ Vue vers la Batterie des Patriotes (SW) où l'on aperçoit parfaitement les zones de prairies, de bois et de cultures

- Rive convexe = Dépôt
- Rive concave = Érosion

Trait de coupe SE-NW à travers la Meuse



▼ Coupe SE-NW à travers la Meuse



Regardez vers la Meuse et visez l'horizon. Il vous apparaît en une ligne plus ou moins horizontale (voir photo arrêt 1 : La Meuse).

Il s'agit là du témoignage le plus évident d'une ancienne pénéplaine.

Il existe un principe d'équilibre qui lie un cours d'eau avec son niveau de base. De façon simpliste, 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.

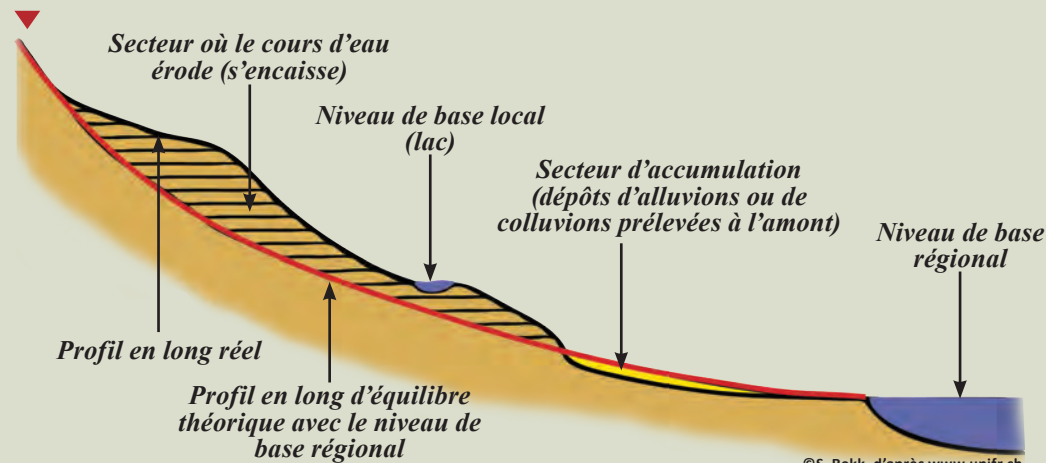
Lorsque qu'un relief apparaît par collision entre plaques tectoniques (Alpes, Himalaya, Pyrénées,...), un réseau hydrographique se met en

place sur ces terres nouvellement émergées et entame son action érosive dont le but ultime est d'araser tout relief afin d'être en équilibre avec le niveau de base.

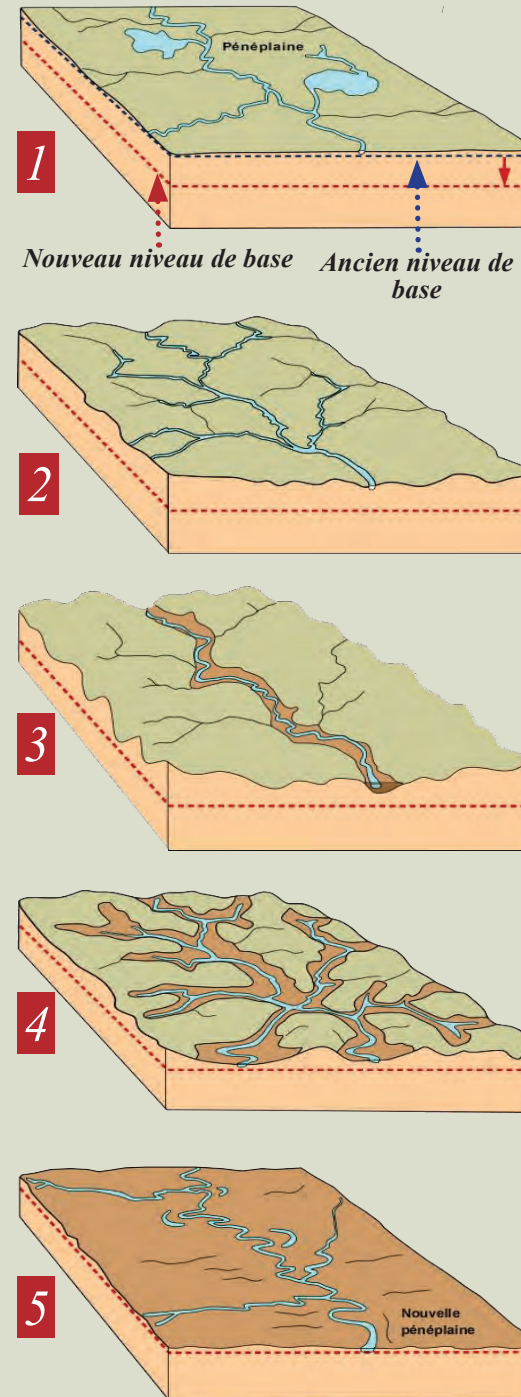
Une fois le stade de pénéplaine atteint, le pouvoir érosif des cours d'eau est théoriquement nul.

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. Si l'intervalle de temps le permet, le processus aboutira à une nouvelle pénéplaine.

La quasi horizontalité de la ligne d'horizon est la meilleure preuve de l'existence d'une ancienne pénéplaine.



©S. Rekk, d'après www.unifr.ch



©S. Rekk, d'après http://www2.ggl.ulaval.ca

◀ (1) Depuis le Pliocène (5 Ma), l'Ardenne et le Condroz sont en surrection. Depuis lors, l'actuelle 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) Les cours d'eau entaillent les reliefs et drainent les lacs. Le paysage est encore relativement plat entre les cours d'eau ;

◀ (3) L'approfondissement des vallées initiales 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 leurs profils 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.

Retournez sur vos pas et dirigez-vous sur votre droite. Un sentier s'ouvre dans le bois, à l'entrée duquel se trouve un panneau cloué sur un arbre « Vallée du Colèbi ».

À l'entrée du bois, sur le sol, vous pouvez observer une quantité importante de feuilles mortes.

Le sol en milieu forestier présente généralement une couverture organique (O). La description de cette dernière, sur base de l'état de décomposition de la matière organique, permet d'identifier le type d'humus. Au sein de la couverture de matière



organique on peut distinguer différents stades de décomposition (voir figure arrêt 2 : Pelouse « calcaire ») :

(1) Si les substances sont encore grossières et identifiables, il s'agit de débris et de la sous-couche O_l (l = litière) ;

(2) Si les substances sont davantage décomposées et difficilement identifiables, il s'agit de résidus et de la sous-couche O_f (f = fermentation) ;

(3) Si les substances sont méconnaissables, il s'agit de substances fines et de la sous-couche O_h (h = humification).

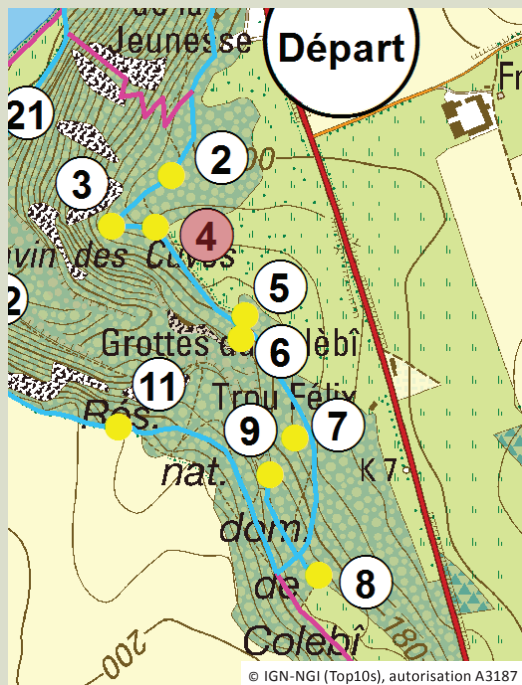
Une ou plusieurs sous-couches peuvent être identifiées :

(1) O_l = l'humus est un MULL

(2) O_l+O_f+O_h avec passage progressif à l'horizon A = l'humus est un MODER

(3) O_l+O_f+O_h avec passage net à l'horizon A = l'humus est un MOR (et pour autant que l'épaisseur totale excède 10 cm)

Dans notre cas, il s'agit d'un MULL. Ce type d'humus se forme en aérobiose : milieu où la teneur en oxygène est proche de celle de l'air, soit 20,95 %. Dans ce cas, la matière organique est rapidement recyclée, contribuant ainsi au maintien de la fertilité du sol.



En milieu forestier si de la matière organique s'accumule, c'est qu'elle ne se décompose pas du fait d'une activité biologique réduite.

Ainsi, le type d'humus constitue un reflet de l'activité biologique.

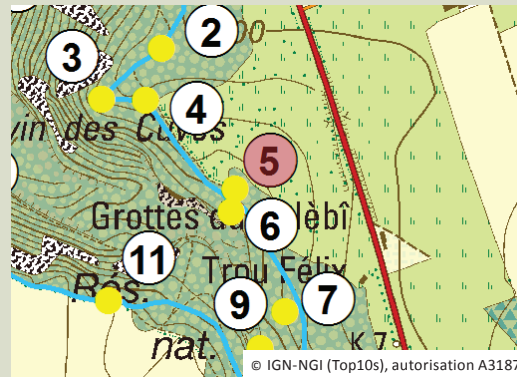
Le sol est donc bien fonction de l'activité biologique.

Continuez sur le sentier jusqu'à un petit ravin surnommé le Ravin des amoureux car deux arbres s'y « enlacent » sur le sommet du versant opposé. Vous aurez l'occasion de les voir en quittant le ravin.

Attention! À l'aval de ce petit ravin nous aboutissons à un à-pic, donnant sur une partie du ravin du Colèbî. Il faut donc être **très** vigilant.

L'incision en forme de V que vous avez devant vous est l'expression caractéristique d'une érosion par ruissellement.

L'eau qui ruisselle entraîne avec elle des particules dont la taille est proportionnelle à l'importance (débit) du ruissellement et à la pente (vitesse). Le ruissellement est un moteur important de l'érosion.

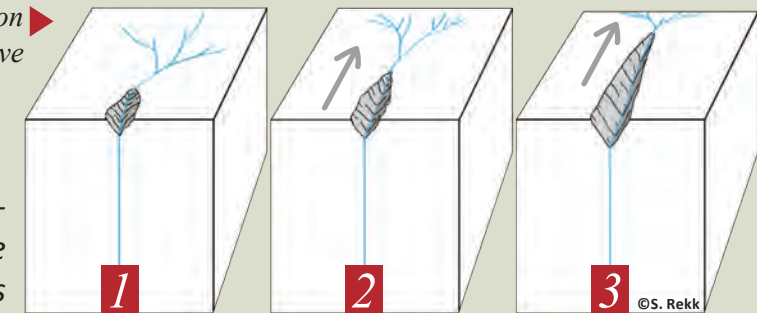


Deux types de ruissellement existent : diffus ou concentré.

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**, au contraire, est la coalescence des filets

Évolution de l'érosion régressive



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.

Le « Ravin des Amoureux » est le résultat d'une érosion par épisodes successifs de ruissellements concentrés créant ce que l'on appelle une érosion régressive ; c'est-à-dire une érosion qui se déplace de l'aval vers l'amont, soit à contresens de l'écoulement de l'eau.

L'érosion due au ruissellement concentré est d'autant plus marquée que le couvert végétal est faible ou la pente forte.

La majeure partie de cette incision a vraisemblablement eu lieu à une époque où le couvert végétal n'était pas aussi fourni qu'aujourd'hui. Probablement lors de la dernière période glaciaire (-20.000 ans) ou à la fin de celle-ci. Elle est cependant encore active aujourd'hui.

▼ Vue sur le Ravin des amoureux en arrivant de la pelouse « calcaire ».



Extrait de l'application éRRUISSOL (éRosiON-RUIssellement-SOL) <http://cartopro3.wallonie.be/CIGALE>

◀ À lui tout seul, le Ravin des amoureux concentre les eaux de ruissellement d'une surface supérieure à 18 hectares!

— cours d'eau (temporaire ou non)

Tronçon de ruissellement concentrant les eaux d'un bassin versant d'une superficie :

- entre 1 et 9 ha
- entre 9 et 18 ha
- > 18 ha

Une fois dans le ravin, descendez de quelques mètres, vers l'aval (attention à l'à-pic au bout!) et observez le bas du talus sur votre gauche.

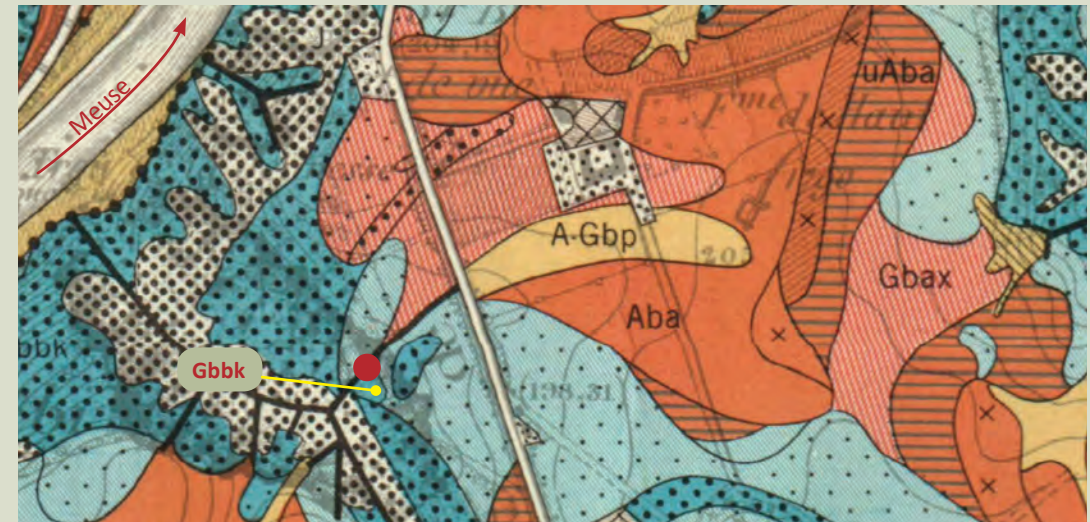
Sous la mousse et les feuilles, dans le bas de la zone ravinée, on distingue assez bien le sol sous la couche organique.

Le sol est une formation meuble qui présente une différenciation verticale en horizons mais aussi latérale plus ou moins importante. Ces différences ont été cartographiées et ont donné naissance à la Carte des Sols de la Belgique dont la version numérisée

est consultable très facilement sur le site <http://cartopro3.wallonie.be/CIGALE>.

Sur cette carte, la représentation des différents types de sols est assurée par des couleurs, des sigles (Gbbk6, A-Gbp1, etc.) ainsi que des surcharges (points, lignes) qui traduisent leurs caractéristiques.

Le sol de ce ravin, à l'endroit de la photo, est décrit par le sigle **Gbbk**, ce qui signifie « Sol limoneux à charge calcaire et à drainage naturel favorable ».



▲ Extrait de la Carte des Sols « Dinant 175E » à 1/20.000

A-Gbp	Complexe de sols sur matériaux limoneux et limono-caillouteux.	Gbak	Sols limoneux à charge de silicite, à horizon B textural.
Gbbk	Sols limoneux à charge calcaireuse, à horizon B structural.	Aba	Sols limoneux à horizon B textural.
GbBk	Sols limoneux à charge argilo-calcaire, à horizon B textural ou structural.		

Description du sigle **Gbbk**

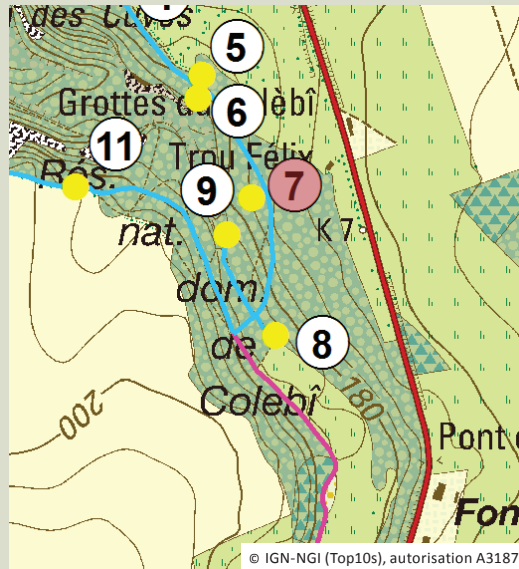
Position physiographique : plateaux et pentes.

- Texture du sol (appréciée sur le terrain par le doigté) : **G** = sols limono-caillouteux ;
- Drainage naturel du sol : **b** = drainage favorable (sol non gleyifié) ;
- Développement de profil : **b** = horizon B structural ;
- Nature de la charge caillouteuse : **k** = calcaire ;
- Volume de la charge caillouteuse : entre 15% et 50%.



©S. Rekk

Continuez sur le sentier et prenez à gauche à la 1^{ère} fourche. Plus loin, une dépression s'ouvrira sur votre droite (photo).



Si vous êtes attentif, vous distinguerez des dépressions.

Ces dépressions sont des **dolines**.

Une doline est une forme caractéristique d'érosion des calcaires en contexte karstique.

Les rochers de Freyr sont composés de calcaire, roche pour le moins sensible aux phénomènes de dissolution. Mais comment la dissolution fonctionne-t-elle?

Dans l'atmosphère, l'eau de pluie se charge en dioxyde de carbone (CO₂) mais également dans le sol, où il est

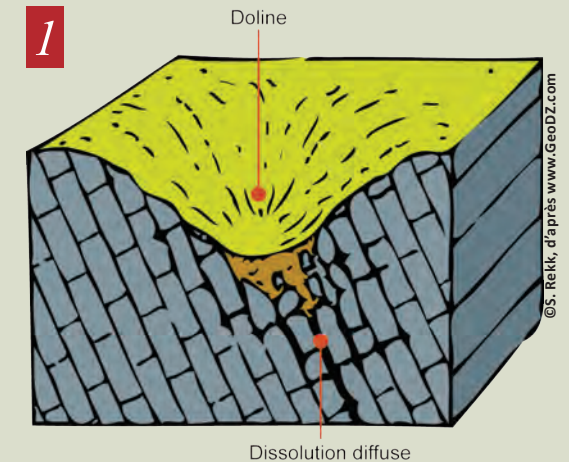
produit par la respiration des êtres vivants et/ou la décomposition de la matière organique.

Un certain nombre de facteurs favorisent la dissolution :

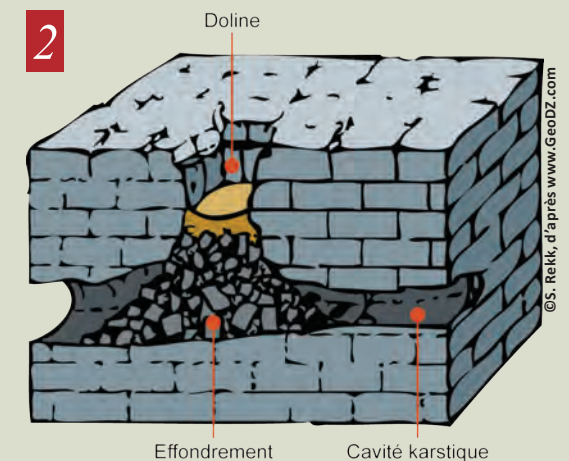
- La température de l'eau : plus elle est basse et plus l'eau peut se charger en dioxyde de carbone ;
- L'abondance de l'eau : pas d'eau, pas de dissolution ;
- La quantité de CO₂ dissout dans l'eau : cette teneur augmente avec la pression atmosphérique et la pression de CO₂ dans le sol (fonction de l'activité des organismes vivant dans le sol) ;
- L'importance de « vides » dans la roche (fractures, cavités, pores, etc.) qui permet une meilleure infiltration des eaux ;
- La durée de contact entre l'eau et la roche : il vaut mieux des roches microfissurées, où l'eau circulera lentement et sur une surface importante, que de grosses fractures qui diminueront la surface et le temps de contact entre l'eau et la roche.

Il existe deux types de dolines, (1) les dolines de dissolution et (2) les dolines d'effondrement.

(1) les **dolines de dissolution** résultent de la dissolution lente et diffuse des roches calcaires.



(2) les **dolines d'effondrement** naissent de l'affaiblissement du sol au-dessus d'une cavité karstique.



Si l'eau pure ne peut dissoudre que 15 mg de calcaire par litre, l'eau acide (~ pH 6) peut en dissoudre jusqu'à 80 mg par litre après traversée dans l'atmosphère et jusqu'à 200 mg par litre, grâce au CO₂ issu de l'activité biologique du sol.

