



Editorial

A l'échelle du territoire wallon, la protection du patrimoine qu'il soit archéologique ou géologique, passe par un inventaire préalable, par la désignation de sites prioritaires et par l'octroi éventuel de statuts offrant protection et reconnaissance. La conservation effective de ce patrimoine, nécessite aussi d'informer les acteurs concernés et les citoyens en général. Des actions de diffusion et de sensibilisation sont le complément indispensable aux politiques en faveur du patrimoine.

*La désignation de l'**Anticlinal de Durbuy** parmi le "top 100" des sites du patrimoine géologique mondial, répond à cette volonté de valoriser durablement les géosites. Cette reconnaissance loin de placer le site sous cloche, renforce sa notoriété et pourra soutenir le développement d'un tourisme durable et "intelligent" mettant en valeur la géologie de la Caestienne.*

*La mise en ligne et en libre accès (notamment via Walonmap) de la **Carte Archéologique** depuis juin 2024 répond aussi à cette volonté d'ouverture et de communication. Bien que certains de ces vestiges soient vulnérables, un tel outil cartographique rendu accessible peut contribuer à une meilleure prise en compte des sites archéologiques lors de l'octroi de permis et à associer les archéologues aux décisions en aménagement du territoire.*

*Nous vous présentons régulièrement des effondrements karstiques qui font partie des contraintes liées à un aléas géologique et géomorphologique. On retrouve dans cette même catégorie les éboulements de parois rocheuses et les **glissements de terrain**. Au travers de cas concrets, vous en saurez plus sur les éléments déclencheurs de ces mouvements de sol, leurs conséquences (notamment sur les territoires urbanisés), sur les méthodes de prévention/ mitigation et sur le rôle essentiel d'un apport d'eau massif, qui joue le rôle de "lubrifiant" entre des couches de sol.*

*Toujours à propos d'eau, les analyses des **percolations dans Vilaine Source** (Arbre) et en particulier des concentrations en nitrates lors des 2 dernières campagnes (juin et septembre 2024) ont donné des résultats surprenants. Leur présentation est accompagnée de quelques hypothèses pour expliquer le comportement hydrologique de la zone non saturée et de réflexions sur le rôle de l'épikarst comme "zone de stockage" pour les nitrates dans le sol.*

Bonne lecture à tous !

Le comité de rédaction de l'Eco Karst.

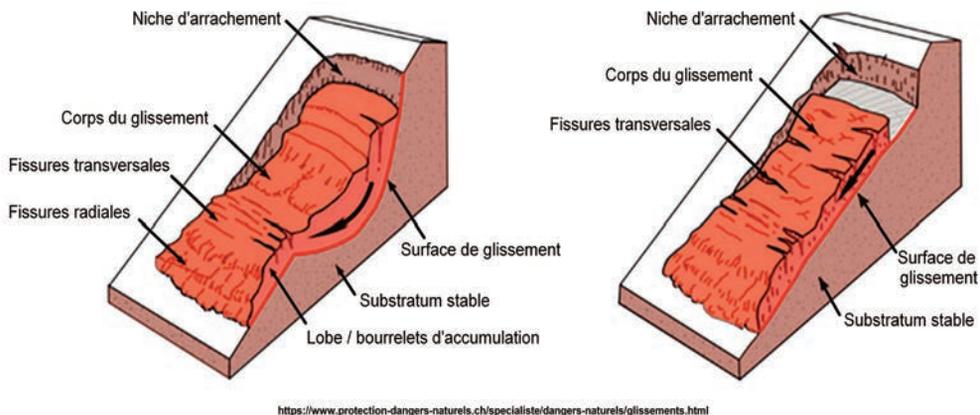
MOUVEMENTS DE TERRAIN EN WALLONIE 1/ Enquête sur les glissements de terrain

La CWEPSS vous informe régulièrement, via l'EcoKarst notamment de la présence d'accidents et d'effondrements karstiques qui affectent les zones calcaires et qui sont à l'origine de dégâts et de problèmes parfois graves et difficilement solubles en termes d'aménagement du territoire.

En Wallonie, en plus du karst, il existe d'autres types de mouvements de terrains, considérés comme des contraintes géotechniques qui peuvent affecter le sol et le sous-sol. Nous en décrivons un certain nombre dans cet article et dans les numéros suivants de l'EcoKarst en illustrant le propos avec des exemples documentés et en tentant d'expliquer les processus, les possibilités de prévention, les méthodes de mitigations et en nous interrogeant sur l'influence anthropique sur leur formation et extension. La présente note est consacrée aux **glissements de terrain**. Ultérieurement nous aborderons Les **éboulements** (de parois) et les **effondrements**.



Glissement de terrain à Dahlem, Les terrains recouverts d'un vignoble se sont décrochés pour dévaler et faire des dégâts sur la route en contrebas (Photo 2021)



<https://www.protection-dangers-naturels.ch/specialiste/dangers-naturels/glissemments.html>

Fig. 1. Glissements rotationnels et glissement plan (extrait de AECAI)

Les mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement du sol ou du sous-sol naturellement induit (agent d'érosion, pesanteur, séisme, etc.) ou lié à des activités humaines (excavations au bas de pentes, défrichage massif, modification du drainage naturel). Selon la genèse du phénomène, les matériaux mis en mouvement leur structures et les pentes, on peut différencier :

- **Les mouvements lents**, qui provoquent des déformations progressives avec parfois des ruptures de terrain mais sans qu'il y ait accélération brutale. Parmi ceux-ci, les affaissements, les tassements, les gonflements-retraits et les glissements.
- **Les mouvements rapides** : les effondrements, les éboulements ou écroulements ainsi que les coulées.

Dans la presse comme pour de nombreuses personnes il y a une confusion entre certains de ces termes. Ainsi, avons-nous pu lire un titre : "Glissement de terrain à La Rivière", alors que le même article mentionne "Suite à l'éboulement

exceptionnel d'une partie de la montagne ...". Un autre article sur le glissement de terrain de Rebecq reprend dans les mêmes lignes éboulement et effondrement.

En plus des articles cités, les données scientifiques sont basées sur les sites gouvernementaux cités dans le § Sources

Le glissement de terrain

. Un glissement de terrain, c'est le déplacement généralement lent, par gravité d'un terrain en pente. Ce déplacement peut varier de moins d'un décimètre par an, jusqu'à quelques mètres par jour. Il se déclenche lorsque la force gravitaire surpasse la résistance des couches géologiques et pédologiques. Le glissement peut intéresser des terrains superficiels ou plus profonds (plusieurs dizaines de mètres), il arrive alors que le volume de terrain glissé atteigne des millions de m³.

En Wallonie, ce sont plutôt les coteaux constitués de marnes recouvertes d'argiles et d'éboulis qui sont concernés.

Déstabilisés par des phénomènes naturels (climatiques, géologiques, géomorphologiques, ...), ou par des actes anthropiques (tranchées, talus, remblai, déforestation, mauvaise gestion de l'écoulement des eaux de surface ou souterraines...), ils peuvent fluer. Certaines activités anthropiques augmentent donc des risques de glissements de terrain dans des zones où ils ne seraient pas aussi fréquents, voire absents naturellement.

Au moment du déclenchement du glissement, les déplacements des matériaux rocheux peuvent atteindre jusqu'à quelques mètres par seconde. Lorsque sa composition est d'au moins 30 % d'eau, le glissement peut s'accélérer si la pente est suffisante, ce n'est alors plus un glissement mais un véritable éboulement du terrain impacté, il s'en suit alors des phénomènes secondaires potentiellement dévastateurs: coulée de boue, envasement de cours d'eau, chute de pierres, etc. On distingue 2 types de glissements de terrain. Dans la réalité, ils sont souvent combinés Fig. 1) :

1. Glissement le long d'une surface concave ou **glissement "rotationnel"**, qui se produit lorsque le matériau de surface glisse le long d'une surface concave.
2. Glissement le long d'une **surface plane** lorsqu'une grande quantité de terre glisse le long d'une faille ou d'une surface (coulée de boue, par exemple).

Secteurs impactés et exemples en Wallonie

En Wallonie, si les petits glissements de terrain ne sont pas rares, ils sont peu ou pas documentés. Seules deux zones de glissements ont fait l'objet d'études et ont été cartographiées en raison des dégâts subis par des habitations et des voiries :

- le **Pays des Collines** (Mont-de-l'Enclus), partie ouest du Hainaut et
- le **Pays de Herve** (province de Liège).

Ces deux zones ont été étudiées par l'ULiège à la demande du Service Géologique de Belgique (Geological Survey of Belgium), puis le Service Géologique de Wallonie. Le SPW examine actuellement d'autres zones : Anderlues (plutôt un affaissement ?) et certains versants nord de la Meuse liégeoise. La figure 2 situe ces deux zones et de petits glissements locaux mentionnés dans cet article.

A/ Le Pays des Collines

A l'ouest de la Wallonie, le "Pays des Collines" présente de nombreuses traces de glissements formés en raison de la constitution géologique des coteaux :

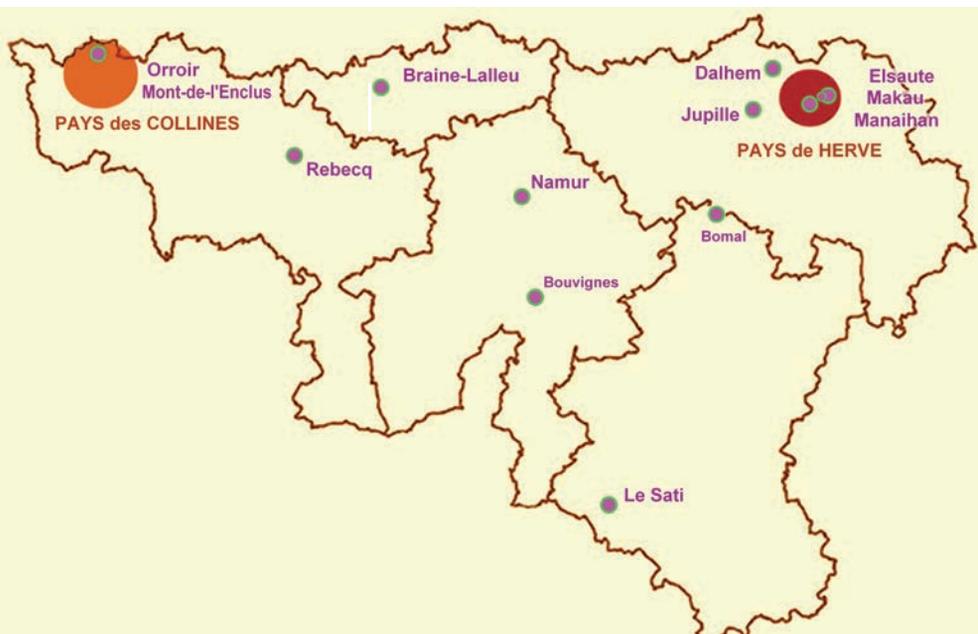


Fig. 2. Localisation, sur la carte de la Wallonie, des secteurs avec les glissements de terrain décrits dans cet article

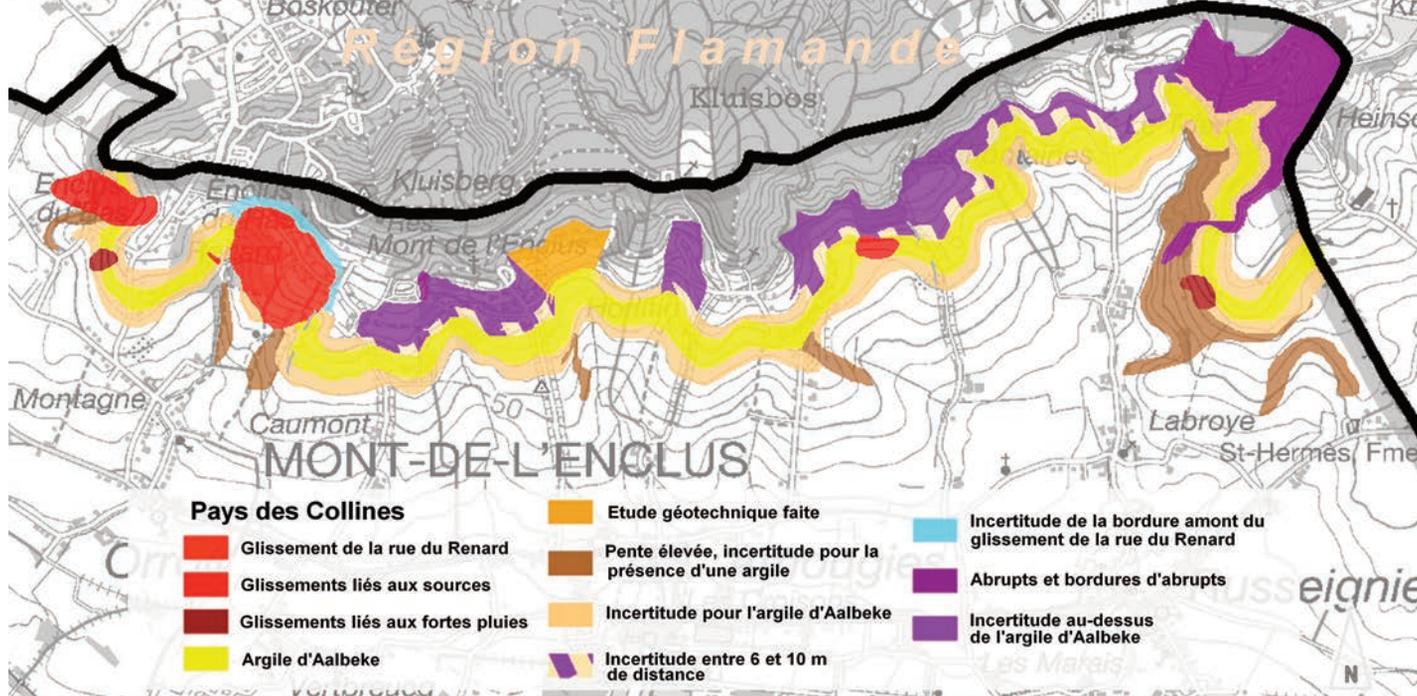


Fig. 3. Région des Collines - Mont-de-l'Enclus, cartographie des aléas naturels liés aux glissements de terrain (document du Service Géologique de Wallonie basé sur l'étude et les relevés menés par l'Université de Liège)

présence d'argiles imperméables épaisses de la Formation d'Aalbeke, sur lesquelles reposent des sables de Tielt (Fig. 3).

Lors de fortes pluies, les sables sont infiltrés, les eaux se réunissent à la base, sur les argiles imperméables et s'écoulent dans le sens de la pente vers des sources. Dans les hauteurs, des masses sableuses entraînées glissent, créant un abrupt de décrochement au sommet et un bourrelet d'accumulation au pied du versant (Fig. 4).

Au **Mont-de-l'Enclus**, le printemps 1994 particulièrement pluvieux a décuplé les effets de ce phénomène déjà mentionné au XIXe siècle. Gorgées par les eaux de ruissellement, près d'un million de mètres cubes de couches sablonneuses ont glissé sur les strates argileuses imperméables qui les soutiennent. Ce glissement de terrain a endommagé plusieurs

habitations du village d'Orroir, dans le quartier Renard, entraînant l'intervention du Fonds des Calamités.

En 1998, le SPW charge l'ULiège (Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection) d'étudier plus le versant sud du mont (le versant nord se développant dans la région flamande). Cette étude a montré l'influence des constructions sur le risque de glissement et a permis d'établir une carte de risque intégrée au Plan Communal d'Aménagement (PCA) permettant, par zones, l'interdiction ou l'imposition de normes strictes pour construire. Le plan fut activé malgré l'opposition de plusieurs propriétaires.

Les glissements n'ont pas de frontière, ainsi, sur le flanc nord du Mont-de-l'Enclus, dans les "Vlaamse Ardennen", le service géologique flamand a enregistré des dizaines de glissements.

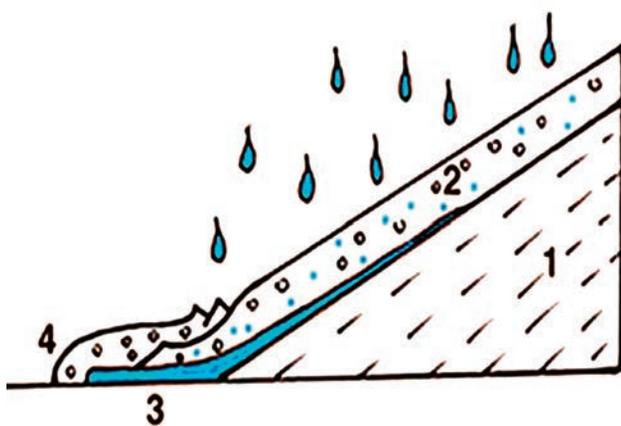


Fig. 4. Pays de Collines, le *modus operandi* des glissements :
 1. couche imperméable d'argiles surmontée de dépôts sableux.
 2. Lors de fortes pluies, les sables se chargent en eau.
 3. Des sources apparaissent au contact des argiles.
 4. La couche sableuse glisse (PORTAIL WALLONIE FW-B).

photographies aériennes et de vérifications de terrain, ils ont été étudiés par sondages sismiques, tomographies électriques et par essais de pénétration, aboutissant à l'établissement d'une cartographie prédictive du risque.

La 2e, a proposé une carte reprenant les zones potentiellement instables (glissements et gonflement-retrait) (Fig. 5). On y observe les plus importants glissements de terrains, caractérisés par des déplacements décimétriques à métriques, plus ou moins rapides, de volumes importants de terrains meubles.

Ces glissements se produisent lors de pluviosités importantes sur des terrains aux lithologies propices : Sur le Houiller imperméable reposent des sables de la formation d'Aachen. Située par-dessus, la formation de Vaals ("Smectites de Herve") est très hétérogène (sables, silts, argiles).

Cette formation est capable d'accumuler de grandes quantités d'eau (gonflement) et, à l'inverse, de se dessécher significativement en période de sécheresse (retrait). Ces mouvements peuvent provoquer des fissures sur le bâti ou les infrastructures (réseau d'égouttage notamment).

Ces argiles sableuses de Vaals, entre Thimister-Clermont et l'ouest de Herve, ainsi que les sables d'Aachen, ont emmagasiné des nappes d'eau piégées dans les lentilles sableuses et sont soumises aux phénomènes de boulangerie, c'est-à-dire le soulèvement brutal du sol sur la pression de l'eau piégée. Il s'ensuit des glissements lorsque, lors de pluies abondantes, les parties sableuses se chargent en eau et se fluidifient (Fig. 6). Les glissements sont localisés aux zones où ces deux formations affleurent, du moment que la pente est suffisante pour permettre le fluage des

Il considère qu'ils sont souvent une combinaison de fortes précipitations et d'interventions humaines, telles que la construction d'un étang, les excavations, les remblais, le colmatage des sources, etc.

B/ Le Pays de Herve

Dans le Pays de Herve, plusieurs loupes de glissement ont été repérées, une bonne partie est visible sur la carte géologique de 1996, signalées par la lettre "G". L'ULiège a ensuite effectué deux études. La première, en 1999, a sérié 15 glissements au départ de

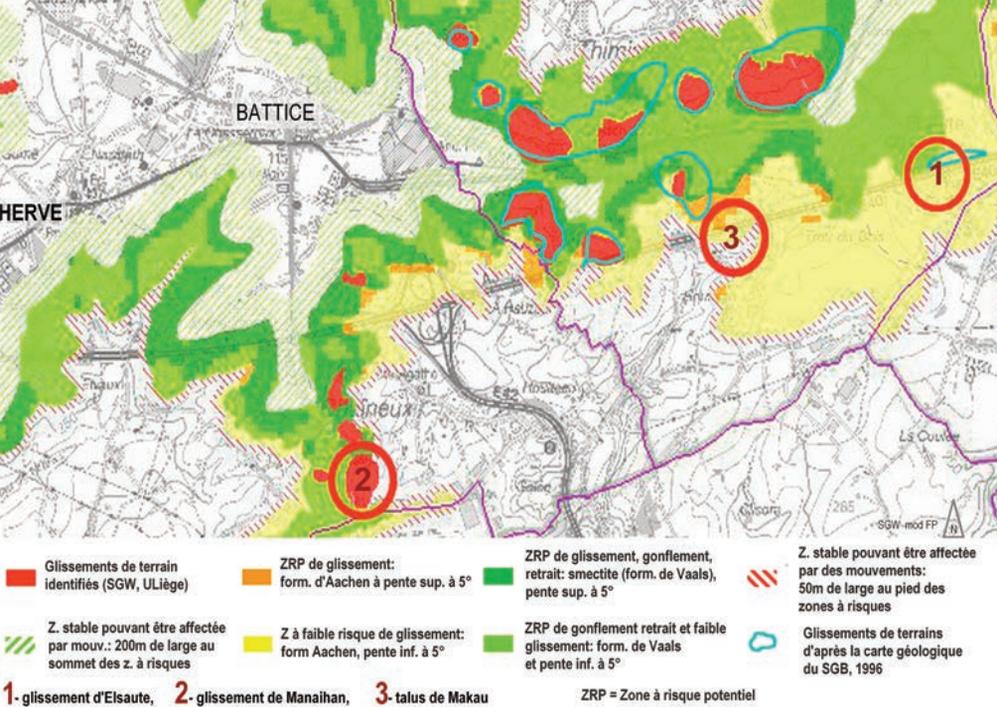


Fig.5. Les risques de glissements de terrain dans la région de Herve - province de Liège; (SGW)

couches superficielles. Les glissements ayant affecté le pays de Herve peuvent être illustrés par les cas concrets suivants :

- **Les travaux de l'autoroute E42** ont mis en évidence des glissements de terrain dans la formation d'Aachen (sables), sur les talus de l'échangeur d'Elsaute (Demoulin, 2000). L'ouverture de la tranchée ouest du pont 54, a remobilisé un glissement ancien. Ce glissement de talus est donc la remise en mouvement d'une masse ayant glissé à une époque ancienne. Pour stabiliser la zone, on a carrément enlevé toute la masse en mouvement (Graulich, 1969).

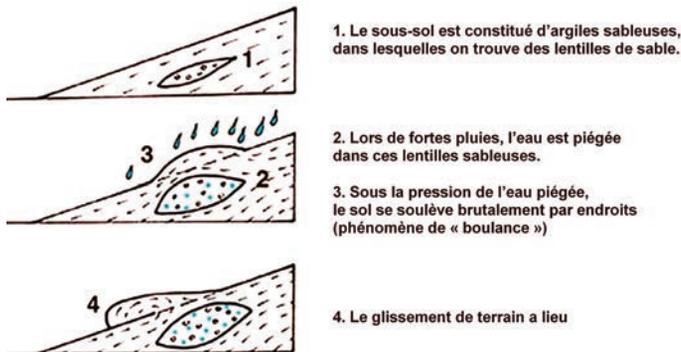


Fig.6. Les glissements de terrain avec phénomène de boulangue (SPW).



Fig.7. Manaihan – 7a : Atelier en porte à faux en amont du glissement (F Polrot) – 7b : Cernées de rouge, les zones de contraintes fortes de glissements dans lesquelles l'image Lidar montre souvent des reliefs mouvementés ; en jaune, le bâtiment de la photo (WalOnMap mod FP2024).

- **A Manaihan (Herve)**, le 14 septembre 1998, à la suite de fortes pluies, un glissement ancien s'est réactivé. Il a provoqué la destruction d'une maison, d'importants dégâts à une station de distribution de gaz, la rupture d'une canalisation d'eaux usées industrielles et le basculement de l'annexe d'une menuiserie (Fig. 5- pt.2).

Depuis, l'exploitant agricole a nivelé certains reliefs en 2020, 21, 22. Les images Lidar 2022 visualisent les reliefs conséquents aux glissements (Fig. 7b) Sur place, la zone de décrochage est partiellement remblayée, mais une construction reste en porte à faux (Fig. 7a). Les photos aériennes (non reprises dans cet article mais consultables sur Walonmap) montrent les changements entre 1994 et 2023.

- **Dans le village de Daelhem.** Les fortes pluies qui se sont abattues à la mi-juillet 2021, ont eu une incidence importante dans cette localité au nord de Herve, provoquant

un glissement de terrain.

Un flanc de colline avec un versant supérieur à 30° placé en « contrainte faible » pour les risques d'éboulements est occupé par un vignoble (Fig. 9). Le sol a été saturé en eau au sommet de la pente, le coefficient de frottement entre le Houiller et le sol s'en est trouvé fortement diminué, et le flanc a glissé vers la vallée. Dans la zone de décrochages, de grands arbres sont morts, le glissement montre des paliers (Fig. 8b).

Cette zone mesure à peu près 100m de long (voire figure 1 en début de cet article), 40m de large en amont, 60m en aval (mesures WalOnMap), soit une superficie d'1/2 hectare.



Fig.8. Glissement de terrain de Daelhem: Haut: La maison qui fut démolie (E.H.) Bas: Les crans de décrochement dans la partie haute du glissement de terrain (F. Polrot)



Fig.9. Le glissement de Dalhem (vues aériennes WalOnMap) - La flèche rouge indique la maison n°35b jusqu'en 2021 et son emplacement ensuite. Le glissement (flèche orange, sens de la pente) bouge peu entre 2022 et 2023.

En deux mois, la lentille a glissé de 1.2m vers la rue J. Dethier endommageant une maison récente qu'il a fallu démolir (Fig. 10a). Le dégagement du piedmont à côté de cette maison a peut-être facilité le glissement. Depuis 2021, la colline est placée sous surveillance (suivi à long terme, en partenariat avec des ingénieurs de l'Uliège). Des balises GPS ont été placées et pendant 7 à 8 mois la zone a été contrôlée pour étudier le mouvement et son ampleur.



Fig.10. - Namur – vue du glissement de terrain rue Saint Martin, submergeant le chantier ouvert à la base de la colline. (Photo, V. Lorent)

En janvier 2024, la colline a de nouveau bougé et a couvert la rue de terres. Des aménagements de retenue ont été installés, en bord de route, et un contrefort va être construit. Quand la zone sera stabilisée, des pieux seront implantés et encochés pour contenir la lentille.

C/ Autres glissements de terrains en Wallonie

Les petits glissements locaux ne sont documentés que lorsque la presse en parle, et que des infrastructures humaines (maison, route ...) sont affectées. Les phénomènes en zone naturelle (bois, landes) ne sont pas rapportés.

Le 23 novembre 2019, près de la **Citadelle de Namur**, un pan de terrain se détache et glisse sur un chantier de terrassement rue Saint-Martin. Trois maisons sont évacuées. On craint un glissement de terrain de milliers de m3. Le glissement mesure 40 mètres de large et 3m50 de haut, et les terres ont avancé de 1.20 m (Fig.10). La veille et les ouvriers quittent le chantier en disant que "tout s'effondre".

Le site avait fait l'objet d'une première demande de permis de bâtir en 2010. Refus de la ville. Le nouveau permis est délivré une fois qu'une étude de faisabilité, un rapport d'essais de sol et des plans complémentaires aient été fournis par l'entrepreneur. Le permis permet la construction d'un immeuble de 14 appartements.

Le site a depuis été raclé mais n'a pas été urbanisé.

En 1986, un glissement de terrain affecte un flanc de la colline et impacte la N865 sur les **bords de la Semois à Bouillon**. La route fermée pendant 18 ans (!) est réouverte en 2004... mais en 2010 les autorités interdisent de nouveau la circulation car la colline donne des signes de nouveaux mouvements.

Lors des pluies catastrophiques de juillet 2021, une partie du terrain en forte pente au-dessus du **cimetière de Bouvignes** s'imbibent d'eau. Le terrain glisse et recouvre de terres le chemin Lamarche, endommageant le mur et une partie sud du cimetière. Toute la couche superficielle boisée s'est décollée sur au moins 400 m2, laissant le sol rocheux à jour (R. GREBEUDE, com. pers.). Les travaux de réfection étaient toujours en attente quand, deux ans après, c'est le mur de l'autre côté qui s'est effondré, sapé lui aussi par les pluies.

A la suite de fortes pluies, le 1er juin 2018, face au **domaine de Palogne à Bomal**, rive gauche de l'Ourthe, le terrain glisse dans le bois de Vanne Navet sur 50 m de large, depuis le bord du plateau, emportant tous les arbres (Fig. 11). La trace de l'événement est toujours visible (DE BIE com. pers.).



Fig.11. Bomal. Vues aériennes en 2021 et en 2022 avec trace du glissement de terrain (WalOnMap). Photo du glissement vu depuis la rive droite de l'Ourthe (P. De Bie)



Fig. 12a. & b. . La butte de la bataille de Waterloo - Glissement de terrain en 1995 (WalOnMap) ; fissure de décrochement du glissement de 1999 (SPW).

D/ Glissements de terrain artificiels

Les glissements affectent aussi des reliefs d'origine anthropique : des crassiers, une butte historique, des talus.

Braine-l'Alleud (butte de la bataille de Waterloo)

Le 12 janvier 1999, la Régie des Bâtiments du Brabant wallon est alertée car une anomalie est visible dans la butte du Lion. Mais il neige et il est impossible d'en voir plus. Le 14 janvier, une crevasse longue de près d'un mètre s'ouvre sur la partie supérieure et provoque un glissement de terrain de 38m de long (Fig. 12b). De semblables dégâts se sont déjà produits en 1995 (Fig. 12a) et ont été réparés en enfonçant des pieux sur une profondeur de 15 m injectés de coulis de ciment.

En août 2000, nouveau rejeu, des travaux sont entrepris côté nord de la butte entre l'escalier et la zone réparée précédemment. Le même principe est mis en œuvre. De plus, un réseau de drains relié à un exutoire (puits perdu) est mis en œuvre dans cette zone qui, depuis, est restée stable (BELGIEM.BE, 2024)

Le Terril de Jupille (Liège)

Le 3 février 1961, après de fortes pluies, des coulées de boue dévalent d'un terril constitué de déchets industriels, notamment des scories, provenant de la centrale électrique de Bressoux-Droixhe, déversés depuis 3 ans sans précaution.



Fig. 13. Jupille - Le glissement du crassier en voie de déblaiement (archives CHLJ)

Les coulées ont tout écrasé sur leur passage : route, maisons, éclairage, tout est enseveli en quelques secondes (Fig. 13). Il y a 11 victimes. (Commission d'Histoire Locale de Jupille, 2001).

Thimister-Clermont

De retour dans le Pays de Herve et plus précisément sur le tracé du TGV, à Makkau. C'est dans le talus de ce dernier qu'un affaissement avec glissement de terrain a affecté une zone de 5000 m² avant 2021 (fig05. pt 3).

Le fait qu'à cet endroit le talus remblaie le talweg du ru du Quareux, qui recoupe le tracé du TGV, explique en partie ce glissement très localisé sur terrain rapporté (considéré comme X sur la carte géologique : correspondant à des terrains artificiels et/ou non défini).

Et le karst dans tout ça ?

Jusqu'à présent, sur les calcaires du Dévonien et du Carbonifère, nous n'avons pas connaissance de glissement de terrain qui puisse être en lien direct avec le karst. Les glissements de Bouvignes et Bomal sont limités aux couches pédologique superficielles et n'ont aucun lien direct avec la roche en place ou une dynamique karstique : perte d'un cours d'eau, émergence, vidange du remplissage d'une grotte par exemples.

Les glissements sont-ils prévisibles et qui est responsable ?

En ce qui concerne les glissements, des signaux avant-coureurs sont souvent perceptibles, de quelques heures comme à Namur où les ouvriers avaient bien « senti » la veille que cela se détachait, à quelques jours comme à La Rivière il y avait eu des craquements, des fissures. Le service RTM s'était rendu sur place pour constater la présence de fissures et des glissements. Pour repérer les zones à risques et déterminer les glissements et

autres mouvements de sol, plusieurs techniques sont à privilégier :

- la **Téledétection optique**, par laser, le fameux LIDAR (Light detection and Ranging), par satellite qui reçoit les informations du rayonnement électromagnétique réfléchi par la lumière du soleil.
- la **Téledétection SAR** D-InSAR (en français Radar à synthèse d'ouverture, le RSO) permet de suivre et d'étudier les déplacements verticaux et l'avancée de la déformation active de la surface de la Terre.

Quant à la **responsabilité** des autorités et/ou d'un auteur de projet si un glissement de terrain se déclenche, les règles sont complexes et nous en parlerons plus précisément dans un autre article. Notons toutefois, dans le cas de Dalhem, le glissement de terrain est assumé par :

- *L'auteur de projet dans le cas d'une demande de permis portant éventuellement atteinte à un versant en équilibre (le cas à Namur au pied de la citadelle) ;*
- *L'ingénieur en stabilité consulté (si l'architecte s'estimait insuffisamment compétent en la matière) ;*
- *L'intervenant (les places de parking en déblai sous le coteau tombent sous le coup d'application des dispositions de l'article D.IV. 1-1 point F 4° du CoDT).*

Conclusions

Empêcher tous les glissements est impossible. En revanche, leur étude et leur compréhension permet de limiter l'impact sur les habitants. On sait aujourd'hui que l'eau joue un rôle important et que les séismes ont le leur, mais l'homme, par ses nombreuses activités, a sa part de responsabilité ; ses activités ayant façonné le paysage souvent contre la nature et provoqué des "déséquilibres".

Ces phénomènes peuvent coûter cher. Pour le glissement de Dalhem la commune a dégagé à titre provisoire +/- 50.000 € dans le cadre du dossier du glissement de terrain, (suivi, honoraires, bureaux de consultation) et une provision de 400.000 €.

Il s'agit là d'une réserve, car à l'heure actuelle, les travaux qui devront être réalisés pour stabiliser le glissement de terrain ne peuvent encore être chiffrés, d'où la vigilance de mise. Deux ans après, c'est plus de 160.000 euros qui ont déjà été dépensés pour la colline instable, et ce n'est pas fini car dès qu'il pleut, elle se remet à bouger en direction de la route comme c'était visible en 2023.

En février 2024, un nouveau glissement amena une obstruction temporaire de la voirie.

Causes internes (liées aux forces de résistance):

Morphologie : La géométrie de la pente, y compris des aspects tels que la hauteur, la longueur, la forme, la déclivité et l'aspect, peut influencer la stabilité du terrain.

Géologie : La composition du sol, les caractéristiques lithologiques (par exemple, la présence d'argile, de craie, de matériau meuble), ainsi que la structure et les discontinuités géologiques (stratification, schistosité, failles, fractures) jouent un rôle clé.

Conditions climatiques : Les variations climatiques, notamment les pluies abondantes, le gel/dégel, peuvent affaiblir la résistance du sol au cisaillement.

Causes externes (liées aux forces motrices)

Gravité : La force gravitationnelle exerce une pression constante sur les pentes, contribuant potentiellement à des glissements de terrain.

Infiltrations d'eau : L'eau peut agir comme un agent lubrifiant, réduisant la cohésion du sol et augmentant le risque de glissements.

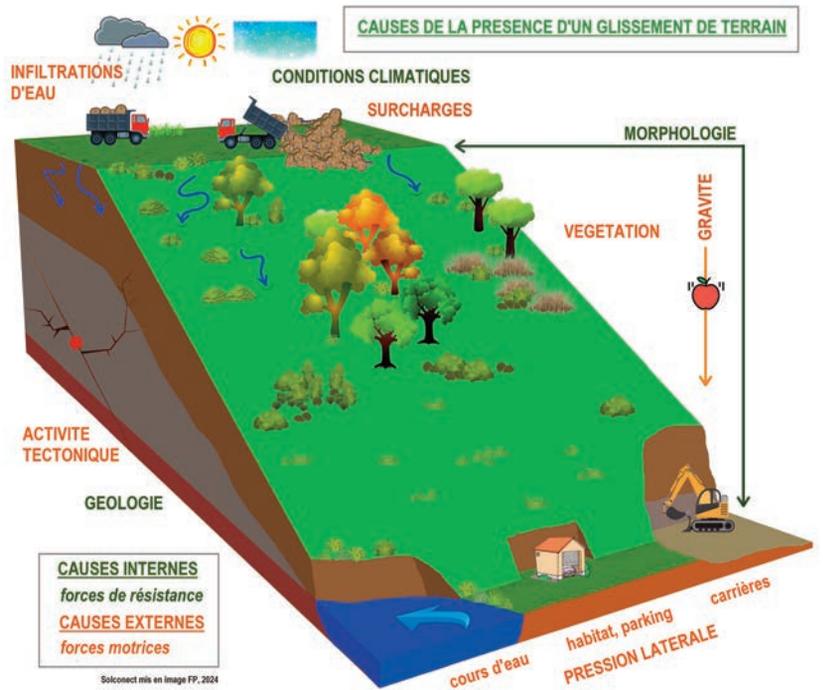
Pression latérale : Les forces exercées par des facteurs extérieurs tels que le sapement dû à l'érosion des cours d'eau, des travaux d'excavation, l'exploitation de carrières, etc., peuvent augmenter les contraintes de cisaillement.

Surcharge : L'ajout de poids supplémentaire sur la pente, par exemple par l'accumulation de matériaux ou la construction d'infrastructures, peut contribuer à la déstabilisation.

Activité tectonique : Les mouvements tectoniques peuvent induire des changements dans la stabilité des pentes.

Effet de la végétation : La présence ou l'absence de couvert végétal peut également influencer la stabilité des pentes.

Causes de la présence d'un glissement de terrain (Solconnect, 2024)



La bonne connaissance des zones à risque est essentielle dans l'aménagement du territoire et pour une approche préventive. Il y a lieu de tenir compte du changement climatique et de l'augmentation du nombre d'événements extrêmes (pluies diluviennes, sécheresses prolongées) qui augmentent le risque de voir se produire des glissements de terrain.

Revenons sur le glissement de terrain de cet été à La Rivière (Isère, France) car il s'est produit sur base calcaire cet été. Il représente tout de même une masse de plus de 1 millions de m³ et a coupé une route sur plus de 800m, heureusement sans faire aucune victime. Nous avons vu supra que l'ingénieur Pierre Verry, Chef de service Restauration des Terrains de Montagne (RTM) pour l'Isère avance, comme hypothèse, la fragilisation des roches calcaires imbibées des importantes pluies printanières. Il parle de « poches d'eau » qui remplissent les cavités, fissures, diaclases du karst. Si elles se remplissent, cela 'lubrifie' les falaises. A force d'être lubrifiées, cela fragilise leur structure.

C'est pour lui une explication plausible, mais qu'il combine avec une seconde cause possible : la fragilisation par des travaux d'excavation, ici l'exploitation de la carrière "qui est juste à côté". L'exploitation de carrières créant des vibrations qui fragilisent la structure rocheuse lors des tirs de mines de l'exploitation. Une 3e explication, serait le déclenchement de microséismes de faible intensité, à peine ressentis au niveau humain. Les pluies

combinées à l'exploitation de la carrière et, peut-être, à des tremblements de terre de très petite intensité ont pu déclencher cet événement.

Ce glissement rocheux récent est décrit comme ayant commencé par l'éboulement d'une paroi calcaire. Il nous amène à nous pencher sur les éboulements, pendant en terrain calcaire cassant du glissement dans les terrains détritiques plus "fluides". Ce qui nous amène à la 2e partie de cet article : Les éboulements. (A SUIVRE).

Sources

Nous ne mentionnons pas les articles de journaux (références à la disposition du lecteur intéressé sur simple demande). Les sites ont été lus en août 2024.

BELGIEM.Be. Régie des Bâtiments. Waterloo, butte du Lion. <https://www.regiedesbatiments.be/fr/projects/butte-du-lion>

COMMISSION D'HISTOIRE LOCALE DE JUPILLE, 2001. 50 ans déjà, <http://chljupille.over-blog.com/article-50-ans-deja-65091203.html>

DEMOULIN A., 2000. Rapport inédit sur les glissements de terrain, <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/207459/1/RAPPORT.pdf>

E.H., 2021. Visé Magazine. <https://visemagazine.be/blog/2021/09/24/a-dalhem-la-colline-de-la-rue-j-dethier-avance-de-3-a-4-cm-par-jour/>

CIGALE Internet – Les thématiques du sous-sol wallon, <http://carto1.wallonie.be/CIGALE/viewer.htm?APP-NAME=SSOL&>

GÉOPORTAIL DE LA WALLONIE - <http://geodata.wallonie.be/id/7128b9b9-75e8-4318-a14a-d64eff6a8887>

PORTAIL WALLONIE FW-B. Sol et déchets en Wallonie, Sols, Les glissements de terrain Mouvements de masse... <https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/autres-menaces/glissements-de-terrains.html>

RÉGIE DES BÂTIMENTS. <https://www.regiedesbatiments.be/fr/projects/butte-du-lion>

SERVICE GÉOLOGIQUE DE WALLONIE, Zones de Glissements de Terrain. (<https://geologie.wallonie.be/home/thematiques-sous-sol/aleas-naturels/glissements-de-terrain.html>)

SOLCONNECT, 2024. <https://solconnect.fr/article/glissement-de-terrain>

VERRY, 2024. "Pas à l'abri de nouveaux éboulements" : après le glissement de terrain à La Rivière, retour sur l'ampleur du phénomène <https://www.francebleu.fr/infos/faits-divers-justice/pas-a-l-abri-de-nouveaux-eboulements-apres-le-glissement-de-terrain-a-la-riviere-retour-sur-l-ampleur-du-phenomene-4562188>

Réponse du cabinet du Ministre Willy BORSUS, Ministre, à une question du sénateur François Desquesnes le 7/12/2022.

Réponse du cabinet du Ministre HENRY, Ministre, à une question du député wallon Claude Eerdekens le 31/11/2009.

Merci à Frederic Van Dijck (SPW, Département de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme) pour ses précisions (responsabilités, données) ainsi qu'à Paul De Bie et Richard Grebeude pour leurs témoignages.

*Francis POLROT
Administrateur CWEPPS*

L'ANTICLINAL DE DURBUY MIS L'HONNEUR

Sur proposition de la Commission Nationale Belge de Géologie (avec le concours du Géopark et de l'IRScNB) l'union internationale des Sciences Géologiques vient d'inclure l'anticlinal de Durbuy, dans la deuxième sélection des top 100 des sites du patrimoine géologique mondial. Situé à un jet de pierre du centre-ville est à l'heure actuelle le SEUL site belge qui bénéficie de cet enviable statut. Il devrait donner un coup de projecteur supplémentaire à ce remarquable plissement affectant les calcaires frasniens et plus globalement aux géosites de l'entité.

C'est un plus pour le développement du tourisme géologique porté depuis des années par le Geopark UNESCO Famenne-Ardenne soutenu par de nombreux partenaires et une équipe passionnée par la géologie en général et par le karst en particulier



Fig 01. L'anticlinal avec son plan d'eau à l'avant plan. On distingue bien le cœur constitué de dolomie ainsi que la présence d'une petite cavité s'ouvrant au ras de l'eau (Photo G. Michel 2019).

Origine de cet objet géologique

L'anticlinal de Durbuy est formé de calcaires frasniens bien stratifiés de la Formation de Philippeville. Ce sont des calcaires gris à noir en gros bancs constitués d'une alternance de bancs récifaux (stromatopores, coraux) et de bancs laminaires. Le cœur de l'anticlinal est occupé par de la dolomie. Durant la diagenèse, des solutions aqueuses riches en magnésium (Mg) circulent dans les pores du sédiment et provoquent le remplacement partiel ou total de la calcite par de la dolomie.

Pour évoluer vers l'aspect que nous lui connaissons aujourd'hui, il a fallu que les bancs soient comprimés, sous l'effet d'une poussée tectonique. Celle-ci remonte entre 325 et 300 millions d'années : avec la formation de la chaîne de montagne varisque.

Les couches calcaires de Durbuy ont subi des poussées NW-SE, induisant déformation plastique (molle) responsable des plissements, suivie d'une déformation cassante à l'origine des failles. Le visiteur attentif constatera que l'anticlinal est parcouru de deux failles de direction opposée.

Après une longue phase érosive de la chaîne montagneuse, qui allait donner au

paysage un relief plat et monotone, le réseau hydrographique s'est enfoncé dans ce socle rocheux pour faire sortir certaines structures pour donner les paysages actuels. C'est ainsi que l'Ourthe, qui coule au pied de l'Anticlinal a dégagé cette structure et la "remise en relief" du fait de sa plus grande résistance à l'érosion. L'anticlinal est encadré des schistes de la Formation de Neuville (Frasnien). Ils sont visibles au nord (schistes à nodules calcaires de teinte gris-brun). La structure anticlinale est légèrement déjetée vers le sud et on note aussi l'existence d'une cavité à proximité du cœur du pli.

Valorisation du site et reconduction du Geopark

"Ce classement des 100 sites du patrimoine géologique mondial regroupe des sites qui présentent un apport fondamental aux sciences de la géologie, mais aussi qui sont visibles du grand public", explique Serge Delaby, géologue au sein du Geopark Famenne-Ardenne. "l'intégration de l'anticlinal dans le Top 100 des plus beaux géosites du monde permettra de renforcer l'attractivité touristique du Géopark. Lequel constitue un outil non négligeable en matière de tourisme durable

de Rochefort et Han-sur-Lesse à Durbuy en passant par Marche-en-Famenne", souligne la ministre wallonne du Tourisme et du Patrimoine Valérie Lescrenier.

La proximité avec un des hauts lieux du tourisme en Ardenne, le fait que l'Anticlinal est visible et accessible, ainsi que les aménagements réalisés autour du plissement (éclairage, jeu d'eau, aménagement d'une promenade...) ont joué en faveur du choix de l'anticlinal. Enfin l'intérêt de ce « label » est encore renforcé par le renouvellement de l'agrément par l'UNESCO du Geopark Famenne Ardenne. Celui-ci a été reconnu pour la première fois en 2018. Il va ainsi pouvoir poursuivre ses actions avec ses nombreux partenaires jusqu'en 2027. Il ne fait aucun doute que des animations et la valorisation scientifique de l'anticlinal de Durbuy feront partie des priorités pour les 4 ans à venir !

Une récente étude qui porte sur les fréquentations des attractions et maisons de tourisme liées au Geopark démontre qu'une personne sur trois connaît l'existence de ce plissement. Un chiffre déjà surprenant mais qui peut encore progresser, notamment chez les habitants des huit communes associées dans cette aventure.

Une série de photos prise par drones par l'Institut Royal des Sciences Naturelle en mai 2024 ont permis de réaliser un modèle 3D précis du géosite qui servira ensuite à des fins de médiation et si besoin de conservation.

Les sites du patrimoine géologique désignés par l'UISG regroupent dans le monde entier des lieux clés avec des éléments et/ou des processus géologiques d'importance scientifique internationale, utilisés comme référence, et/ou avec une contribution substantielle au développement des sciences géologiques à travers l'histoire. La dimension pédagogique et "transmission du savoir" est importante.

Cette photogrammétrie peut dès à présent être visionnée sur internet sur le lien suivant: <https://sketchfab.com/3d-models/durby-anticline-dd0640577cb241e3bca99e6ea5b4fef5>. Une recherche sur sketchfab, en utilisant anticlinal ou Durby comme mot clé devrait vous permettre d'y accéder.

Basé sur le Dossier de Presse de Geopark Famenne-Ardenne

Fig 02. Modèle numérique 3D réalisé par photogrammétrie (par l'Institut des Sciences Naturelles de Belgique),



LA CARTE ARCHÉOLOGIQUE DE LA WALLONIE (CAW)

Un outil accessible à tous pour protéger le patrimoine et les sites archéologiques

Le nombre de données et d'informations cartographiques, librement consultables pour tout un chacun sur le portail cartographique Walonmap du Service Public de Wallonie est en continuelle augmentation. Les adeptes du karst et les passionnés du milieu souterrain, se dirigeront préférentiellement vers la rubrique « Sol & sous-sol ». Là, parmi les données géologiques (cartes, affleurements, essais géotechniques), la carte des sols, les concessions minières, des données sur les captages, les piézomètres, information sur la géothermie ... et bien d'autres, ils pourront consulter la version "en ligne" et à jour de l'Atlas du Karst Wallon.

Depuis près de 10 ans maintenant, en collaboration avec le service Cartographie et informatique du SPW, la CWEPPS, fournit à peu près 4 fois par an des données. En toute subjectivité (!!!), il s'agit d'une des couches d'information les plus illustrées et les plus régulièrement mises à jour au sein de Walonmap... et on espère aussi une des plus consultées.

Cependant, l'intérêt majeur du portail cartographique conçu par la Région Wallonne, réside dans la possibilité de croiser des données de nature et de source différentes. Le tout en ayant la possibilité de modifier le fond de carte, de le remplacer par des photos aériennes de différentes époques (survol entre 1971 et 2024)... et d'y intégrer ses propres relevés et observations (notamment via des données gps). Vu la puissance de cet outil, il est aujourd'hui impensable de réaliser une prospection de terrain ou un relevé géomorphologique sans interroger la vue lidar (idéalement en comparant les survols de 2014 et ceux de 2021-22) ou de faire apparaître les axes de ruissellement Lidaxhe.

Bien entendu, toutes ces données disponibles et consultables depuis son écran d'ordinateur ne doivent pas remplacer les observations sur le terrain. L'objectif n'est pas de devenir un karstologue ou un géologue « en chambre », mais bien de rassembler tous les indices possibles pour augmenter la pertinence, l'efficacité et la précision lors d'un relevé de terrain. Enfin, l'ensemble des données accessibles sur Walonmap aide aussi à interpréter et à comprendre l'origine d'une morphologie et/ou d'un phénomène observé sur le terrain et de pouvoir plus facilement différencier les morphologies naturelles de celles d'origine anthropique.



Fig. 1. Porche d'entrée de la Grotte de Chaleux (Houyet), c'est un des sites archéologiques majeurs pour la préhistoire dans la vallée de la Basse Lesse.

Une couche spécifique dédiée à l'archéologie

Parmi les données un peu moins "connues" et utilisées par les "karstophiles", on trouve la "Carte Archéologique de Wallonie". Il nous a semblé utile d'en détailler quelque peu le contenu, de préciser comment elle est constituée et tenue à jour, à quoi elle peut servir et également en quoi il est important de la consulter avant différents projets ou travaux.

En plus de la présentation des métadonnées propre à cette couche, nous avons posé des questions à C. Drailly et à A. Guillaume de l'AWaP qui alimentent régulièrement cette carte et Alain qui gère l'inventaire des sites archéologiques.

Que contient cette donnée cartographique en ligne et où la trouver ?

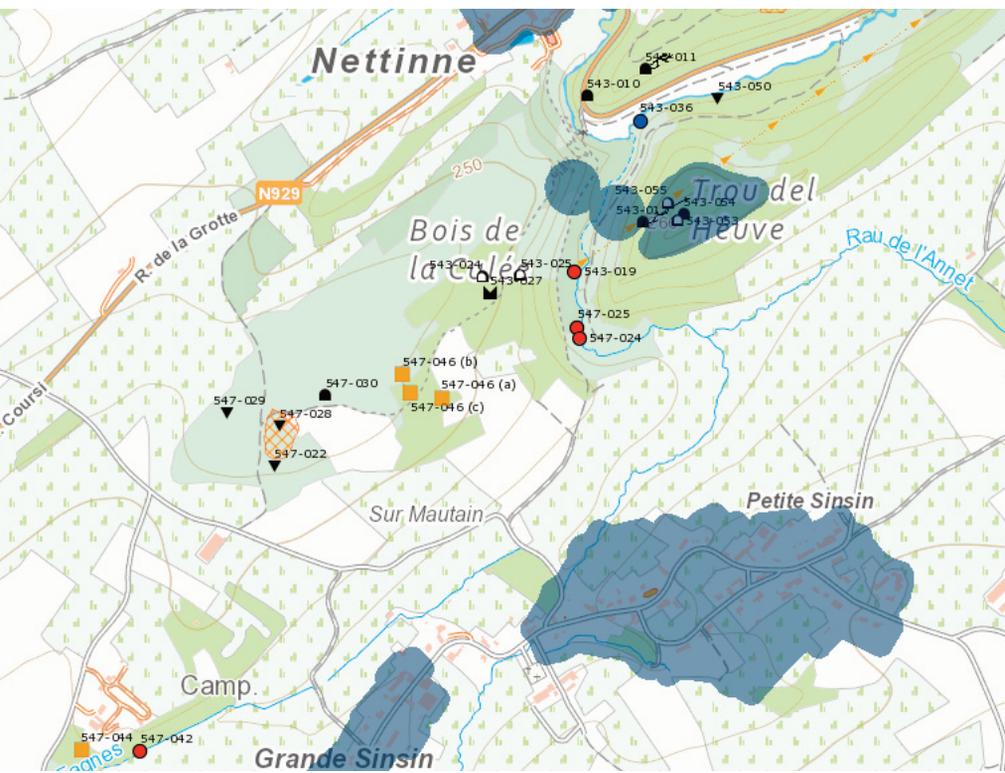


Fig. 2. Extrait de la carte archéologique pour la zone de Sinsin, centrée sur quelques cavités, dont le Trou de la Louve. On constate que ce site karstique (à défaut de bien d'autres) est repris dans le périmètre archéologiques. Cependant, ce sont essentiellement les coeurs des villages qui représentent les plus importantes superficies.

Cette couche de données compile les informations spatiales propres à la carte archéologique, comme stipulé dans l'article 60 du Code wallon du Patrimoine (CoPat). Celui-ci est entré en vigueur le 1er juin 2024. Il prévoit un ensemble de règles en matière patrimoniale, dont la préservation d'une diversité de sites qui constituent la richesse archéologique wallonne.

Ce nouveau code est davantage conforme aux pratiques actuelles et traduit une orientation tournée vers les usagers. Dans un souci de simplicité et de rapidité des processus décisionnels, il s'agit de fournir une information claire et rapidement assimilable, notamment lors de travaux et d'octrois de permis.

La carte archéologique de la Wallonie est avant tout comme un outil d'aide à la décision en matière d'information, de prévention et de gestion de lieux de découvertes de biens archéologiques et des sites archéologiques recensés.

En résumé, les objectifs poursuivis par la mise en ligne de ce document sont de :

- mettre en place des actions de prévention
- gérer les sites et les biens archéologiques wallons
- délimiter les zones pour lesquelles des demandes d'avis sont requises par les autorités compétentes en matière de délivrance de permis et de certificats d'urbanisme afin de planifier les opérations archéologiques avant la réalisation de chantiers de construction.

- délimiter les zones interdites d'accès aux détenteurs d'une autorisation à pratiquer une activité de détection à l'aide d'un détecteur de métaux (Art. 81 du CoPat).

Il est recommandé de consulter la carte en question pour :

- pour préparer une demande de permis d'urbanisme ;
- pour préparer un acte notarié ;
- lors d'une étude d'incidences sur l'environnement (EIE) ;
- dans le cadre de l'établissement ou de la modification de schémas et/ou de règlements d'urbanisme ;
- pour préparer ses déclarations d'activité lorsqu'on est détenteur d'une autorisation à pratiquer une activité à l'aide d'un détecteur de métaux (Art. 82 du CoPat).

Sur le portail Walonmap, il faut aller dans les données Aménagement du territoire => Plans et règlements. Là, dans la sous-rubrique "patrimoine", parmi les périmètres de sites classés, des biens exceptionnels et des périmètres Unesco, ce cache la carte archéologique de Wallonie.

Cette même information figure sur le portail **Cartographie des données du SPW Territoire**, mis en ligne par la DGTLPE. C'est la source originelle de la donnée et on peut se réjouir qu'elle ait été intégrée dans Walonmap afin d'être croisée et exploitée avec les autres couches d'informations liées à l'environnement.

Une fois activé, c'est un buffer bleu qui vient se surimposer sur votre cartographie et qui recouvre toute une série de zones présentant un intérêt archéologique. On constate ainsi que le cœur de bien des villes et des villages figurent dans ces périmètres, mais qu'on y retrouve aussi des polygones +/- isolés en pleine nature, en forêt, ou en bordure de cours d'eau... correspondant à autant de sites archéologiques reconnus ou de zones potentiellement intéressantes.

En première lecture, on est désarçonné par le grand nombre de ces buffers archéologiques. Ils ne représentent pourtant à l'échelle de la Wallonie qu'environ 6 % du territoire. La carte archéologique ne reprend que les aires, sans fournir de descriptif, d'informations expliquant pourquoi un tel périmètre a été repris en zone archéologique. Il s'agit d'un outil cartographique qui a pour but de permettre d'interroger l'administration du patrimoine sur base de la localisation des sites.

L'information existe et figure dans une grande base de données gérée par l'Agence Wallonne du Patrimoine (AWaP - DGTLPE), qui décrit chacun de ces sites. Cet inventaire des sites est un outil interne à l'administration et n'est pas destiné à être mis en ligne. Les raisons en sont multiples : l'inventaire est incomplet, non vérifié dans certains cas, certains sites sont en secteur privé cas où le RGPD ne permet pas de le mettre en ligne, il existe un risque de plus-value ou de moins-value sur les terrains selon l'importance du tourisme et, enfin, le risque de pillage serait décuplé et certains sites pourraient perdre ainsi tout leur intérêt qui ne réside parfois qu'en la lecture des sols et pas toujours en récolte d'objets.

Portée et bon usage de la carte archéologique

Pour mieux comprendre la portée, les objectifs et la "bonne manière" de consulter la carte archéologique, nous avons posé quelques questions à 2 archéologues de l'AWaP (Alain Guillaume et Christelle Draily) qui, par leur travail et leurs recherches, enrichissent régulièrement la dite carte.

a/ Combien y a-t-il actuellement de sites repris à la carte archéologique et quelle proportion de territoire cela représente t'il à l'échelle de la Wallonie ?

La notion de site est plus complexe qu'il n'y paraît. Pour faire simple, près de 25.000 lieux de découverte sont enregistrés et figurent dans la carte archéologique à ce stade. Selon les estimations, il en existerait 3 à 5 fois plus ; c'est la raison pour laquelle d'autres dispositions légales ont été adoptées, dans ou en dehors des péri-

mètres repris à la carte archéologique (pour les avis préalables sur grands projets par exemple). La carte sera mise à jour régulièrement puisque de nouveaux sites inconnus peuvent être découverts aussi bien par les archéologues que par les particuliers qui le signalent à l'AWaP.

b/ Quels sont les critères pour qu'un périmètre soit repris à la carte archéologique et quelles données sont encodées pour décrire / justifier ce statut ?

La législation a fixé les modalités d'établissement de la carte archéologique. Elle prévoit que l'administration du patrimoine (AWaP) élabore une carte des sites archéologiques wallons qui reprend : tout ensemble de biens immobiliers bâtis ou non bâtis qui, en tout ou en partie, soit ont fait l'objet d'une découverte d'un ou plusieurs biens archéologiques, soit sont recensés comme ayant recelé, recelant ou étant présumés receler des biens archéologiques.

La carte archéologique ne contient pas d'autre donnée que la localisation : il s'agit avant tout d'un outil de recensement.

c/ Quels sont les obligations d'un porteur de projet (par exemple pour une construction) si le bien sur lequel il travaille figure à la carte archéo et cela entraîne-t-il des contraintes / démarches en plus ?

L'unique situation pour laquelle un porteur de projet est tenu de consulter personnellement la carte archéologique consiste à déterminer s'il est soumis à l'obligation d'obtenir un avis préalable sur grand projet dans le cas d'une demande de permis d'urbanisation avec une ouverture de voirie située dans le périmètre de la carte archéologique.

Pour tous les autres cas, c'est l'autorité ou la personne chargée d'adresser un accusé de réception ou de statuer sur le caractère complet d'une demande de permis d'urbanisme, de permis d'urbanisation, de permis environnemental, de permis unique, de permis d'implantation commerciale ou de permis intégré qui contactera, si besoin, l'administration du patrimoine. Une opération archéologique pourra alors être imposée préalablement ou concomitamment à la réalisation des actes et travaux. Dans le cas de présence d'un site archéologique ou dans le cadre d'un grand projet, l'AWaP remet un avis et se met d'accord avec l'auteur du projet afin de réaliser des sondages et/ou des fouilles, bien avant la réalisation des travaux. Il n'y a qu'en cas de découverte fortuite, souvent rapportée par un particulier intéressé par le patrimoine, que les travaux peuvent être suspendus pour un temps limité.

d/ Y a-t-il beaucoup de grottes, et plus généralement de sites karstiques qui sont repris sur cette carte et en quoi ceci peut impacter l'accès, la recherche, la spéléologie dans les massifs calcaires ?

Pour figurer à la carte archéologique, un site karstique doit :

- Répondre à la définition légale d'un site archéologique
- Avoir été recensé par l'administration. (Ce travail au long cours ne connaît pas de fin tant les apports sont diversifiés et réguliers ; des lacunes persistent inévitablement.)

Les zones karstiques étant limitées, la proportion des sites karstiques repris à la carte archéologique est logiquement faible par rapport à d'au-

tres types de sites. Mais la carte archéologique n'a en aucun cas été conçue dans le but de limiter les accès, la recherche ou la pratique de la spéléologie.

A ce jour, seuls deux sites karstiques classés ont fait l'objet d'arrêtés assortis de conditions légales : les grottes paléolithiques de Sclayn à Andenne et la Belle-Rochette à Sprimont. Il s'agit clairement d'exceptions.

Dans tous les autres cas, c'est le bon sens qui doit guider les bonnes pratiques. C'est pourquoi il est utile de rappeler que toute personne qui, autrement qu'à l'occasion d'opérations archéologiques, découvre un ou plusieurs biens archéologiques, est légalement obligée d'en informer la commune sur le territoire de laquelle a eu lieu la découverte et l'Agence wallonne du Patrimoine dans les 3 jours ouvrables de cette découverte (principe de la découverte fortuite). Des conditions d'accès et préservation des biens archéologiques sont également imposées en pareilles circonstances.

e/ Qui peut demander à avoir accès aux informations de la base de données "carte archéologique", sous quel motifs ?

Le contenu de la carte des sites archéologiques wallons élaborée par l'administration du patrimoine dans le but d'alimenter la carte archéologique n'est pas arrêté légalement. A ce stade, elle contient les données attributaires nécessaires à l'élaboration de la carte archéologique, à savoir des données de localisation et le statut des sites par rapport à la définition légale d'un site archéologique (terrain, formation géologique, formation pédologique, bâtiment, ensemble de bâtiments ou site ayant recelé, recelant ou étant présumé receler des biens archéologiques). Faute d'intérêt particulier, aucune diffusion de ces données n'a été prévue.

Pour connaître la situation d'un bien immobilier d'un point de vue archéologique, d'autres outils existent : une demande d'information archéologique motivée peut être adressée à l'administration. Pour étayer sa réponse, l'administration pourra effectuer une étude plus précise en recourant, par exemple, à d'autres outils internes.

Dans des cas très exceptionnels, le plus souvent liés à des projets de recherches universitaires, divers types de données peuvent être rassemblés et partagés sous conditions strictes.

Conclusions

Construire une carte archéologique à l'échelle d'un territoire comme la Région wallonne, au riche et mouvementé passé historique est une gageure. Ce document doit en effet couvrir une période extrêmement large, remontant aux premiers vestiges humains découverts chez nous, jusqu'à quasiment nos jours (on parle de plus en plus d'archéologie contemporaine), et intégrer une diversité

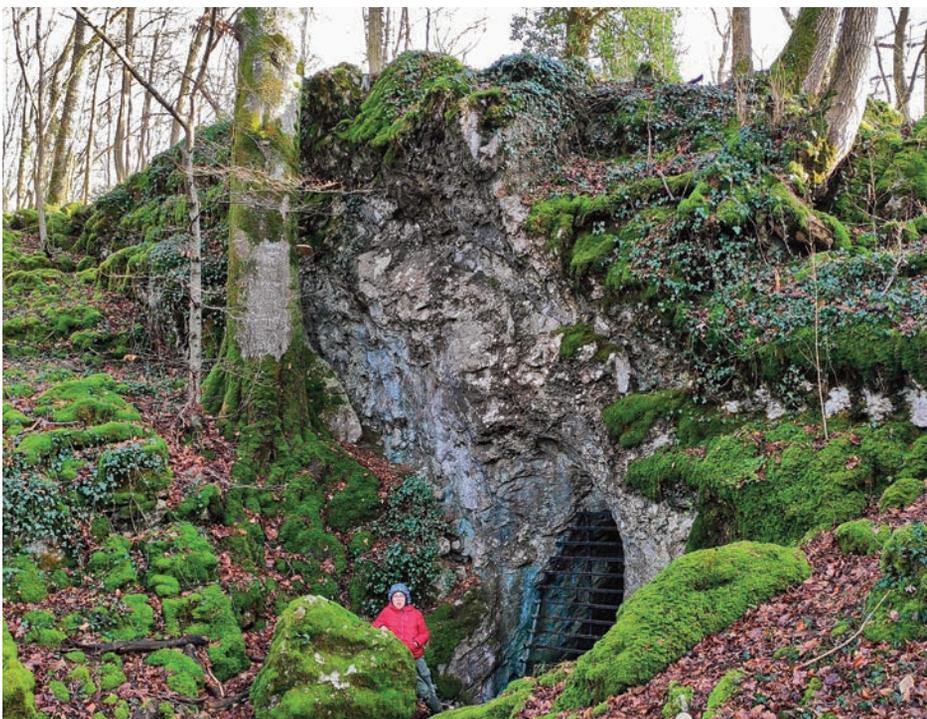


Fig. 3. Barre rocheuse au sommet du versant dans laquelle s'ouvre le proche du Trou de la Louve. Le site est aujourd'hui équipé d'une grille pour en protéger à la fois les gisements archéologiques mais aussi les population de Chiroptères qui y hibernent (photo. N. Denis).



Fig. 4. Tout le versant droit de la Meuse à Dinant est repris dans la carte archéologique et ce y compris la tour mais aussi la Grotte de Montfat.

de traces matérielles et de vestiges témoignant de la présence et de l'activité humaine sous toute ses formes.

Cette carte se veut être un outil de gestion des vestiges de notre passé, qui s'inscrit dans la convention européenne de la protection du patrimoine archéologique ratifiée par la Belgique en 2010. Celle-ci enjoint les états signataires à assurer une consultation systématique entre archéologues, urbanistes et aménageurs du territoire. L'objectif étant de concilier les besoins et les priorités respectives de l'archéologie et de l'aménagement en veillant à ce que des archéologues prennent part aux politiques de planification pour mettre en place des stratégies en vue de la conservation et de la mise en valeur de sites présentant un intérêt archéologique.

Les arrêtés d'applications qui officialisent la carte archéologique (avec les plans des zones en annexe) ont été publiés en juin 2024. C'est donc seulement depuis cette date que ladite carte est intégrée au Code Wallon de Patrimoine (article D. 60). Très rapidement, elle a été mise en ligne pour informer les différents usagers et aménageurs de cette réalité à prendre en compte dans la gestion des territoires.

Cette carte est par essence évolutive, les agents de l'AWaP étant chargés de la mettre à jour et d'y ajouter, selon les découvertes, nouvelles techniques de prospections, recherches et/ou fouilles préventives, des éléments nouveaux. Nos interlocuteurs travaillant pour l'archéologie en Wallonie nous précisent bien que cette carte n'a en aucune manière été conçue pour limiter l'accès, la recherche ou la pratique de la spéléologie. Bien entendu, en cas de découverte d'un gisement archéologique en grotte, l'inventeur est tenu (comme c'était déjà le cas avant la mise en ligne de cette carte) de déclarer cette découverte auprès des autorités et d'appliquer les instructions/ recommandations pour ne pas altérer le gisement. Nous rappelons qu'une fouille archéologique proprement dite nécessite un permis en bonne et due forme, des compétences en matière écologiques et un suivi précis par l'AWaP.

Georges Michel

Avec informations & commentaires de C. Draily & A. Guillaume - AWaP

EAUX SOUTERRAINES DE LA GROTTTE DE LA VILAINE SOURCE (ARBRE) Suivi des concentrations en nitrates dans les eaux de percolation de la cavité.

introduction

Le projet Epukarst (financé par la SPGE de 2020 à 2023) a étudié la fluctuation de la concentration en nitrates dans les eaux de cinq systèmes karstiques en Wallonie. Des analyses bimestrielles aux entrées et sorties de ces grottes (pertes/résurgences) ainsi que dans les eaux souterraines accessibles via celles-ci ont été réalisées. Les eaux d'infiltration aboutissant dans les cavités ont pu être échantillonnées dans un nombre limité de gours et de percolations actives. Leur analyse a permis d'évaluer l'apport de la zone non-saturée (zone vadose non-noyée) et sa contribution en nitrates dans l'eau souterraine et l'exutoire du karst.

Au-delà de l'aspect original et intégré du protocole d'échantillonnage, les concentrations en nitrates provenant de la zone non-saturée se sont rapidement démarquées : elles sont en général nettement plus élevées et présentent une plus forte variabilité dans le temps que celles des eaux provenant des autres compartiments du karst (pertes, rivière souterraine, émergence...).

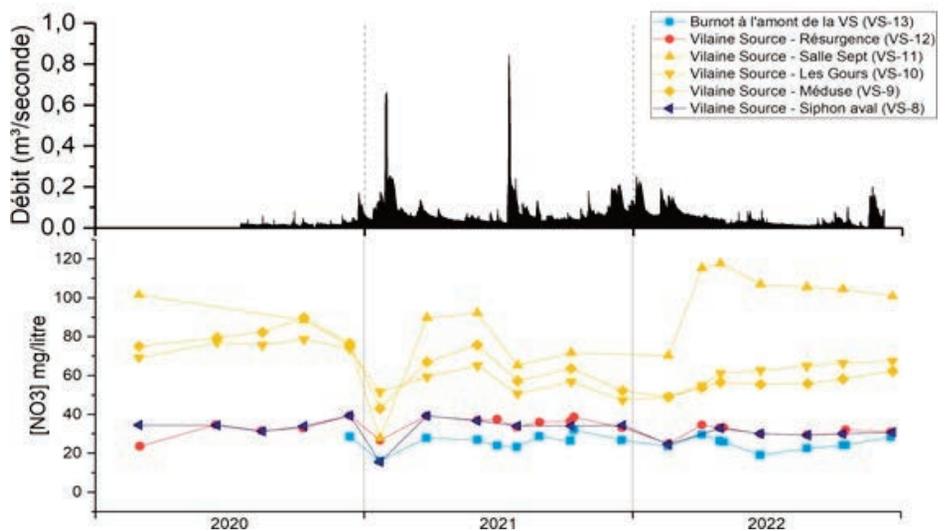


Fig. 01. Concentrations en nitrates mesurées dans la grotte et la rivière de la Vilaine Source tout au long du projet Epukarst (2020-2022). Le graphique du dessus correspond au débit (m^3/s) de la résurgence mesuré en continu. En jaune les 3 percolations échantillonnées dans la grotte, en rouge l'eau de la résurgence ; les points bleus foncés se rapportent à la rivière souterraine en amont de la grotte et les points bleus clairs au Burnot, la rivière réceptrice de la résurgence.

Des valeurs élevées et une forte fluctuation (spatiale et temporelle) dans les concentrations en nitrates des eaux provenant de la zone non-saturée ont pu être constatées dans la majorité des 5 cavités étudiées lors d'Epukarst. Cela nous a amené en 2022 à échantillonner tous les points de percolation et gours

de la **Grotte de Remouchamps** (située à Aywaille). Cette autre cavité toute en longueur et également parcourue par une rivière, fait aussi partie des sites d'étude Epukarst. Comme cette grotte est touristique, l'accès au réseau et aux points d'échantillonnages y était facile.

L'objectif de ces investigations en terre liégeoise (voir Ekokarst 129 – septembre 2022). était de répondre aux questions suivantes à propos des nitrates :

- Y a-t-il une forte variabilité de leur concentration au sein d'une même grotte ?
- Peut-on établir une corrélation entre leurs concentrations et l'activité agricole en surface ?
- Y a-t-il une différence de concentration entre la percolation et le gour qu'il alimente ?

Riche de cette première expérience et grâce à l'implication d'une équipe de spéléologues motivés, il a été décidé d'appliquer un protocole identique en 2024 dans la **grotte de la Vilaine Source**, afin de voir si les eaux provenant de la zone non-saturée et aboutissant dans cette seconde grotte présenteraient un même « profil » de concentration en nitrates.

Les données des deux campagnes d'échantillonnage (juin et septembre 2024) à la Vilaine Source sont en cours d'analyse. Il faudrait réaliser d'autres campagnes, en basses eaux, pour mieux caractériser la variabilité saisonnière des flux de nitrates en un même point de la cavité et mieux quantifier les différences parfois marquées entre deux percolations proches (variabilité dans l'espace) provenant de la zone non-saturée au-dessus de la grotte. En communiquant ces premiers résultats, nous espérons encourager la poursuite des recherches sur les nitrates dans la grotte de la Vilaine source... et motiver des équipes à mener une approche similaire dans d'autres cavités.

Méthode d'échantillonnage

Le protocole de prélèvement et de mesure appliqué dans le réseau souterrain de la Vilaine Source est identique à celui suivi



Photo. 1. Prélèvement de la percolation à la station N°9 (avec mesure du débit à l'aide d'une éprouvette graduée).

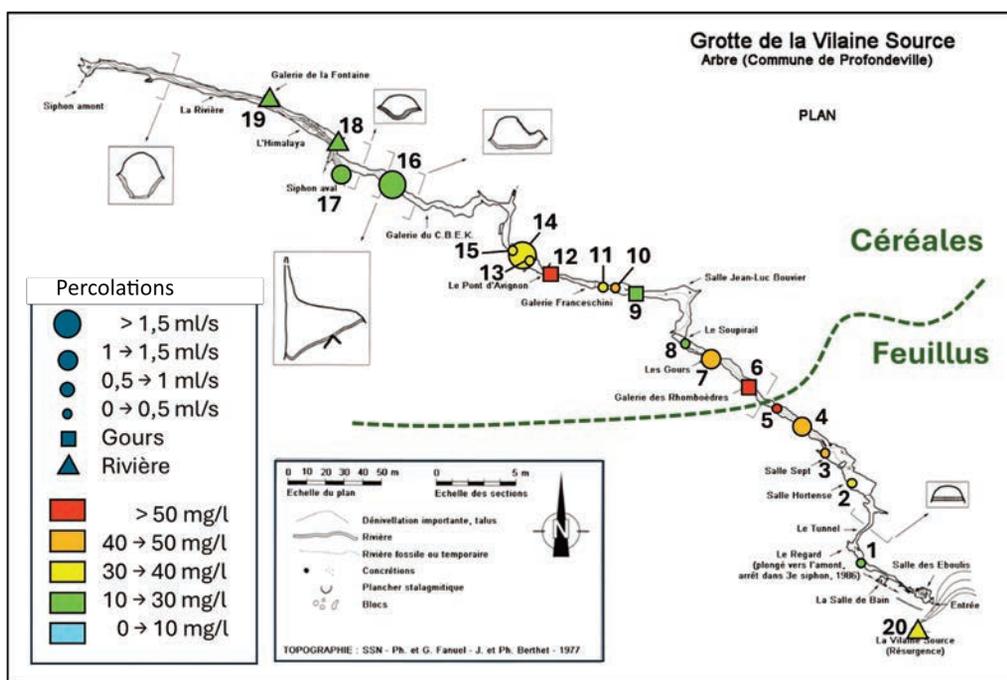


Fig. 02. Points de prélèvement le 30 juin 2024 reportés sur la topographie de la grotte. La forme des points indique le type de sites de prélèvement (● percolation au plafond, ■ gour à l'aplomb, ou ▲ eau de la rivière), la couleur du point correspond à la concentration en nitrates et la taille des cercles est proportionnelle au débit des percolations. La ligne pointillée indique la limite d'occupation des sols au-dessus de la grotte (bois en aval / champs de céréales en amont).

lors des deux campagnes menées à la grotte de Remouchamps. Il consiste à échantillonner le plus systématiquement possible les percolations et gours actifs sur tout le parcours accessible de la grotte.

Une première campagne d'échantillonnage systématique dans la Vilaine Source a été menée le 30 juin 2024 par les spéléologues de la SSN et du SCUCL, et une seconde le 6 septembre 2024. Sous terre, les eaux prélevées font aussi l'objet de mesures *in situ* de température, de conductivité et de pH ; le prélèvement d'échantillons d'eau permet d'analyser ensuite à l'extérieur la concentration en nitrates à l'aide de réactifs appropriés et d'un colorimètre.

Seuls 2 ml d'eau sont nécessaires pour cette dernière analyse, ce qui permet de limiter les volumes à prélever et à transporter tout au long du parcours dans la grotte. Les débits d'écoulement des percolations ont été jusqu'à présent mesurés lors des deux campagnes ; pour la seconde campagne certains gours et lasses d'eau ont également été échantillonnés en plus des percolations les alimentant et leur volume a été estimé dans la mesure du possible.

Chaque station de prélèvement (gours – percolation ou combinaison des deux) a été soigneusement localisée sur site (point de repère numéroté) et pointée sur la topographie de la grotte ; ceci afin de pouvoir ré-échantillonner les mêmes sites lors des campagnes suivantes et pour situer les venues d'eau analysées par

rapport aux activités agricoles en surface qui pourraient en affecter la qualité.

Caractéristiques hydrologiques de la Vilaine Source

L'étude Epukarst avait permis de caractériser certains des comportements hydrologiques du vallon sec de Lesve et de la Vilaine Source qui en est l'exutoire. Ainsi, les mesures de débit à la résurgence et dans les principaux chantoirs qui l'alimentent avaient montré que la contribution des pertes au débit total de la résurgence varie de 50 % en période de hautes eaux à moins de 20 % en période de basses eaux.

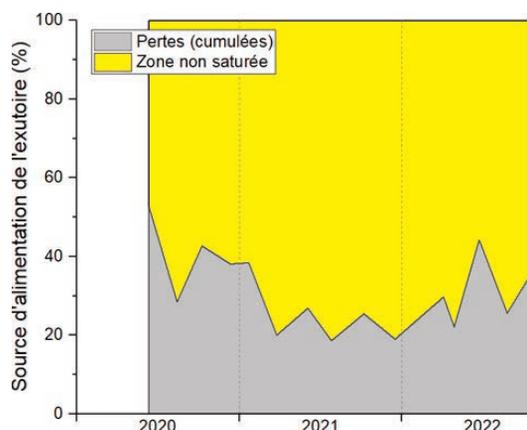


Fig. 03. Répartition de l'alimentation de la rivière souterraine de la Vilaine Source de 2020 à 2022. Les débits de chaque perte active et celui de la résurgence ont été mesurés bimestriellement. Comme toutes les eaux des pertes aboutissent à l'unique résurgence du système, la différence de débit entre la résurgence et les pertes en amont correspond à l'apport de la zone non-saturée (en jaune)

L'alimentation de l'émergence se fait donc majoritairement par la zone non-saturée et la nappe phréatique (elle-même alimentée par la zone non-saturée).

C'est dans les eaux provenant de la zone non-saturée qu'on a mesuré les plus fortes concentrations en nitrates, elles représentent donc l'apport principal en azote dans le système.

Sur base de 3 années d'analyses, nous avons pu mettre en évidence une dynamique saisonnière quant aux fluctuations des concentrations en nitrates dans les eaux de percolation, à la Vilaine Source mais également sur les 4 autres systèmes karstiques étudiés. Les concentrations en nitrates ont tendance à augmenter en période de basses eaux et à diminuer en hautes eaux, suivant en cela un processus de dilution des nitrates au sein même de la zone non-saturée.

Les eaux de trois stalactites actives dans la Vilaine Source, dans la salle 7, les Gours et la Méduse (voir points 3, 7 & 13 sur la Fig. 2) analysées à une quinzaine de reprises sur la période du projet Epukarst I ainsi que le transect d'analyses effectué dans la grotte de Remouchamps ont montré combien des percolations parfois très proches dans une même cavité pouvaient présenter des concentrations en nitrates et des dynamiques hydrologiques très différentes confirmant la grande hétérogénéité des flux d'eau à l'échelle même d'une grotte.

Résultats et comparaisons entre campagnes d'analyses

Campagne d'analyse du 30/06/2024: réalisée à la suite d'un hiver puis d'un printemps particulièrement pluvieux. La journée d'échantillonnage s'est déroulée

au lendemain d'orages, la rivière souterraine était chargée en sédiments et présentait un débit élevé pour cette période de l'année.

Dans la grotte, les percolations étaient actives, 14 points de percolation ont pu ainsi être prélevés sur tout le parcours de la grotte.

Lors de cette première campagne les gours n'étaient échantillonnés que si la percolation était inactive au droit de ceux-ci. Les relevés de juin 2024 montrent de fortes variations de concentration en nitrates tout le long du parcours dans la grotte avec un minimum au point 16 (24 mg/L) et un maximum au point 12 (66 mg/L). La moyenne générale des percolations (sans pondérer celle-ci par leur débit) s'établit à 38 mg/L de NO_3^- , alors que la résurgence présentait une concentration en nitrates de 33 mg/L.

Nous ne disposons d'aucune donnée géologique ou géomorphologique (présence éventuelle de failles, de diaclases, ou de discontinuités suite à une modification dans la lithologie) qui puisse expliquer d'aussi fortes différences de concentration et de débit pour des points de percolation pourtant très proches. Une incidence directe de l'occupation du sol sur la qualité des eaux dans la cavité est également difficile à établir, voire contre-intuitive : les points 1 à 5 (partie aval de la grotte) se trouvent sous un couvert forestier alors que les stations 6 à 19 se situent sous des champs de céréales... Or on ne distingue pas de contraste clair dans les concentrations en nitrates entre ces deux zones.

Ceci montre la complexité de la dynamique de la zone non-saturée et son caractère hétérogène : deux percolations voisines peuvent bénéficier de zones d'ali-

mentation différentes, de taille et de perméabilité variables induisant des vitesses d'écoulement, des débits et des concentrations en nitrates très contrastés.

la 2e campagne du 06/09/2024, s'est à nouveau tenue le lendemain d'un orage. L'eau de la rivière souterraine était claire et son niveau était nettement plus bas qu'en juin sans qu'il ait atteint l'étiage observé normalement à la fin de l'été. Les percolations étaient encore majoritairement actives et 10 d'entre elles ont pu être analysées. Par rapport aux prélèvements de juin, aucune nouvelle percolation n'a été détectée et 4 seulement étaient inactives. Pour ces dernières, les gours normalement alimentés par ces percolations ont donc été échantillonnés à la place. Certaines mesures ont été doublées à des fins de comparaison pour quelques stations présentant à la fois une percolation active et un gour à son aplomb.

On constate une très forte similarité dans les concentrations en nitrates mesurées en juin et en septembre 2024 ; cette similarité se marque aussi pour la conductivité électrique. Globalement, les concentrations en NO_3^- mesurées en septembre sont légèrement plus faibles qu'en juin avec une différence de 5 mg NO_3^- /L pour les points 1 à 8 alors qu'elles restent identiques pour les points 9 à 20.

Les débits des percolations sont quasiment identiques en juin et en septembre à l'exception des 4 "gouttes à gouttes" qui étaient à sec en septembre, mais qui présentaient déjà les débits les plus faibles mesurés en juin.

Comparaison avec les analyses d'Epukarst I

Si les deux campagnes d'échantillonnage de 2024 donnent des valeurs quasiment identiques de concentration en nitrates, elles sont très différentes des concentrations mesurées durant Epukarst I entre 2020 et 2022. Les points 3, 7 et 13 de nos campagnes 2024 (correspondant à la "Salle Sept", "Les Gours" et la "Méduse") avaient été relevés tous les deux mois lors d'Epukarst I. Si on compare les concentrations en nitrates, on constate une diminution de leurs valeurs comme suit :

- Point 13 : 64 mg/L en moyenne pour Epukarst I contre 37 mg/L en 2024 ;
- Point 7 : 63 mg/L en moyenne pour Epukarst I contre 44 mg/L en 2024 ;
- Point 3 : 89 mg/L en moyenne pour Epukarst I contre 42 mg/L en 2024.

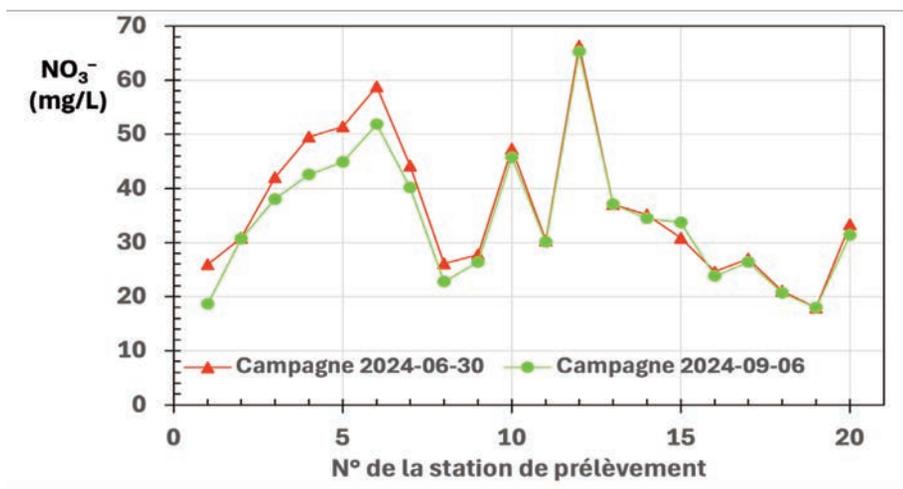


Fig.04. Comparaison des concentrations en NO_3^- lors des deux campagnes d'échantillonnage de juin (trait rouge) et septembre 2024 (trait vert). Si pour les stations 1 à 7, on constate un léger décalage (concentrations plus faibles en septembre), les courbes pour les points de prélèvement à l'amont de la grotte (points 10 à 20 se superposent parfaitement). Le point 20 est un prélèvement d'eau de la rivière souterraine.

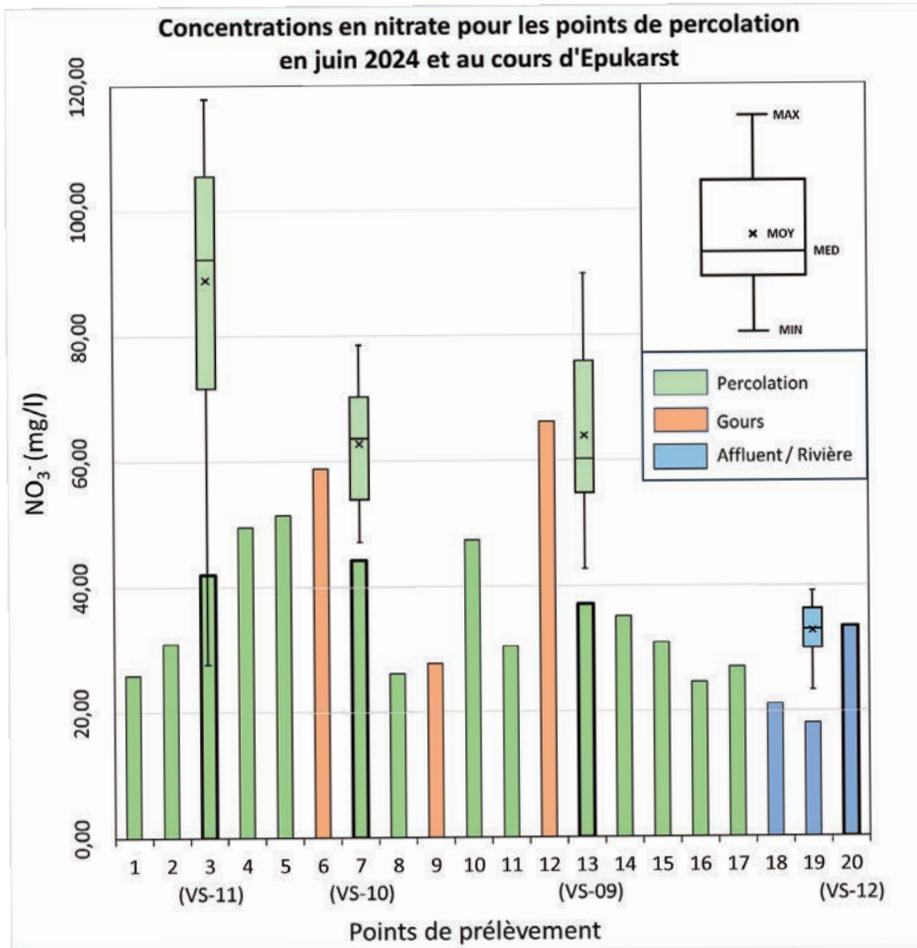


Fig. 05. Comparaison des concentrations en nitrates mesurées en juin 2024 (20 barres verticales du dessous) avec les 3 percolations échantillonnées lors d'Epukarst I (3 points représentés dans le haut du graphique par des "boîtes à moustache"). Point 3 = VS-11 "Salle Sept" ; Point 7 = VS-10 "Les Gours" ; Point 13 = VS-09 "La Méduse". Les "boîtes à moustache" sont une représentation statistique de la variation des concentrations pour un même point. Les extrémités basses et hautes correspondant au minimum et maximum, la barre centrale à la valeur médiane des concentrations et la croix à la valeur moyenne. Ce graphique confirme que les valeurs de 2024 sont très nettement en dessous de ce qui avait été mesuré pendant 3 ans avec Epukarst I.

Ces différences sont marquées avec des variations allant quasiment du simple au double pour ces concentrations en nitrates qui sont à la fois les plus hautes du système (par rapport aux nombreuses pertes du vallon de Lesve et à la résurgence de la Vilaine Source) mais également les plus hautes mesurées durant tout le projet Epukarst I (donc par rapport aux quatre autres systèmes karstiques étudiés).

Discussion et hypothèses

Les données récoltées en 2024 se démarquent nettement des résultats d'Epukarst I sur les niveaux de concentrations en nitrates et leur fluctuation dans la zone non-saturée de la grotte de la Vilaine Source. Sur base des 3 sites d'échantillonnage (percolations) communs aux deux périodes d'analyse, on peut tenter de tirer certains enseignements :

- L'année 2024 a été jusqu'à présent très particulière par son **régime hydrique**. Chaque mois depuis janvier 2024, les précipitations ont dépassé les valeurs mensuelles moyennes. Le débit de la résurgence de la Vilaine Source n'a pas été réellement à l'étiage en 2024. Ces conditions fort humides induisent une alimentation très abondante des percolations qui ont conservé, même au début de septembre une dynamique de type printanière ! Du point de vue des nitrates dans ces eaux de percolation alimentées par une zone non-saturée très active, on retrouve des concentrations historiquement faibles (processus de dilution accentué sur la durée).
- Ces minima pourraient avoir une **origine multifactorielle**, une première hypothèse serait une modification des **pratiques agricoles** sur les terrains en sur-

face, en lien avec un changement de culture accompagné d'une diminution d'épandage d'engrais azotés. Nous ne disposons pas de données agricoles pour établir cette corrélation entre engrais épandus et concentrations en nitrates mesurées dans la grotte. Ce changement de pratique agricole ne devrait pas avoir d'effets sur les percolations au droit de la zone forestière qui sont elles aussi historiquement basses, ce qui semble écarter (comme cause unique en tous les cas) cette hypothèse.

- Un **changement dans la dynamique du stockage** des nitrates dans la zone non-saturée serait une autre hypothèse. Le sol et l'épikarst sous-jacent (zone superficielle du karst située directement sous le sol, collectant et transportant via un réseau de fissures les eaux de surface et les substances dissoutes, ici NO_3^- vers le karst profond) peuvent fonctionner comme une réserve de nitrates (provenant des épandages en surface). Ceux-ci vont progressivement être entraînés par les eaux d'infiltration et ainsi rejoindre les gours et ensuite la nappe phréatique (zone saturée). Sur une longue période très humide, le stock de nitrates contenus dans l'eau des pores du sol et des fissures du calcaire a pu être lessivé plus intensivement que d'habitude, diminuant progressivement la concentration en NO_3^- entraînés vers les eaux souterraines. Pour confirmer cette hypothèse, il faudrait pouvoir comparer non plus des concentrations ($\text{mg NO}_3^- / \text{L}$) mais des flux ($\text{mg NO}_3^- / \text{m}^2 \cdot \text{s}$) de nitrates (en tenant compte également des débits et des surfaces considérées), pour voir si le stock initial est identique ou si on a réellement une diminution des tonnages à l'hectare de nitrates lessivés vers les eaux souterraines.
- Une dernière hypothèse à envisager serait une **modification de l'activité microbienne du sol** et du cycle de l'azote en général en raison des conditions météorologiques particulières de l'année 2024 plus chaude et humide : moindre nitrification naturelle et phase de dénitrification plus marquée si les sols étaient continuellement gorgés d'eau et si certains horizons pédologiques sous-jacents riches en matière organique contenaient moins d'oxygène dissous dans l'eau. Un carottage des sols au droit de la cavité et/ou une mesure des concentrations en oxygène dans ceux-ci à différentes profondeurs et périodes de l'année permettraient de vérifier ou de réfuter cette hypothèse.

Nos analyses se sont limitées à la composition physico-chimique des eaux dans les grottes...

Celles-ci étaient toujours assez proches de la saturation en oxygène et nous n'y avons jamais trouvé de traces de nitrite (NO₂⁻) correspondant à la forme réduite de l'azote et témoignant d'un processus de dénitrification.

Conclusions

Quelque soient les causes des plus basses valeurs des concentrations en nitrates mesurées en 2024, il serait utile et intéressant de répéter ce même type d'analyses dans la grotte de la Vilaine Source pour déterminer si les faibles concentrations en nitrates observées lors des deux dernières campagnes de juin et septembre se prolongent dans le temps ou s'il s'agit d'un évènement temporaire lié aux conditions météorologiques particulières responsables de la dilution des nitrates dans les eaux d'infiltration. Il faudrait en particulier viser une période d'étiage prolongé qui devrait se marquer par une baisse des volumes d'eau provenant de la zone non-saturée et donc accompagnée, en toute logique, d'une hausse des concentrations en nitrates au droit des points de prélèvement des percolations.

A la Vilaine Source, les nitrates retrouvés dans les eaux de percolation sont en principe d'origine agricole, vu l'absence d'habitations et d'égouts en surface directement au-dessus de la grotte. Disposer de données plus précises sur l'emplacement,



Photo. 2. Mesure des paramètres physico-chimiques dans un gour de la salle des Rhomboédres et estimation du volume d'eau (sur base de la dimension et de la profondeur de la vasque).

les périodes, la nature et les quantités des épandages (tonnes à l'hectare), ainsi que de mesures périodiques du "stock" d'azote présent dans le sol (Azote Potentiellement Lessivable), nous serait très utile. Sur cette base factuelle et mesurable, des propositions de modifications de certaines pratiques agricoles pourraient être formulées : tout nitrate directement lessivé vers les eaux souterraines est un fertilisant "perdu" pour l'agriculteur et représente un coût inutile et évitable pour l'exploitant et pour l'environnement.

Enfin le suivi des concentrations en nitrates dans les eaux des stalactites permettrait d'estimer les vitesses d'infiltration depuis la surface jusqu'à la grotte, l'incidence d'un orage sur la dynamique de percolation et le rôle de rétention/stockage joué par l'épikarst... on est donc bien encore au début de nos recherches dans cet intéressant domaine !

Félix de Séllys
avec la complicité des
spéléos de la SSN et du SCUCL



CWEPSS asbl

Secrétariat : rue Tillieux, 30 - 5100 Jambes
contact@cwepss.org

Vous avez apprécié la lecture de ce numéro? Alors n'oubliez pas de **renouveler votre cotisation pour 2024**.

Un **point rouge** sur votre étiquette signale que vous n'avez pas encore réglé votre cotisation annuelle. Merci de le faire sans retard...

L'abonnement annuel (envoi de 4 n°) s'élève à **15 €**. Les paiements se font par virement, avec en communication **votre nom et la mention "cotisation 2024"**.

IBAN : BE68 0011 5185 9034 / BIC : GEABEBB

Vous pouvez aussi offrir un abonnement en indiquant l'adresse de l'heureux destinataire en communication du virement.

Pour devenir **membre effectif** (abonnement + droit de vote à l'assemblée générale), adressez votre candidature à l'attention du Conseil d'administration, par e-mail à contact@cwepss.org. La cotisation pour les membres effectifs s'élève à **20 €**.

Dons exonérés d'impôts

Notre association de protection de la Nature est également agréée pour les **dons exonérés d'impôt**. Une attestation fiscale vous parviendra pour **tout don annuel d'au moins 40 €** effectué avant le **31/12 de chaque année**. Les dons sont à effectuer par virement sur le compte de la CWEPSS, avec vos coordonnées complètes et la mention **"Don exonéré d'impôts"**. Pour faciliter le remplissage des fiches réglementaires, merci de nous communiquer également (par mail par exemple) votre **numéro de registre national**. La fin de l'année qui approche est la période IDEALE pour un tel don!

Traitement des données

Conformément au RGPD, nous garantissons que vos coordonnées ne sont pas transmises à des tiers, et que vous disposez du droit de consultation, modification et suppression de celles-ci. Si vous souhaitez ne plus recevoir notre périodique, merci de nous en informer par email (contact@cwepss.org).