



# Eco Karst

Trimestriel de la Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains  
Ed. Resp. : G. Thys, Clos des Pommiers 26 - 1310 La Hulpe

Belgique - Belgique  
P.P.  
1310 - La Hulpe  
1/4467

N° agrégation P 30 24 48  
N° 119 - 1<sup>er</sup> trimestre 2020

## Editorial

Depuis quelques jours notre société traverse une crise majeure sans équivalent lors des 80 dernières années. Un virus (soit le plus petit organisme vivant) met à mal non seulement notre économie et notre civilisation, mais de manière générale notre mode de vie et les rapports entre les individus.

Le confinement ordonné par le pouvoir politique est une mesure extrême, face à laquelle chacun est déstabilisé et doit s'adapter. C'est le danger et l'urgence impérieuse par rapport à la maladie qui impose de telles décisions appuyées par les experts et épidémiologistes, qui sont enfin écoutés. L'écart de traitement avec la crise environnementale et climatique qui affecte notre vieille terre est interpellant... et on doit espérer, qu'après la sortie du Covid-19, ce même sentiment d'urgence impérieuse et la prise de mesures aussi radicales se mettront en place pour sortir de la crise écologique.

Publier un Eco Karst dans de telles conditions de crise est totalement secondaire. Cela étant, au moment où on nous conjure de rester cloîtré chez soi, un peu de lecture pourrait apporter à nos lecteurs une certaine distraction. Nous espérons donc éveiller votre curiosité ou tout le moins vous divertir avec ce "n° de crise" qui aborde des sujets originaux :

- État des lieux et premier bilan concernant les effets positifs des travaux et des nouveaux aménagements réalisés dans la **grotte touristique de Remouchamps**. Plaidoyer en faveur de la poursuite et du renforcement d'une gestion touristique durable pour ce site exceptionnel
- Observations et réflexions sur la fréquence croissante des périodes d'**assèchement de la rivière Lomme** en aval de Rochefort. Conséquences écologiques et processus karstiques impliqués dans cette mise à sec ;
- Coup de chapeau aux spéléos qui depuis 8 ans s'attaquent au **toilettage du Gouffre Berger**, remontant les crasses abandonnées jusqu'à 1000m sous la surface des plateaux du Vercors.
- **Images 3D**, visites virtuelles et recherches 2.0 menées à la grotte **Scladina**. Quand la technologie se met au service de Néandertal et de son étude !
- Enfin... nous vous convions à notre **AG 2020** le 19 avril prochain... invitation très hypothétique par les temps qui courent mais beau programme à la clé.

Bonne lecture à tous, prenez soin de vous et de vos proches et à très vite en espérant que cet épisode viral sera bref et sans trop de conséquences désastreuses.

L'équipe de la CWEPSS

## GROTTE DE REMOUCHAMPS: ETAT DES LIEUX

La grotte de Remouchamps est ouverte au public dès 1912 ; à l'époque les visites se font dans la partie fossile et à la torche. La cavité sera électrifiée dès 1924, et des travaux (en partie à la dynamite !) élargiront quelque peu le conduit emprunté par la rivière pour y transporter les touristes sur ce qui était annoncé comme « la plus longue navigation souterraine au monde ».





## Perle touristique et patrimoniale

89.000 personnes ont visité la grotte en 2016 ; ce chiffre est en hausse depuis la mise en place des nouveaux aménagements. Cette cavité constitue bien un pôle touristique majeur en région liégeoise et son attractivité fait vivre le secteur touristique, l'Horeca et les services, non seulement à Aywaille, mais également dans les communes avoisinantes.

Au delà de sa valeur touristique et économique, cette grotte offre des intérêts scientifiques et patrimoniaux de premier ordre. Ceux-ci se « traduisent » d'ailleurs par de nombreux statuts de protection accordés à la cavité :

- *Les réseaux souterrains sont entièrement classés comme Site depuis 1986, jusque et y inclus le chanoir de Sécheval.*
- *La grotte figure au Patrimoine exceptionnel de la Région wallonne (2013) ;*
- *sa partie non aménagée a le statut de Cavité Souterraine d'Intérêt Scientifique depuis 2002*
- *l'ensemble des terrains recouvrant le réseau sont en Natura 2000.*

Ces statuts sont avant tout une reconnaissance de l'intérêt de cette cavité et des découvertes scientifiques remarquables qui y ont été faites (tant dans les domaines de l'archéologie, de la géologie, de l'hydrologie que de la biologie souterraine). Certaines de ces recherches sont toujours en cours. Ces statuts s'accompagnent d'obligations pour la conservation de ce patrimoine exceptionnel.

Arriver à concilier les objectifs de conservation et de gestion durable avec les impératifs d'une exploitation touristique rentable, constitue un enjeu complexe. C'est vrai pour la majorité des sites naturels qui accueillent des visiteurs et c'est particulièrement le cas pour les cavités vu la vulnérabilité du milieu souterrain et la nécessité d'aménagements souvent lourds (et coûteux) pour les rendre accessibles au public en toute sécurité.

La CWEPSS réalise annuellement un état des lieux de la grotte (avec Camille Ek), à la demande de la Commune d'Aywaille et de façon indépendante. Le but de ce suivi est d'évaluer l'impact des travaux et aménagements entamés par le gestionnaire de la cavité depuis 2014. Ceux-ci doivent répondre à un cahier des charges strict, dans lequel le bon état de la cavité constitue une priorité.

Sur base des observations réalisées depuis 2014 et des rapports plus anciens, nous proposons un bilan de l'évolution qu'a connue Remouchamps sur ces 6 dernières années. Nous avons décidé de publier cette synthèse car les travaux et efforts menés à Remouchamps sont remarquables et ils peuvent inspirer d'autres gestionnaires de sites souterrains. Enfin c'est l'occasion d'inviter chaque lecteur à refaire une visite à Remouchamps... Ceux qui ne sont plus allés dans la cavité depuis plusieurs années y vivront à coup sûr une toute nouvelle expérience souterraine.

## Propriété publique & gestion privée

La grotte est propriété de la Commune d'Aywaille ; son exploitation fait l'objet d'une concession sur 25 ans à un exploitant. Ce gestionnaire privé paie un important loyer de 350.000€/an (indexé) et un pourcentage par billet vendu (6% les 3 premières années puis 12% pour le reste de la concession). Il doit garantir le bon entretien du site souterrain.

Comme pour un bien immobilier, une "garantie locative" est versée par l'exploitant et bloquée sur un compte. Dans l'appel d'offre de 2015, la caution s'élevait à 400.000€ pour garantir l'accomplissement des travaux demandés (remplacement de l'éclairage et du câblage électrique).

En 2016, le bail d'exploitation arrivant à son terme, la CWEPSS a insisté pour qu'une gestion plus durable, et la promotion de la recherche soient intégrées dans le cahier des charges. Il fallait que soient mieux pris en compte les statuts de protection dont dispose la cavité et que l'octroi des permis pour effectuer les travaux et l'exploitation de la grotte soient en ordre.

## Cahier des charges pour une nouvelle gestion

En 2015, au moment de l'appel d'offre certains articles de presses avaient vertement fustigé la gestion la grotte, en la qualifiant de "pire grotte de Wallonie".

Les observations réalisées par la CWEPSS à cette période étaient plus nuancées. Nous mettions en avant que la cavité dispose d'atouts majeurs et qu'elle constitue un pôle touristique incontournable de la région. En comparaison avec d'autres cavités touristiques, elle dispose de "points forts" et de "points faibles" bien identifiés, à prendre en compte pour sa bonne mise en valeur.

### Points forts révélés en 2015r

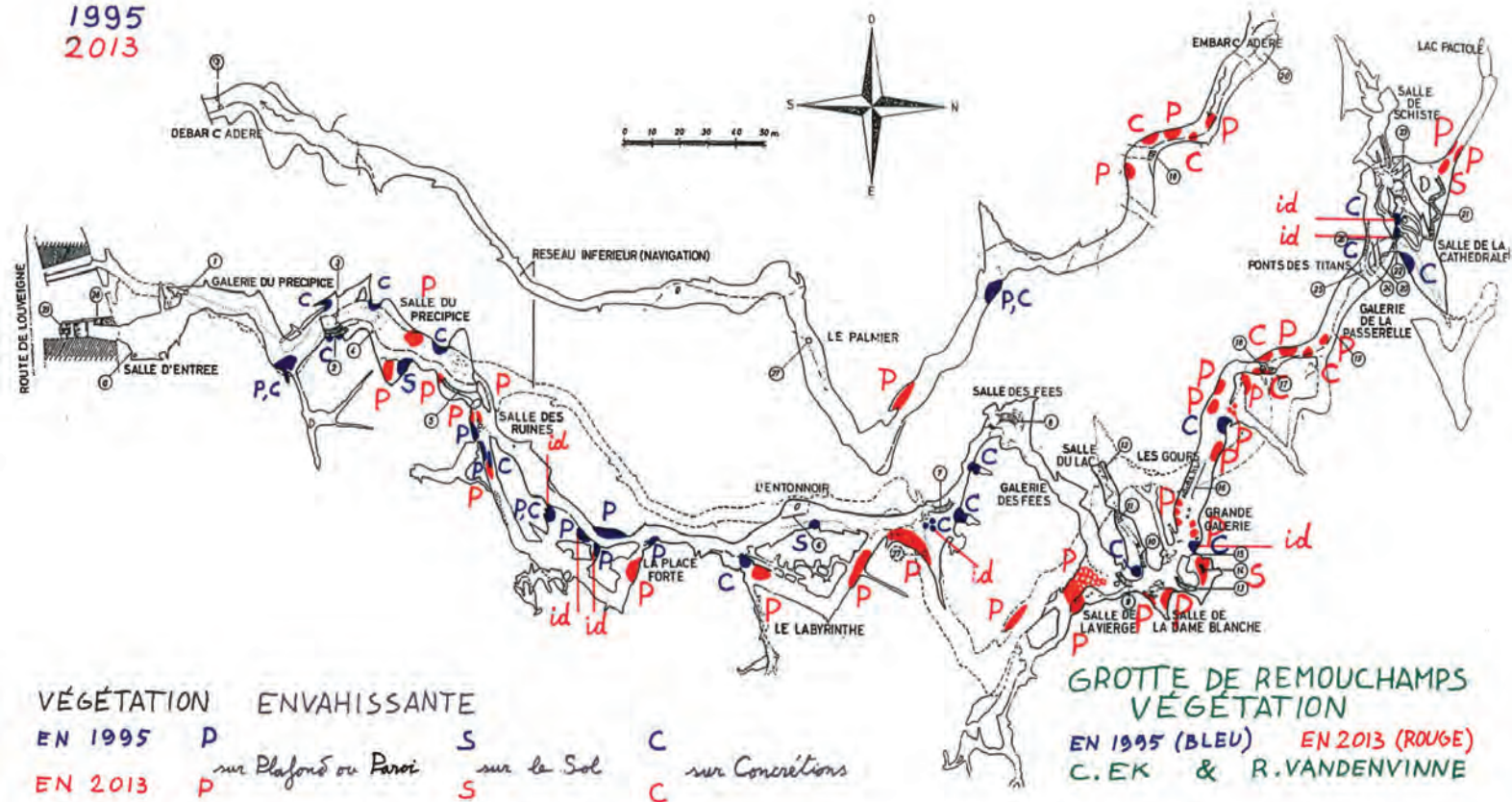
- navigation souterraine
- étagement sur 2 niveaux permettant un circuit
- belles morphologies & dimensions des galeries & salles
- vaste salle d'entrée & bâtiment attenant à exploiter muséographiquement
- aménagements « historiques » (esthétique de l'escalier en colimaçon ; barques)
- bonne qualité générale des visites; bien qu'un recyclage des guides mériterait d'être proposé



En 2014, la lampflora qui s'est développée à la voûte de la grotte (Salle des Titans), avait pris des proportions très importantes, imposant des mesures curatives fortes.



1995  
2013



Evolution de l'extension de la végétation envahissante dans la cavité entre 1995 (en bleu) et 2013 (rouge). Relevé réalisé par C. Ek & R. Vandenvinne.

**Points faibles & risques à traiter**

- scénographie de l'éclairage (couleurs, effets / orientation, séquençage).
- pollution visuelle (lampflora, bactéries, coulées noires...).
- manque d'information sur les statuts de protection (à valoriser)
- diversité des langues au sein d'un même groupe (impliquant la répétition en 2 ou 3 langues).
- sécurité de certains aménagements (sols glissants, rampes rouillées etc.).
- valorisation insuffisante des recherches et données scientifiques sur cette cavité
- taille & rythme des groupes en haute saison (à limiter à seul bateau par guide).

Ces recommandations établies en 2015 se voulaient constructives et devaient permettre, sur la durée de la nouvelle concession de moderniser l'offre touristique à Remouchamps avec une gestion qui intègre harmonieusement les objectifs pédagogiques, scientifiques et environnementaux aux enjeux économiques.

**Etat des lieux initial**

L'éclairage et ses conséquences constituent le problème majeur à Remouchamps.

Le développement de la végétation et des algues à proximité des sources de lumière (lampflora) pose un vrai problème visuel, tout en pouvant altérer le substrat rocheux et les concrétions sur lequel il se développe.

Pour se débarrasser de cette "pollution verte", un nettoyage difficile (vu l'accessibilité de certaines zones affectées), long et coûteux est nécessaire. En outre, l'utilisation de produits de type fongicide, herbicide ou eau de javel, même fortement dilués, n'est pas sans conséquence sur l'écosystème souterrain.

Nous précisons dans notre rapport : « L'éclairage en place dans la plus grande partie de la grotte est de type traditionnel. Il se compose de grosses lampes et spots qui chauffent et qui sont allumés en continu pendant toute la journée lorsque la cavité est accessible au public. A contrario, le mode d'illumination choisi pour la salle de la Cathédrale doit être cité en exemple et devrait être généralisé à l'ensemble du site.

L'allumage qui y est piloté par les guides ne dure que le temps de la visite (soit 5 minutes toutes les 1h30') avec une très faible intensité lumineuse. On y entre quasi dans le noir et on découvre progressivement la dimension de ce vaste volume à l'aide d'une série de spots qui accompagnent le commentaire du guide ».



La Salle de la Cathédrale avec son éclairage minimaliste respectueux du milieu souterrain.



Avec l'éclairage traditionnel, on constatait une extension des zones « végétalisées » dans la cavité. Les rapports successifs de C. EK et R. Vandenvinne, dressent une carte évolutive de l'extension de la lampflora à Remouchamps.

La nette augmentation des zones touchées par la lampflora entre 1995 et 2014, correspond à une période de grande affluence touristique dans la cavité. Durant ces années, l'éclairage restait allumé pendant toute la journée, offrant des conditions particulièrement favorables à la photosynthèse souterraine.

Enfin, on trouvait sur certaines parois et concrétions des ruissellements et coulées noires, opaques, de nature et d'origine inconnue. Très disgracieuses, celles-ci devront être nettoyées, Il faudrait aussi en définir l'origine, pour en supprimer la provenance en surface qui percole jusqu'au fond du réseau.

Notre état des lieux de 2014, comportait également un ensemble d'observations sur :

- les rambardes et escaliers à sécuriser,
- le câblage électrique (à rendre plus discret),
- la nature du sol et son aspect glissant par endroit,
- la taille maximale des groupes à respecter ainsi que sur la navigation et l'état des barques.

## Evolution de l'état la grotte

C'est la société SODEXAT (gérée par la Famille Renson) qui a remporté la concession en 2016 pour Remouchamps. Dès sa désignation, elle a entamé les importants travaux et investissements: 500.000 Euros à la charge du gestionnaire ont été dépensés jusqu'à présent, pour améliorer l'état de la cavité et se conformer au cahier des charges. La CWEPS en collaboration avec C. Ek a pu faire un état des lieux de la grotte (en période hivernale entre 2016 et 2020).,

5 ans après le début des travaux nous constatons une évolution très positive. Cette période d'intenses travaux a été en particulier mise à profit pour:

- *Le remplacement complet l'éclairage finalisé en 2019. Il a été réalisé par la société Cave Lighting basée en Allemagne (dirigée par Alexander Chrapko) spécialisée dans l'illumination des grottes touristiques à travers le monde. Les led ont été généralisées à toute la grotte (fournissant 900 points lumineux). L'implantation de petits spots améliore la scénographie, renforce l'aspect naturel des grottes et limite l'intensité lumineuse. L'ensemble de l'éclairage est maintenant séquencé et commandé par les guides qui allument les salles et couloirs au passage des visiteurs. La cavité reste donc dans le noir complet en dehors de ces brefs moments de fréquentation des touristes ;*

- *De nouvelles barques, et le réaménagement des quais d'embarquement et débarquement améliorent la sécurité et le confort de la navigation ;*
- *Les escaliers et garde-corps ont été progressivement remplacés. Du matériel inoxydable est utilisé et certaines mains courantes sont prolongées pour faciliter la progression.*
- *Tout le câblage électrique (soit des dizaines de km de câble !) a été modifié et remplacé, afin qu'il respecte les normes actuelles de sécurité . Ce câblage est doublé par un système autonome sur batterie avec une autonomie d'au moins une heure pour pouvoir évacuer les touristes en cas de panne ou d'accident,*
- *Le placement de poubelles sur le circuit touristique est assez incongru, surprenant et pas toujours du meilleur effet visuel. Force est cependant de constater que les déchets jetés dans la cavité ont nettement diminué depuis.*

Parallèlement au remplacement de l'équipement, un important travail de nettoyage a été mené sur les concrétions, plafonds et sols pour éradiquer la végétation indésirable qui y était très présente.

Si on prend l'année 2014 comme référence (donc avant les travaux), l'extension, l'épaisseur et la vivacité de la Lampflora sont en diminution. Pour la première fois, nous avons constaté des progrès importants sur 5 années consécutives.



Même concrétion avant / après nettoyage pour illustrer l'amélioration de l'état de la grotte (plafond de l'Embarcadère, 2014 – 2018 (photo L. Remacle)



En 5 ans, l'aspect de la cavité a profondément changé grâce à ce nettoyage et il faut en féliciter l'exploitant son équipe (en particulier son coordinateur M. Denooz). Il reste quelques zones verdurisées, d'extension limitée par rapport à la situation alarmante de 2014. Ces derniers "placards verts ou bruns", pour la plupart difficilement accessibles, nécessitent des techniques spécifiques (travail en hauteur).

Jusqu'à présent, l'efficacité des mesures curatives est à souligner (nettoyage des parois, des sols et des concrétions avec des produits écologiques à base d'enzymes en lieu et place de l'eau de Javel). Il faudra voir si les zones nettoyées resteront durablement sans algues et mousses, ou s'il y aura des « repousses ». Actuellement on ne dispose pas du recul suffisant pour totalement écarter le risque de voir de la végétation se développer à proximité d'une source lumineuse de type Led.

Il est cependant certain que le séquençage de l'éclairage, l'usage de lampes qui ne chauffent pas et la limitation drastique de l'intensité lumineuse sont autant d'éléments limitatifs pour cette repousse. A titre illustratif, la consommation électrique a été réduite de près de 80% avec le remplacement du système d'éclairage; limitant d'autant l'empreinte carbone liée à l'exploitation de la cavité !



*La Salle Blanche dont l'aspect et l'esthétique bénéficient d'une nouvelle scénographie lumineuse mise en place par Cave Lighting*

Les états des lieux annuels méritent d'être poursuivis, avec les mêmes méthodes et des observations répétées en différents lieux stratégiques de référence. Ces observations ponctuelles (réalisées en hiver), devraient aussi pouvoir se faire en été, en période touristique, pour prendre la mesure de ces visites massives sur la cavité. Nous avons initié l'implantation dans la cavité d'un monitoring en continu de la température en différents endroits. D'autres paramètres physico-chimiques mériteraient un même suivi pour estimer la « bonne santé » de la grotte.

### La reprise des recherches

Depuis 2015, tant à la Commune d'Aywaille (propriétaire du site) qu'auprès de l'exploitant de la grotte et de son personnel, nous avons constaté une vraie ouverture en faveur des études scientifiques dans la grotte :

- des étudiants en géologie/géographie sont régulièrement invités à découvrir la grotte
- les relevés des populations chiroptérologiques peuvent s'y effectuer chaque année
- la grotte est équipée par l'ISSeP d'un fluorimètre dans le Rubicon
- un programme de recherche sur les fluctuations du nitrate dans les eaux y a démarré en 2020 (EPU Karst - voir Eco Karst N° 117 - sept 2019)
- les concentrations en CO2 dans l'atmosphère de la cavité y sont mesurés plusieurs fois par an.
- ...

Nous espérons que ces collaborations se poursuivront. Ces recherches contribuent

à la connaissance de cette cavité et à la compréhension de son "fonctionnement". Remouchamps constitue un terrain d'investigation souterrain remarquable, dans lequel il reste beaucoup à découvrir. Nous plaçons d'ailleurs pour que certaines des recherches soient présentées aux visiteurs (avec la vulgarisation nécessaire). C'est une manière constructive de moderniser le discours sur la grotte et d'éveiller l'intérêt des touristes.

Enfin, la reprise de l'exploration spéléologique, bien encadrée, avec des objectifs définis et programmés pour ne pas interférer avec les visites touristiques est largement souhaitable. Que ce soit la réalisation d'une nouvelle topographie, la reprise des plongées à partir du Siphon des Otaries ou le sondage dans des conduits secondaires: la prospection souterraine est une étape essentielle à la connaissance du milieu et de sa protection.

### Conclusion

Les observations réalisées depuis 2014 indiquent une amélioration indéniable et remarquable de la situation à Remouchamps, avec une réduction généralisée des zones verdurisées.

L'amélioration esthétique liée à la suppression de la végétation, au nouvel éclairage et à des équipements de meilleure qualité, offre au visiteur de la grotte une toute nouvelle expérience souterraine. La navigation sur la rivière de 600m de long est un des points forts de la visite. Les touches de lumière qui s'allument au fil de

l'eau permettent de découvrir progressivement les galeries, les concrétions et la morphologie des conduits.

Les contacts avec la Commune et avec l'exploitant démontrent une prise en compte effective par les acteurs concernés des enjeux de conservation. La pollution verte, ainsi que la gestion de l'écosystème souterrain reposent sur des processus biologiques, climatiques et hydrogéologiques complexes, souvent lents et difficile à contrôler. L'interaction avec les activités humaines (qu'elles soient en surface ou qu'il s'agisse des visites dans la grotte) est difficile à quantifier, mais doit être étudiée. Les observations menées depuis le début des travaux sont encourageantes, mais il faut poursuivre ces relevés et états des lieux pour s'assurer du bon état de la grotte sur le long terme... et en cas de détérioration, prendre les mesures nécessaires.

La société Sodexat exploitera et gèrera la grotte jusqu'en 2041. Elle a pour ambition de faire évoluer et d'améliorer l'offre touristique à Remouchamps, et a notamment comme projet de :

- *Prévoir un petit moteur électrique pour remonter plus facilement les barques et alléger ainsi le travail des guides qui doivent effectuer ce travail "à la main", souvent les pieds au plafond !*
- *Poursuivre la sécurisation du site, avec le remplacement des garde-corps, l'amélioration du balisage et de l'itinéraire suivi par les touristes.*
- *Continuer le nettoyage et l'entretien avec une attention particulière pour la lampflora et sa possible prolifération malgré l'éclairage Led.*





*Le nouvel éclairage dans la section "navigation" de la grotte de Remouchamps met très bien en valeur ces conduits (photo V Gerber, dec. 2018).*

Avec un volet monitoring, nous avons bon espoir que la grotte de Remouchamps puisse être prise en exemple pour son suivi environnemental et son état général.

Les Led étant une technologie récente (dans leur application souterraine), on ne dispose pas de tout le recul pour écarter tout risque de prolifération de la végétation à son contact. Néanmoins le nouvel éclairage séquencé, moins intense et froid est moins favorable à la photosynthèse.

Le respect, voire l'allongement, des périodes de repos annuelles (où la cavité fermée aux touristes et plongée dans le noir) est une piste à étudier pour que la grotte retrouve un certain équilibre.

Enfin, l'exploitation de la grotte doit se poursuivre dans le respect de ses statuts de protection. Le statut de CSIS suppose une ouverture et la promotion d'activités de recherche (pouvant inclure des investigations spéléologiques) ;

des recherches à valoriser par une intégration dans la présentation du site aux visiteurs. Autant de pistes pour à la fois protéger le site et renforcer l'attractivité de ce pôle touristique majeur de Wallonie.

Georges MICHEL &  
Camille EK

## SÉCHERESSE ET ÉTIAGE DE LA LOMME - OBSERVATIONS RÉALISÉES À L'ÉTÉ 2019



*Fig. 1. A l'été 2019, c'est pendant des semaines que la Lomme avait cet aspect d'oued sur plusieurs centaines de mètres en amont de la résurgence d'Eprave.*

*Nous venons de traverser un hiver très doux et plus que pluvieux... Les précipitations intenses et prolongées ont gorgé d'eau les terrains et ont entraîné le débordement de nombreuses rivières. Sur ces sols gorgés d'eau les tempêtes répétées du mois de février 2020 ont provoqué d'importants dégâts déracinant des arbres par milliers.*

*Pour les eaux souterraines, ces événements pluvieux ont eu un effet intéressant : les nappes aquifères ont ENFIN connu une recharge optimale. Leur très haut niveau en cette fin de mois de mars 2020 devrait permettre un bon débit à la plupart des cours d'eau qu'elles alimentent durant tout l'été ; ces nappes seront également capables de fournir les nombreux captages qui s'y approvisionnent*

*Cela fait plusieurs années que cette situation d'abondance hydrique n'était plus assurée à la sortie de l'hiver en Wallonie. Or ce sont les pluies d'hiver, bien plus que les orages d'été, qui permettent la recharge des nappes. Un niveau piézométrique bas au printemps entrainera presque systématiquement un manque d'eau et des stress hydriques durant l'été. Si nous nous reportons à la fin de l'été 2019, la situation était même dramatique avec des captages à l'arrêt, des rivières quasi à sec et un impact sur les écosystèmes aquatiques et les zones humides et la nécessité d'une continuité hydrologique des cours d'eau.*

*En zone calcaire, un tel déficit d'eau peut avoir des conséquences assez impressionnantes avec la mise totalement à sec de cours d'eau importants.*



## Quand la Lomme ressemble à un oued... ou une chaussée Romaine !

Marc Legros qui sillonne depuis de nombreuses années les massifs karstiques autour de Rochefort, nous a confié quelques observations intéressantes concernant la Lomme entre juillet et septembre 2019. Sur une grande partie de son cours entre Rochefort et Eprave, elle était complètement tarie pendant plusieurs semaines. Si ce phénomène d'assèchement saisonnier n'est pas nouveau, il semble se produire de plus en plus souvent. Nous nous interrogeons avec lui sur les causes de cette "mise à sec"... qui soulève une série de questions :

- Les phases d'assèchement périodiques de la Lomme sont-elles réellement en augmentation ?
- Peut-on y voir un indice des changements climatiques ?
- La nature des terrains calcaires et l'aménagement de la Lomme ont-ils aussi une influence ?

Ce article n'apporte pas de réponses univoques à ces interrogations. Il se contente de fournir un témoignage imagé des observations menées entre juin et septembre 2019. Il s'agit surtout d'encourager les observations futures sur le système Wamme / Lomme afin de mieux comprendre l'équilibre dynamique entre les écoulements souterrains et de surface.

La Lomme et son affluent principal la Wamme prennent leur source sur le plateau ardennais, où leur débit est enrichi et gonflé par divers affluents et l'important ruissellement. Ces rivières circulent ensuite sur une quinzaine de km, entre Hargimont et Eprave, sur les assises karstifiables de la Caléstienne. Sur cette section karstique, elles sont affectées par de nombreuses pertes, capables de soustraire une part importante voire la totalité du débit aérien. Les eaux absorbées par des pertes sont restituées en surface à la résurgence d'Eprave (comme l'ont prouvé les nombreux traçages)...

Cette belle résurgence (dont le siphon a été plongé jusqu'à une profondeur de -88m) marque la « sortie » de la bande calcaire, forçant les eaux souterraines à "faire surface" au contact des assises de schistes frasniens.

L'assèchement de la Lomme sur plusieurs km et pendant des semaines, ne constitue pas un événement exceptionnel.

Nous l'avions observé par exemple en juillet 2011 (voir Eco Karst 85); profitant d'un point de perte "franc" dans le lit de la Lomme pour y effectuer un traçage et mieux quantifier les écoulements et leur vitesse (75m/h) vers Eprave. Nous en faisons également l'écho en septembre 2018 (Eco karst 113), où la période de "Lomme sèche" avait été plus longue.

Cette mise à sec de la rivière s'est répétée 4 fois lors des 7 dernières années. L'occurrence des assèchements de "portions calcaires" de la Lomme semble en augmentation. Pourtant à la fin de XIXème siècle, ce processus était encore plus fréquent : les pertes alignées dans la Wamme et la Lomme absorbant la totalité du débit une grande partie de l'année. Cette situation est mise en évidence sur la belle carte de l'Hydrologie souterraine de la région de Han-Rochefort établie par Edouard Dupont en 1893 (fig. 2). Plusieurs km sont indiqués comme à sec en période de basses ou de très basses eaux.

## Des rustines sur le karst !

Pour remédier à cet assèchement, divers travaux ont été entrepris au début du 20ème siècle. Ceux-ci ont permis d'étanchéifier le lit et les berges du cours d'eau et ainsi de couper (ou de fortement limiter) l'alimentation des pertes dans le lit de la Lomme.

L'objectif était de garantir dans la Lomme, surtout autour de la ville de Rochefort, un écoulement de surface minimal toute l'année. Dans le contexte du développement économique et démographique à la fin du 19e siècle, les besoins en eau le long de la Lomme étaient importants, notamment pour :

- l'agriculture (irrigation et abreuvement du bétail),
- l'industrie (source d'énergie, lavage, machines à vapeur...),
- des « objectifs sanitaires », à savoir diluer et emporter les eaux d'égout déversées dans le lit de la rivière... Qui sans eau s'accumulaient autour de Rochefort, rendant l'atmosphère irrespirable.

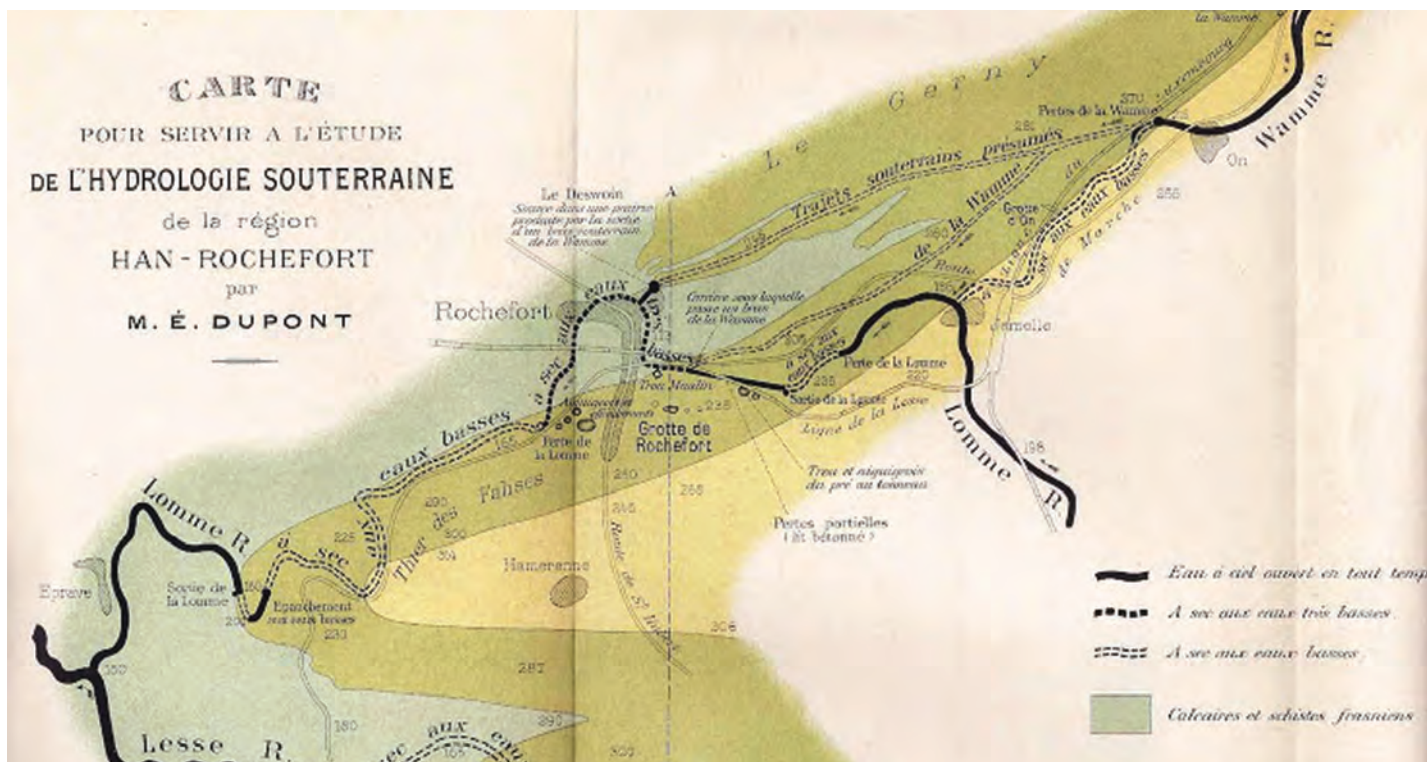


Fig. 2. Carte hydrogéologique établie par Ed. Dupont en 1893, montrant des sections de la Lomme et de la Wamme à sec en période de basses eaux.



Après la première guerre mondiale, l'implantation de la carrière Lhoist à Jemelle (1924), exploitant les contreforts calcaires du Gerny en bord de la Wamme, a engendré des besoins en eau supplémentaires pour laver la roche et produire la chaux. Divers travaux ont été entrepris sur la Lomme et sur la Wamme pour colmater les points de perte principaux. On peut citer (de l'amont vers l'aval)

- l'aqueduc en béton de On permettant à une bonne partie de la Wamme d'échapper aux pertes de Kerwée, en amont de la carrière Loist (fig 5)
- la construction d'une petite digue en rive gauche devant la perte du Mortier, où le réseau de fissure et la géologie étaient particulièrement favorables à une perte
- le pavage (moellons calcaires) de la Lomme en amont de Rochefort, pour limiter les infiltrations et les effondrements / pertes dans le lit de la rivière,
- la digue et le rehaussement de la berge du Nou Maulin empêchant, sauf en période de crue, à la Lomme de se déverser dans ce porche béant qui dispose d'importantes capacités d'absorption
- A l'aval de Rochefort, à hauteur du Thiers des Falizes, le cours de la Lomme a été

déplacé sur 50m pour l'éloigner de la route de Han et des pertes menaçant la chaussée.

Suite à ces travaux, les berges de la Lomme et de la Wamme sont plus étanches, et le cours de ces rivières plus réguliers, ne se tarissant plus que lors d'années particulièrement sèches.

### Quelques constats en aout 2019

Durant l'été 2019, la sécheresse a affecté la Lomme qui a pris des allures d'oued asséché sur une grande partie de son cours entre Rochefort et Eprave.

Cette sécheresse a été plus prononcée que lors des 10 années précédentes... avec des conséquences écologiques plus sévères. En effet, le lit de la Lomme est loin d'être horizontal, les affleurements rocheux et les bancs de galets y forment une alternance de haut et de bas-fonds, présentant des profondeurs variant de plusieurs m ! Dans les zones de bas-fonds, lors des précédents épisodes de sécheresse, le maintien de mares résiduelles avait permis à la faune aquatique de trou-

ver refuge et de +/- survivre jusqu'à la reprise d'un écoulement en surface.

C'était notamment le cas de l'une des plus profondes mares, située dans le méandre devant le Bois de Werimont, en rive concave (fig 3). Elle est profonde de 2 à 3 mètres, mais elle s'est vidangée sur une journée (le 21 septembre 2019), laissant sur le carreau des centaines de poissons.... Du jamais vu de mémoire de pêcheurs en bord de Lomme !

La rapidité de la disparition de la Lomme aérienne et de l'assèchement des dernières vasques et poches d'eau résiduelles a totalement pris de court les gestionnaires de la rivière et associations de pêcheurs. Lors d'épisodes similaires par le passé, ils avaient pu, à l'aide d'épuisettes et de seaux, sauver une bonne partie des poissons ainsi piégés pour les rejeter à la Lomme à l'aval de la résurgence. En septembre 2019 c'est une part importante de la faune piscicole entre Rochefort et Eprave qui a été perdue, et on ignore quel sera le délai nécessaire pour qu'elle se reconstitue.



Le 21/09 à 14h



22/09 à 10h30



22/09 à 17h30



22/09 fin d'après-midi, la vasque de Warimont à sec s'est transformée en piège à poissons

Fig 3. L'assèchement ultra rapide des dernières vasques d'eau le 22 septembre 2020 a entraîné une forte mortalité dans la faune piscicole de la rivière (photo M. Legros).



## Pourquoi des assèchements plus fréquents et intenses ?

Ces dernières années, des pertes totales de la Lomme (avec assèchement du lit de la rivière) semblent se produire de plus en plus souvent, avec un étiage plus précoce durant l'été : 2011 (voir Eco Karst 85), 2017, 2018 (voir Eco Karst 113), 2019...

Actualité oblige, il était intéressant d'envisager un lien possible avec les changements climatiques. Les données climatiques de l'IRM, à Uccle, montrent bien un accroissement significatif des températures, qui peut avoir un impact sur l'évapo-transpiration. En revanche, ces mêmes relevés de référence ne montrent pas de tendance de fond d'une diminution de la pluviométrie, que du contraire :

Les années sèches que nous venons de connaître ne sont pas anormales au regard de l'histoire depuis 1840. On est loin d'observer une diminution de la pluviométrie, alors que la courbe des températures (fig 4 - graphique du haut) affiche une tendance constante et rapide à l'augmentation.

Il faudrait peut-être mener une analyse plus fine quant à la répartition des pluies au cours de l'année... vu que la recharge de la nappe se produit en hiver ; ce sont ces précipitations là qui sont dites "utiles" pour rehausser le niveau de l'aquifère. Les pluies d'été au contraire, sont quasi totalement "perdues" pour les eaux souterraines du fait de l'importance de l'évapo-transpiration et du ruissellement.

Nous avons envisagé une possibilité plus "mécanique" pour expliquer les assèchements... Serait-il possible que les travaux d'étanchéification réalisés depuis plus d'un siècle sur les berges de la Lomme aient perdu leur efficacité ? Une perte massive des eaux de surface dans ces points de perte en période d'étiage peut contribuer à l'assèchement de la rivière et nous faire « revenir » à la situation cartographiée en 1893 par Dupont (fig 2).

Si on étudie les principaux lieux d'infiltration, on peut faire le constat suivant :

- Pour l'aqueduc de On, la réponse est clairement non, puisqu'il a été réparé très récemment par la société Lhoist, qui y a coulé un coffrage en béton (fig 4), empêchant une bonne part des eaux de la Wamme de se perdre à Kerwé et garantissant un écoulement pour cet affluent important de la Lomme.
- La digue du Nou Maulin a été rejointoyée et légèrement rehaussée il y a peu, limitant d'autant les infiltrations diffuses mais aussi les pertes en crue lorsque le niveau de la Lomme monte
- l'état des différents pavages dans le lit de la Wamme et la Lomme, est plus difficile à évaluer, mais semble correct... On ne constate pas (visuellement en tout cas) de nette diminution du débit entre l'amont et l'aval de ces zones empierrées
- Au final, c'est la digue devant la perte du Mortier (en amont du Nou Maulin) qui représente le secteur le plus mal en point dans les berges de la Lomme. Cependant il s'agit d'un point de perte secondaire, et il nous semble donc très peu probable que cette perte puisse causer un étiage jusqu'à Eprave.

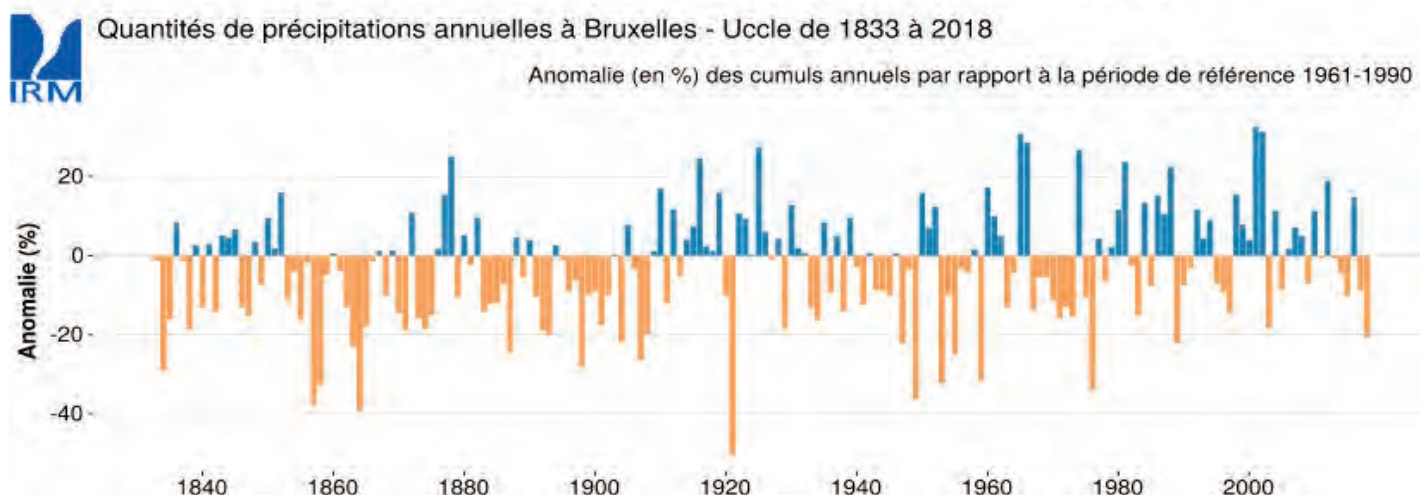
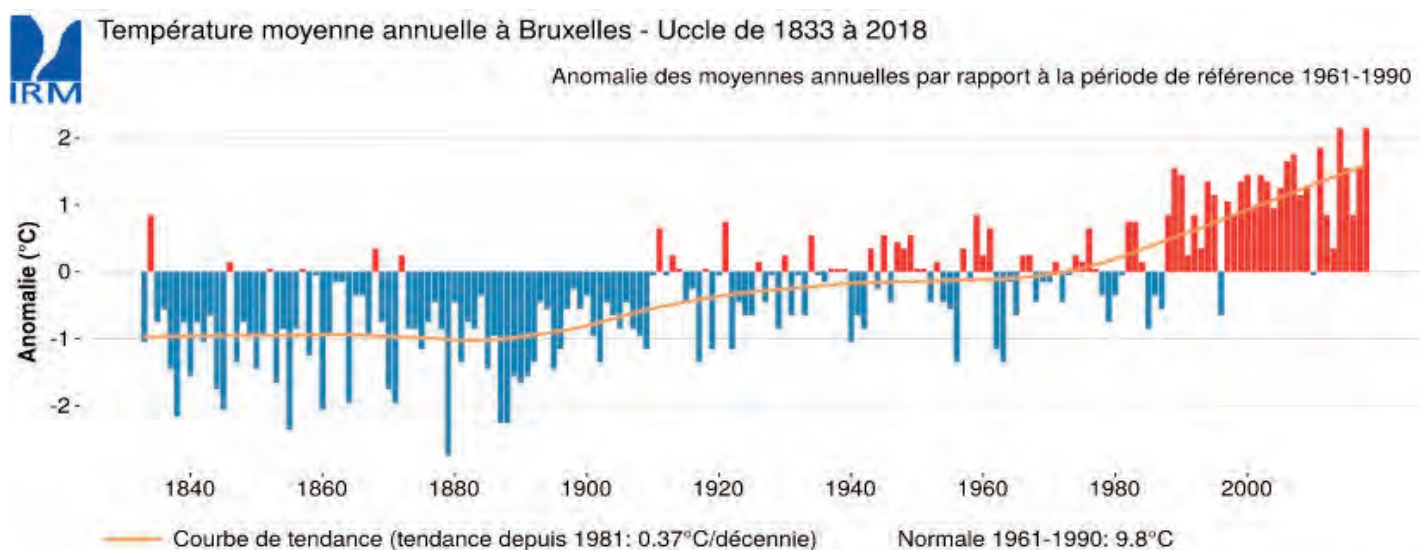


Fig 4. Evolution des données climatiques annuelles moyennes (T° en haut et précipitations en bas) enregistrées par l'IRM à Uccle et exprimées par rapport à la période de référence 1961-1990.



## Conclusion

Notre « questionnement aquatique » à propos des assèchements de la Lomme reste donc entier. Nous continuerons à l'avenir de suivre les étiages de la Lomme, à surveiller les différentes pertes, tout en intégrant dans notre réflexion les précieuses données sur les écoulements souterrains de ce vaste système karstique (UNamur – Karag).

Il s'agira de comprendre... voire de démontrer si ces assèchements répétés constituent un phénomène ponctuel ou un changement structurel sur le long terme... Et selon le cas, envisager avec les gestionnaires de cette belle rivière les mesures possibles pour garantir un débit minimum et une continuité hydrologique, essentielle pour la valeur écologique de la Lomme

Marc Legros  
SC Les fistuleuses



Fig 5. Section de l'aqueduc dans le lit à sec de la Wamme, récemment réparée (nouveau coffrage) par la société Lhoist pour limiter les infiltrations d'eau et garantir un débit aérien minimum en direction de la Lomme

## NETTOYAGE SOUTERRAIN : HUIT ANS DE TOILETTAGE AU GOUFFRE BERGER



Fig. 1. Inventaire Pollukarst en 1974 ; Relevé à Sprimont des égouts se déversant directement dans le karst (Chantoir de Gros Confin)

La présence avérée de déchets, de charniers, de pollutions en tout genre dans les grottes et gouffres a été très tôt mise en évidence par les spéléologues et premiers explorateurs du milieu souterrain.

Chez nous en Wallonie, comme en France, **dès la fin du 19<sup>e</sup> siècle, Martel** et ses « acolytes » attirent l'attention des autorités sur cette triste réalité. Leurs griefs portent sur le danger sanitaire que représentent les carcasses d'animaux morts, abandonnées dans certains trous et en contact avec les eaux souterraines. Nous vous invitons à relire avec délectation le chapitre sur l'Abîme de Comblain-au-Pont (VMR pages 1364-1381) «*Charnier en communication probable avec la voisine sortie d'eau du moulin de Comblain, affectée à des usages alimentaires et proposée naguère pour un captage*». En cette période où les épidémies sont très d'actualité, vous y trouverez un descriptif des risques d'une propagation de la fièvre typhoïde au sud de Liège via les eaux karstiques.

Au **début des années 1970**, ce sont les actions de «**dépollution**» organisées par la CNPSS qui ont servi de ferment et de ciment à notre association. Sur un week-end, avec l'aide de partenaires locaux et surtout de nombreux spéléologues, une centaine de personnes pouvaient se réunir pour assainir et vider de leurs déchets des entrées de grottes, des chantoirs, des dolines voire d'anciennes carrières. Au-delà de l'aspect « curatif », ces campagnes de nettoyage s'accompagnaient d'une large médiatisation pour éveiller les consciences et modifier les comportements. Les sites gravement pollués et pas nettoyables à la main faisaient l'objet d'un inventaire spécifique (baptisé **Pollu-Karst**). De tels relevés concernaient aussi les pollutions et rejets liquides, plus difficiles à appréhender et pourtant très impactants pour les eaux souterraines.

Cette démarche sert toujours de base au cahier de revendication de la CWEPS en matière d'assainissement du karst.



Récemment la fédération italienne de Spéléologie a obtenu l'**Euro Speleo Protection Label – 2018**, pour son programme *Cleaning Darkness*. Cette vaste campagne, entamée dès 2005 sur tout le territoire italien a abouti à la dépollution de centaines de grottes et de sites souterrains artificiels. En plus de l'aspect formateur pour les participants et de sensibilisation du public, des entreprises associées au projet ont proposé un recyclage des déchets récupérés. L'échange d'expériences a permis d'optimiser les techniques de dépollution, dans des conditions souvent difficiles et même parfois dangereuses.

Ces exemples ont en commun l'engagement des spéléos pour protéger le milieu souterrain si vulnérable aux pollutions. Dans tous ces cas, les crasses qui mettent en péril le karst ont été déversées depuis la surface par des personnes ou des entreprises qui n'accordaient aucun intérêt aux sites souillés. Ces trous représentaient pour eux un "réceptacle pratique" pour évacuer des déchets, selon la tristement célèbre démarche du "Tout au Trou".

**Le toilettage du Gouffre Berger** (cavité mythique du Vercors) est d'une toute autre nature et ampleur. D'une part, il a fallu remonter des déchets sur plusieurs centaines de mètres de dénivellation, posant un défi logistique, technique et physique spécifique.

D'autre part, les "crasses" à remonter n'étaient pas le fait d'un agriculteur ou d'un industriel indélicat... mais bien des explorations successives du gouffre par les spéléologues eux-mêmes, chaque expédition abandonnant son lot de matériel dans cette cavité verticale, plutôt que de remonter les "restes d'un bivouac".

Un peu à l'image des versants de l'Eve-rest, recouverts des déchets des différentes cordées qui tentent de se rapprocher du sommet, le Gouffre Berger était en danger d'être progressivement souillé par ces différents dépôts. Pour redonner sa virginité à la cavité où l'homme ne fait que passer et dans lequel son empreinte doit se faire discrète, un projet original a démarré en 2012.

Nous ouvrons les colonnes et l'Eco Karst à **Remy Limagne**, cheville ouvrière du projet de nettoyage du Gouffre Berger ; il nous en fait une courte présentation. Au-delà du colossal effort de nettoyage, c'est un nouveau rapport au milieu souterrain et à la nature en général que soutient un tel projet... une réflexion et une attitude qui peuvent aussi s'appliquer dans nos petites cavités wallonnes, où il n'y a plus lieu de "manger de la grotte", mais de visiter un site en intégrant dès le départ l'incidence et l'influence que cette visite peut avoir sur le milieu vulnérable qu'on explore.

## Chantier hors norme pour site mythique

Depuis 2012, chaque été plusieurs centaines de spéléologues se rassemblent autour d'un grand projet : dépolluer le premier -1000 mondial. Ce gouffre mythique situé à l'extrémité nord du Massif du Vercors a été visité par des milliers de groupes depuis sa découverte en 1953. Durant la seconde moitié du vingtième siècle, le concept de préservation de l'environnement était encore bien théorique, et tout naturellement, l'abandon des déchets sur place était une pratique courante. En 2008, le rapport d'une « mission environnementale » de l'association Mountain Wilderness concluait : *"Nous estimons à 1 tonne la quantité totale de déchets à évacuer du gouffre"*.

Dix ans plus tard, c'est le double que les éboueurs bénévoles des rassemblements Berger ont ressorti !

Précisons d'abord que nous ne sommes pas les premiers. De nombreuses actions de nettoyage ont eu lieu précédemment dans le gouffre Berger, parfois très organisées. Les guides professionnels du Vercors par exemple entretiennent activement ce site d'exception. Mais la dimension acquise par les opérations "Berger" depuis 2012 est unique : plus de 1400 participants de 30 pays différents fin 2019 !



Fig. 2 L'entrée du Gouffre Berger, principal accès au réseau parmi dix autres gouffres - Cliché Serge Caillault

## Un nettoyage, pour quoi faire ?

Pour « rendre sa virginité » au gouffre, c'est une évidence. Donc il s'agit d'évacuer tout ce qui n'a rien à faire à l'intérieur, et notamment :

- *Les déchets d'exploration : cordes fixes détruites par les crues, pièces métalliques (mâts d'escalade), résidus d'échelles, fils téléphoniques (plus de mille mètres), matériel de plongée abandonné (bouteilles, plombs, néoprènes)*
- *Les déchets de bivouacs, particulièrement abondants vers -500 m, couvertures de survie, plastique, boîtes de conserve, matelas, batteries, piles, et beaucoup, beaucoup de chaux de carbure...*

Ce rassemblement est aussi l'occasion de vivre de belles rencontres, des moments de convivialité autour d'un projet fédérateur, de partage avec les explorateurs « historiques » qui n'ont manqué aucun rendez-vous jusque-là.

## Créer l'émulation

Les spéléos sont souvent très actifs dans les opérations de dépollution souterraine. On ne manque pas de documentation sur tel ou tel gouffre-poubelle, dépollué par un club et ses bénévoles. Mais il s'agit la plupart du temps de ressortir des déchets du fond d'un puits d'entrée. Au Berger, il faut remonter tous ces kilogrammes de grande profondeur, tout en gérant ses propres déchets générés par la durée de la progression : une douzaine d'heures au minimum pour un aller-retour à moins mille... et fréquemment plus de vingt !

Lors des premiers rassemblements, la stratégie était basique : on fournissait un kit de 25 litres, et "vas-y rapporte tes poubelles". Rien de bien motivant, sinon le défi personnel. Le cas du kit trouvé en fin de camp 2013 à -800 m, rempli de carbure, et que personne ne pouvait soulever, nous a amenés à perfectionner la tactique :

- Fournir des gants et des sacs poubelle solides, sacs suffisamment petits pour rentrer dans un kit ordinaire une fois remplis. Il s'agit de rendre plus





Fig. 3 La Salle des Treize, aujourd'hui vierge de toute trace et déchets abandonnés par les explorations successives (cliché Serge Caillault)

- "humain" l'effort de transport des déchets.
- La matérialisation de "spots poubelles" dans le réseau : dix emplacements dédiés au stockage des sacs à déchets. Ainsi, quelqu'un qui revient du fond avec une poubelle ne doit pas obligatoirement la ressortir, et peut déposer son sac en cas de fatigue. D'autres peuvent participer en allant chercher ces sacs à moindre profondeur.
  - Valoriser l'action est aussi important. Un petit concours est organisé, et les sacs poubelle arrivant au camp sont réellement pesés. Chaque participant peut ainsi recevoir une petite gratification aux couleurs du rassemblement, offerte par un sponsor.

### Travailler sans tambour ni trompette

Fallait-il médiatiser ces opérations ? Le choix a été fait de rester dans la discrétion, entre spéléos. Car habituellement, les opérations de dépollution consistent à ressortir d'un gouffre des déchets ménagers ou autres, toujours issus de l'activité humaine « de surface ».

Et dans ce cas, les spéléos ont intérêt à jouer pleinement leur rôle de lanceurs d'alerte. Mais au Berger c'est différent: il s'agit d'éliminer des déchets issus à 100% de la pratique spéléologique... Faut-il s'en vanter ?

L'important est d'aboutir à un résultat. Et c'est aujourd'hui effectif : on peut dire sans exagération que désormais l'itinéraire classique jusqu'au fond du Berger est propre ! Et au-delà, des centaines de spéléos sont sensibilisés au fait qu'on peut entreprendre aujourd'hui une expédition à moins mille sans laisser soi-même aucun déchet...

Mieux encore, il s'avère que bon nombre de clubs participants ont trouvé à cette occa-

sion la motivation pour entreprendre d'autres chantiers de nettoyage souterrain dans leur propre région. Un exemple, et pas des moindres : une grande opération de dépollution du réseau de la Pierre-Saint-Martin est sur le point de démarrer ! C'est sans doute la plus belle conclusion de cet engagement de longue haleine.

Cette année encore vous pouvez prendre part à cette folle aventure. Venez participer à l'entretien du site, rencontrer les explorateurs du premier -1000 mondial... ce sera du 20 juillet au 10 août 2020 => informations complémentaires et inscription sur <https://berger2020.ffspeleo.fr/>

Rémy LIMAGNE  
remy.limagne@ffspeleo.fr



fig. 4. Emballer, stocker, avant d'évacuer : la méthode du "spot poubelles" (cliché Rémy Limagne)

## KARST ET REPRÉSENTATION 3D Applications développées à la grotte Scladina (Andenne)

Les galeries formant une cavité, avec leurs phases successives de creusement, de remplissage voire d'accidents tectoniques (sans parler des bouleversements liés à l'occupation par l'homme), représentent des objets complexes. Il en va de même pour les réseaux karstiques, associant phénomènes de surface, fracturation, processus de dissolution et de circulations d'eau souterraines, affectant un « bloc » calcaire lui-même souvent hétérogène. Pour comprendre ces structures, en expliquer la formation, il est nécessaire d'intégrer les 3 dimensions de l'espace ainsi que le facteur temps.

La 3D est donc un outil utile tant pour modéliser des systèmes complexes que pour les représenter et y reporter les observations scientifiques. Ces images en relief peuvent aussi s'intégrer dans un projet de médiation, pour faire découvrir le milieu souterrain au public en réalité virtuelle.

Différentes techniques ayant recours au numérique et à la puissance de calcul informatique se sont développées ces 15 der-

nières années. En intégrant les données acquises par photogrammétrie et relevé laser, elles permettent de représenter en relief des objets de taille variée. Cette approche est toutefois plus complexe pour un objet "en creux" comme une grotte... où c'est le vide qui est représenté et où l'on est généralement contraint par l'exiguïté (manque de recul), et l'éclairage.

Nous illustrons l'apport mais aussi les limites de « la 3D appliquée au karst », au travers des projets menés à la grotte Scladina (Sclayn, commune d'Andenne). Nous avons interviewé les archéologues du Centre Archéologique de la Grotte Scladina à l'origine de ces approches 3D pour l'étude de « leur grotte ». Leurs préoccupations sont avant tout archéologiques. On constate d'ailleurs que des applications utilisant la photogrammétrie et la représentation 3D se sont fort développées dans les domaines de la recherche, de la conservation et de la médiation archéologique ces dernières années.



## 1/ Quelles sont les techniques et modes d'acquisition de données utilisés à Scladina pour produire des images et un modèle 3D de la grotte ?

Afin d'obtenir la représentation la plus précise de la grotte et la plus « utile » pour l'archéologie, deux méthodes 3D ont été combinées :

**La photogrammétrie** consiste, à l'aide d'un appareil photo numérique "classique", à réaliser un grand nombre de clichés de l'objet à représenter, en décalant légèrement les points de vue pour couvrir une même zone sous des angles et des axes différents. Cette méthode s'inspire de la vision stéréoscopique humaine (c'est l'écart entre nos deux yeux qui nous fait percevoir le relief) ; grâce à l'informatique garantissant une puissance de calcul et de corrélation entre images, elle peut s'appliquer à un jeu de photos toujours plus important, améliorant le rendu et la précision du modèle.

Pour la grotte Scladina, 14.000 photos des parois ont été prises afin d'avoir un recouvrement optimal et ainsi reconstituer une copie 3D de la réalité ! Cette technique offre un excellent rendu des textures, que ce soit pour une coupe, une paroi, des concrétions... voire une fresque pour les cavités à peintures rupestres où elle a été abondamment utilisée (en France et en Espagne notamment).

**La lasérométrie**, également appelé LiDAR (laser detection and ranging), permet de récolter très rapidement les coordonnées absolues d'un nombre quasi infini de points, sur une paroi ou la voûte d'une cavité par exemple. Ce laser (qui travaille dans l'ultraviolet, le visible ou l'infrarouge) émet plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'impulsions chaque seconde. En y associant un scanner qui permet de modifier l'axe d'émission (balayage), ou en profitant du déplacement connu du porteur du Lidar (avion ou satellite), on peut recueillir les échos dans l'espace en trois dimensions. L'enregistrement de ces centaines de milliers de points forme la base cartographique en 3D de la surface de la cible du Lidar. La précision et la restitution et la position absolue de chaque point constituant la paroi est de l'ordre du cm !

Dans le cas de Scladina, un tel laser a été placé sur un petit robot sur roues piloté à distance, recueillant un nuage de points qui constitue la voûte et les parois de la cavité.

Le processus est à la fois très rapide et très précis. Il nécessite cependant un appareillage coûteux et fragile. Par ailleurs, dans un lieu exigu comme une cavité, il



Fig. 1. Photogrammétrie du réseau karstique auquel appartient les grottes Scladina (en haut à droite), Saint-Paul (en haut à gauche) et Sous-Saint-Paul (en bas à gauche).

peut y avoir des problèmes de recul ou de « zones cachées » non atteintes par les faisceaux et qui ne seront donc PAS représentées dans le nuage de points.

Pour réaliser le meilleur modèle possible, nous avons injecté les images et données obtenues par ces deux techniques dans un système d'information géographique, grâce à 12 points de référence dont les coordonnées ont été obtenues à l'aide d'une station totale. Ces points de référence permettent de fixer une échelle au modèle, et on peut ensuite se « déplacer » virtuellement dans cette représentation 3D, exactement comme dans la cavité elle-même.

## 2/ En quoi ces représentations diffèrent-elles d'une topographie classique ?

Le degré de précision est bien plus important avec les techniques 3D modernes. Par ailleurs, lorsqu'on compare des topographies « traditionnelles » d'un même site réalisées par plusieurs auteurs, elles peuvent fortement différer : chaque auteur a son style de dessin ; du coup, même en respectant la nomenclature de l'Union Spéléologique Internationale, le produit fini sera différent. Enfin, l'axe ou le plan utilisés pour « projeter » la topographie,

de même que le cheminement des visées réalisées sous terre, modifieront fondamentalement le résultat final.

Le modèle 3D colle beaucoup plus à la réalité ; il constitue un « vrai » duplicata de la grotte. A condition que les photos (ou le passage laser) aient été prises avec soin et avec un degré de recouvrement suffisant, le résultat de deux campagnes d'acquisition numérique de points dans une même cavité devrait être très similaire.

Quant aux plans et aux axes de projection (essentiels dans la représentation 2D classique), ils ne sont pas fixés à l'avance par l'opérateur mais pourront être choisis a posteriori en fonction des usages recherchés. C'est particulièrement utile en archéologie, où des plans (niveaux) successifs pourront être utilisés, en fonction des différents stades d'occupation de la cavité !

Enfin, dans le cas de la photogrammétrie, à condition de bien maîtriser les éclairages pour tendre vers une luminosité uniforme (ce qui n'est pas toujours évident en grotte), les clichés permettent une texturation très poussée des parois, en particulier des coupes sédimentaires. C'est particulièrement utile dans une cavité préhistorique, pour différencier les strates de remplissage afin de comprendre l'empilement



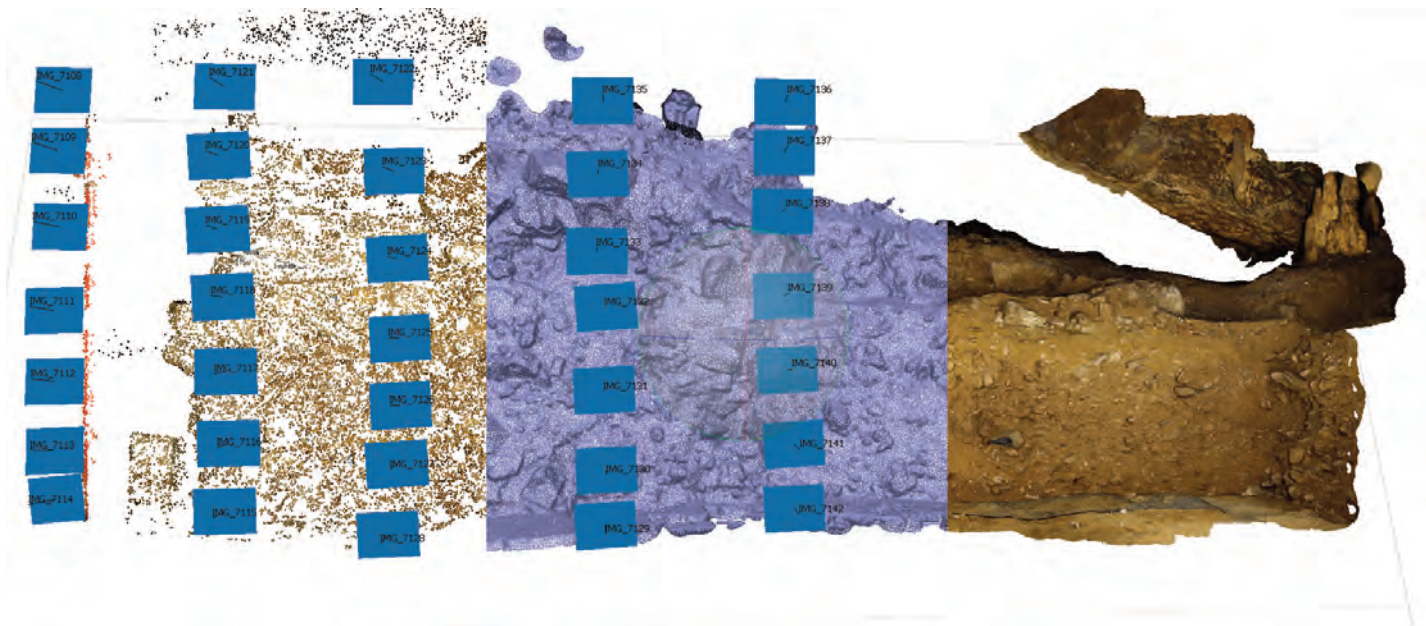


Fig. 2. La photogrammétrie en étapes : d'abord une prise de clichés à intervalles réguliers (rectangles bleus) qui une fois processés permettent l'obtention d'un nuage de point (à gauche), duquel sont tirés un maillage de polygones (au centre) et, enfin, un modèle texturé (à droite)

des couches et délimiter plus précisément les niveaux avec occupation humaine.

### 3/ Quelques exemples de l'apport de ces modèles 3D dans le travail de fouille à Scladina ?

Depuis l'avènement de cette imagerie 3D à Scladina, on ne fouille plus la cavité de la même manière. Cet outil offre d'abord un gain de temps considérable, tout en augmentant dans bien des cas le degré de précision des levés.

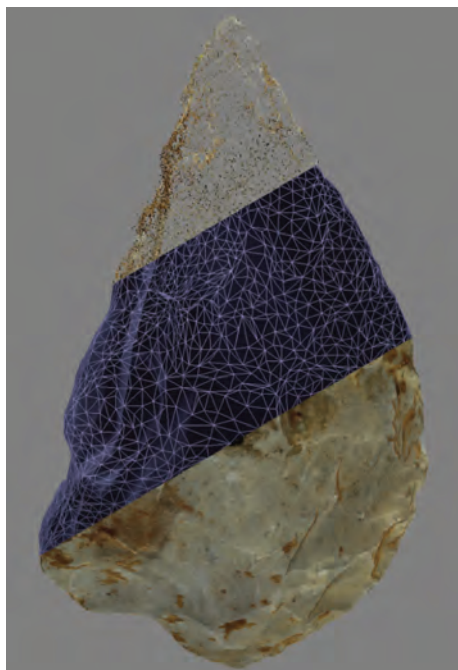


fig. 3. Photogrammétrie d'un racloir en silex où sont mises en évidence les trois étapes principales : le nuage de point (en haut), le maillage (au centre) et le modèles texturé (en bas)

Ces images 3D facilitent également la communication et l'échange entre les chercheurs.

Par exemple, l'enregistrement d'une coupe stratigraphique sur un « panneau » d'une dizaine de m<sup>2</sup> se fait en quelques heures alors que traditionnellement il fallait compter une semaine et un opérateur très expérimenté pour faire ce levé. A l'aide de 12 à 18 spots LED, on éclaire de manière uniforme et sans ombres la surface à lever. Ensuite il n'y a plus qu'à réaliser un grand nombre de photos de cette coupe. Tant que les images sont nettes (mise au point), le logiciel pourra assembler les différents clichés entre eux et ainsi construire le modèle 3D.

Si elle est ensuite correctement texturée, cette coupe numérique permettra de mettre en évidence des niveaux et des couches qui jusque-là pouvaient être peu visibles. La distinction des différentes couches a notamment été facilitée par la création de filtres qui renforcent encore le contraste et affinent nos observations des dépôts sédimentaires. Il est ainsi possible de visualiser des strates qui étaient jusque-là perçue à la fouille par un changement de composition de la matrice sédimentaire. Ces techniques sont donc une réelle plus-value au travail de terrain.

A condition de disposer d'un ordinateur puissant (et des logiciels de photogrammétrie), la précision de la coupe est de l'ordre du cm. Si on ne tient pas compte du temps de calcul (qui occupe l'ordinateur et pas le chercheur !), quelques heures de prise de vue sous terre avec un appareil photo numérique classique suffisent pour aboutir à ce résultat.

Les coupes texturées peuvent ensuite être reportées sur le modèle numérique 3D général de la cavité. On pourra également intégrer au modèle général les « coupes historiques » réalisées dans la grotte (qui sont documentées depuis 1978, avec la coordination des fouilles par M. Otte), pour visualiser les continuités latérales dans la stratigraphie, et reporter certaines couches aujourd'hui disparues suite à l'approfondissement du « front de fouille ».

### 4/ Récemment, des drones ont été « lâchés » dans Scladina... pour quoi faire ?

En 2015, les archéologues de Scladina en consortium avec 6 autres partenaires actifs tant dans le domaine du Patrimoine que de l'ingénierie optique et informatique, ont pris part à un projet financé par la Commission européenne dans le cadre du programme Horizon 2020.

Sous le nom DigiArt - The Internet Of Historical Things And Building New 3D Cultural Worlds, ce projet avait pour objectif la mise en valeur du patrimoine historique par l'utilisation des drones et des nouvelles technologies en matière d'optique. Un des challenges était de tester le drone comme moyen d'acquisition de données et d'images dans des environnements aussi différents que le très vaste palais de Philippe II de Macédoine (situé à Vergina en Grèce et s'étendant sur près de 2 hectares) et la grotte Scladina (ensemble souterrain de taille modeste, induisant des difficultés de pilotage, un manque de recul et de lumière).

L'Université John Moores de Liverpool et la société Vulcan (toutes 2 partenaires du



projet) ont développé un drone spécialement adapté aux spécificités de la grotte. Equipé d'une caméra Go Pro et d'un système d'éclairage continu, l'engin volant a pu parcourir la grotte en tous sens. La qualité des images n'est pas optimale, mais ces films séquencés en 24 images/seconde ont complété la couverture photogrammétrique de la cavité, permettant notamment d'explorer les plafonds et des conduits étroits qui n'avaient jamais été levés auparavant !

Avec ces images supplémentaires, une modélisation la grotte et des vestiges archéologiques et anthropologiques majeurs qui y ont été exhumés s'animent dans une visite virtuelle du site : à l'aide d'un casque de réalité virtuelle et de joysticks, « les visiteurs ont ainsi l'occasion de découvrir cet univers souterrain et d'observer les phases de fouille successives enregistrées depuis la découverte du site en 1971 jusqu'à la démarche multidisciplinaire qui est menée actuellement ».

Il ne s'agit pas de remplacer les visites sous terre par une découverte virtuelle, mais bien de permettre aux personnes qui ne peuvent avoir accès à la cavité (PMR, personnes âgées, voire visiteurs ne pouvant se rendre à Sclayn) de profiter de cette opportunité. La progression virtuelle dans la cavité se fait à la fois dans l'espace mais aussi dans le temps, permettant de retrouver les différentes phases de fouille et l'aspect qu'avait la grotte à différentes étapes de son histoire.

#### 5/ Qu'en est-il des visites de la grotte bénéficiant de la « réalité augmentée » ?

En avril 2019 était inaugurée la visite du domaine en réalité augmentée. Le parcours proposé comprend le sentier touristique de 450 mètres reliant le Centre archéologique aux grottes Scladina et Saint-Paul.



fig. 5. La virtualisation de la grotte permet aujourd'hui de visiter le site grâce à une tablette sur laquelle différents médias (sons, images, vidéos, modèles 3D,...) permettent de mieux connaître Scladina, ses richesses archéologiques et les métiers de l'archéologie.

Le long de l'itinéraire, 25 stations sont matérialisées par des panneaux équipés de QR codes. Muni d'une tablette, le visiteur peut alors, selon son envie et ses centres d'intérêts, visionner des vidéos qui présentent

- l'histoire des recherches,
- les métiers des différents spécialistes qui y travaillent,
- les méthodes, à la pointe de la technologie, permettant d'acquérir les connaissances actuelles sur ce site préhistorique remarquable.

Les vidéos ont été pensées pour apporter une information scientifique accessible à tous. Chacun va à son rythme et les personnes voulant approfondir certaines informations peuvent accéder à des vidéos supplémentaires disponibles via la tablette.

A terme, cet équipement sera disponible en plusieurs langues et avec différents "niveaux de lecture" pour proposer une visite la plus personnalisée possible à chaque visiteur. Cela permet aussi au centre de recherches d'alléger quelque peu la charge de guidage et d'encadrement des visiteurs, qui s'imposait à eux au détriment du travail de fouille.

### Conclusion

Le laser et la représentation 3D n'ont pas pour vocation de remplacer la truelle, l'œil exercé ou les compétences de l'archéologue, acquis à force d'expérience. Il faudra toujours que le chercheur se pose les bonnes questions, soit curieux, imaginaire mais aussi rigoureux pour confronter ses hypothèses avec la réalité du terrain.

Ces développements numériques, en particulier tout le volet « imagerie 3D », offre cependant des outils supplémentaires aux chercheurs, non seulement pour orienter les fouilles, mais aussi pour en archiver progressivement l'avancement et en diffuser les résultats, que ce soit à l'intention de collègues ou envers le public, dans un effort de pédagogie et de médiation.

Dans le cas de Scladina, l'usage de ces nouvelles technologies s'est fort développé, mais l'équilibre nous semble bien respecté, la technologie restant au service des chercheurs, alors qu'on peut parfois craindre l'inverse...

Synthèse de G. Michel

Basée sur les propos de Grégory Abrams  
(Centre de Recherche de la Grotte Scladina)



Fig. 4. La grotte Scladina comme vous ne l'avez jamais vue! Cette photogrammétrique montre la complexité du lieu et l'avancement de la fouille. L'entrée, débarrassée virtuellement de sa station de recherche, se situe à gauche.



## ASSEMBLEE GENERALE 2020 DE LA CWEPESS Tohogne (Durbuy) - dimanche 19 avril

Vu la situation exceptionnelle que traverse notre pays avec le Covid-19, nous n'avons aucune certitude quant à la tenue d'activités ou manifestations même après le 05 avril (date retenue pour la fin du lock down pour l'instant...).

Nous avons choisi la date du **dimanche 19/04/2020 pour notre AG** (bien avant cette crise majeure). Nous maintenons celle-ci, mais elle pourra bien entendu être reportée en fonction de l'évolution de la situation.

Consultez le [site WEB de la CWEPESS](http://www.cwepss.org) => [www.cwepss.org](http://www.cwepss.org) et/ou sur notre page Facebook pour être informé des changements éventuels.

Nous souhaitons aussi [recevoir l'adresse Email](mailto:contact@cwepss.org) de tous nos [membres effectifs](mailto:contact@cwepss.org) (envoyez nous un petit message sur [contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)), pour pouvoir personnellement vous informer de modifications éventuelles dans la programmation de l'AG.

Nous convions tous les membres effectifs en ordre de cotisation (et invitons les adhérents qui le souhaitent) à l'assemblée générale 2020 de la CWEPESS, qui se déroulera le dimanche 19 avril 2020 dès 9h45 à Tohogne, rue de la Laiterie N°5 à 6941 Durbuy dans les locaux de l'ASBL Atelier Environnement .

Les membres effectifs dans l'impossibilité d'être présents peuvent transmettre une procuration via [contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)

### Ordre du jour

1. Appel des présents et représentés.
2. Approbation du procès-verbal de l'AG 2019 ( à Hotton).
3. Rapport moral – bilan des activités menées en 2019.
4. Présentation et approbation des comptes de l'exercice 2019 et du budget 2020
5. Décharge aux administrateurs pour l'année écoulée.
6. Présentation des actions en cours et des projets à développer en 2020 et au-delà.
7. Renouvellement du CA.

### Candidature comme administrateur

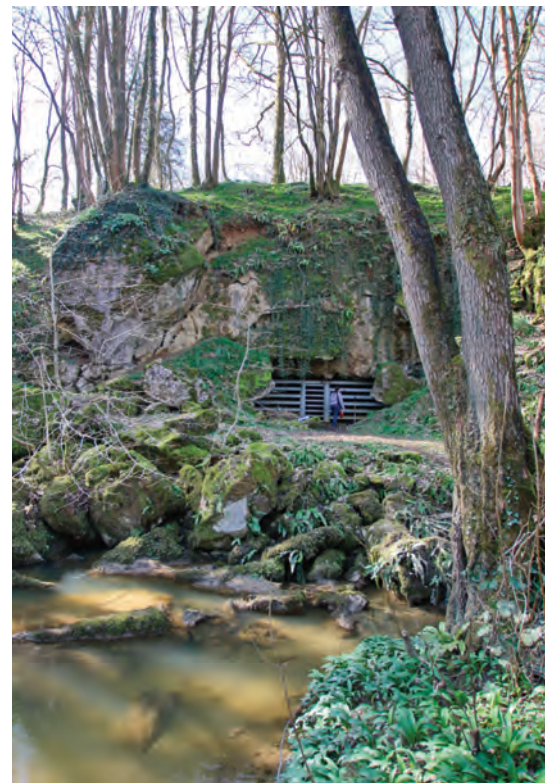
Les candidatures sont à adresser à la CWEPESS ([contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)), 10 jours avant l'Assemblée Générale. Merci d'y mentionner vos coordonnées, votre n° de registre national, vos domaines de compétences et votre motivation en regard de cette fonction au sein l'association. Le mandat d'administrateur est de 3 ans.

Pour cette assemblée générale d'avril 2020, C. BERNARD & Q. SMITS sont sortants et rééligibles

### Programme du reste de la journée

A midi: Après l'effort, le réconfort... vers 12h30, un buffet froid vous est proposé sur place, concocté par des membres de la CWEPESS. PAF = 10 € / personne. Boissons en supplément, avec modération vu le programme de l'après-midi. Merci de [réserver votre repas](mailto:contact@cwepss.org) une semaine à l'avance ([contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)).

Après-midi : [excursion karstique](#) dans une des plus remarquables boucles de l'Ourthe, à **Bohon**, avec courte visite de la cavité éponyme.



Départ depuis Tohogne, ou (pour ceux qui n'assisteraient pas à l'AG) rendez-vous à 14h00 précises sur le parking de la Piscine de Bohon. Armez-vous d'une bonne paire de chaussures et de vêtements adaptés à la météo du jour d'une lampe et d'un casque...

Une boucle piétonne de 2h permettra de découvrir un ensemble d'éléments hydrogéologiques et karstiques spécifiques de cette zone.

Dans l'espoir de vous y retrouver nombreux et en bonne santé.

*L. Remacle (Secrétaire)  
G. Fanuel (Président)*



### CWEPESS asbl

[Secrétariat](mailto:contact@cwepss.org) : av. G. Gilbert 20, 1050 Bruxelles  
Tél: 02/647.54.90 - [contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)

[Siège social](http://www.cwepss.org): Clos des Pommiers, 26 - 1310 La Hulpe

La **cotisation annuelle** à la CWEPESS, incluant l'abonnement à l'Eco Karst (4 n°/ an), s'élève à :

- **15 € par membre adhérent** (abonnement seul)
- **20 € par membre effectif** (abonnement + droit de vote à l'assemblée générale).

Cet Eco karst étant le premier de l'année 2020, soit l'occasion parfaite pour **payer votre cotisation pour l'année 2020** via le virement ci-dessous. Merci d'avance pour votre soutien !

Si vous ne souhaitez plus recevoir notre périodique, merci de nous en informer par email ([contact@cwepss.org](mailto:contact@cwepss.org)) ou par téléphone (02/647.54.90).

Conformément au RGPD, nous garantissons que vos coordonnées ne seront pas transmises à des tiers, et que vous disposez du droit de consultation, modification et suppression de celles-ci.

### Dons exonérés d'impôts...

Pour nous soutenir, il vous est possible d'effectuer un DON avant le 31/12 pour bénéficier d'une exonération sur les revenus 2020. Notre association de protection de la Nature est en effet agréée pour les **dons exonérés d'impôt**. Une attestation fiscale vous parviendra pour **tout don annuel d'au moins 40 €**.

Les montants sont à verser au compte de la CWEPESS,

IBAN : **BE68 0011 5185 9034** / BIC : GEABEBB, avec **vos coordonnées complètes** et la mention "Don exonéré d'impôts".

**Merci de renouveler votre cotisation pour nous soutenir et continuer à recevoir l'Eco Karst ! Le paiement se fait par virement en mentionnant votre nom, vos coordonnées complètes, et la mention "cotisation 2020".**

