



Eco Karst

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

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

N° agrégation P.30 24 48
N°126 - 4e trimestre 2021

Karst et inondations



Numéro spécial
Décembre 2021

SOMMAIRE

INONDATIONS : CAUSES, PRÉVENTION ET AMÉNAGEMENTS

- 1/ Vivre au bord de l'eau... c'est risquer de vivre les pieds DANS l'eau !
- 2/ Le Plan PLUIES et la Directive Inondations.
- 3/ Quelles données sont compilées et utilisées pour générer ces cartes ?
- 4/ Quelques outils cartographiques pour mieux gérer nos territoires.

LA RÉPONSE KARSTIQUE FACE À UNE CRUE OU UNE INONDATION

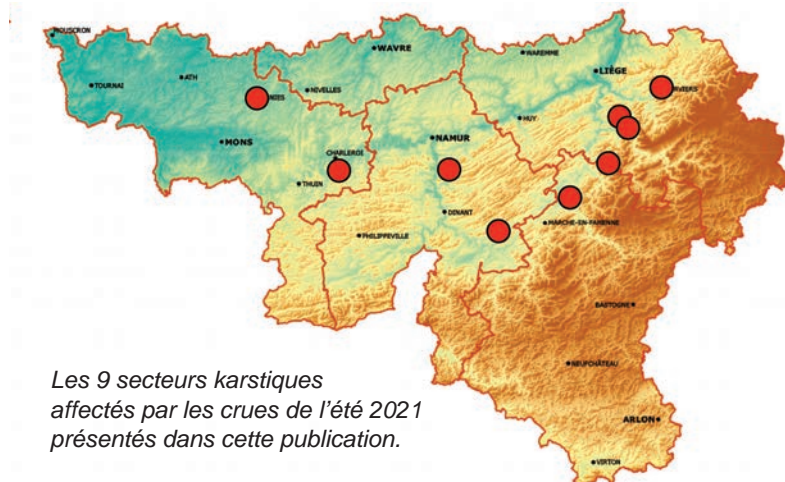
- 1/ De bonnes capacités d'infiltration et de stockage.
- 2/ Des systèmes très réactifs avec un effet de surprise.
- 3/ Maximaliser la valorisation des observations de terrain pour une meilleure prévention.
- 4/ Quels sites karstiques peuvent avoir un impact sur les zones inondables ?
- 5/ Une inondation, ce n'est pas "que de l'eau"... Pollution et gestion des encombrants.
- 6/ Du "plein" et du "vide" : effondrements karstiques après les crues.

LES CRUES DE LA MI-JUILLET - QUESTIONS / REPONSES

- 1/ Comment fonctionne le réseau de surveillance des inondations en Wallonie ?
- 2/ Les crues de juillet 2021 sont-elles exceptionnelles du point de vue météorologique ?
- 3/ Cet évènement tragique va-t-il modifier la gestion du territoire ?
- 4/ Quelles observations de terrain peuvent améliorer la délimitation des zones inondables ?

TÉMOIGNAGES - INONDATIONS DANS LE KARST DURANT L'ÉTÉ 2021

- La Vesdre: épiscentre de l'inondation.
- La Lembreée en mode torrent à Vieuxville.
- Le Vallon des Chantoirs, entonnoir karstique.
- Le Synclinal de Sprimont sous haute pression.
- Sur les bords de l'Ourthe entre Hotton & Bohon.
- Le vallon de Ferrée redessiné par la crue.
- Quand la Lomme déborde près de Rochefort.
- Crue sédimentaire dans la doline de l'Haquin.
- Méga effondrement post-crue à Soignies.
- Inventaire des cavités affectées par les crues.



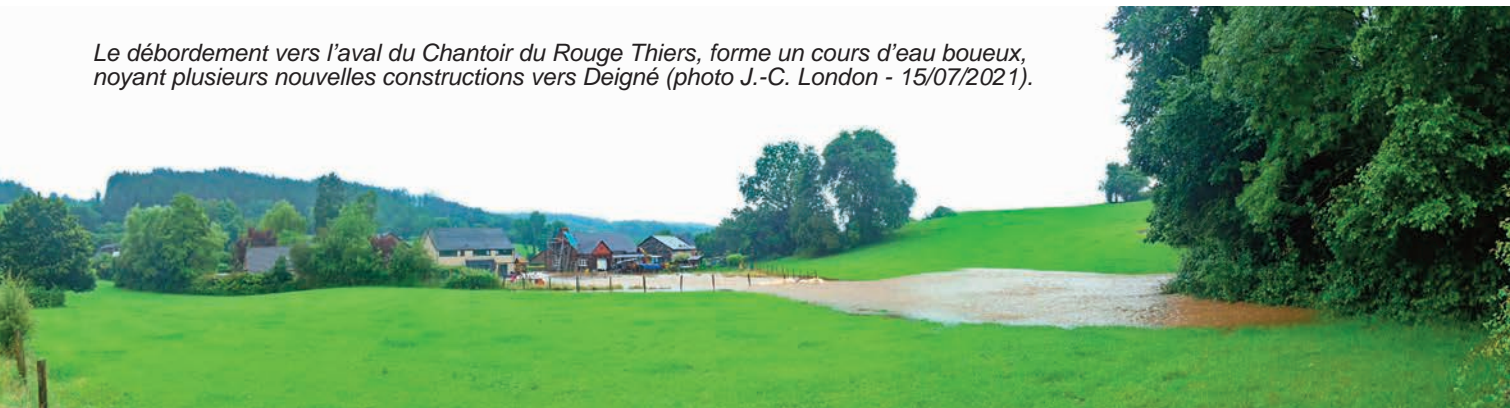
Les 9 secteurs karstiques affectés par les crues de l'été 2021 présentés dans cette publication.

PLAIDOYER POUR UN AUTRE AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

RECOMMANDATIONS ET LEÇONS À TIRER DES CRUES DE L'ÉTÉ 2021

Les observations, récits, photographies et commentaires regroupés dans ce numéro spécial reflètent l'opinion et le vécu de leurs auteurs. Ceux-ci ont souvent été les témoins directs des événements qu'ils relatent.

Le débordement vers l'aval du Chantoir du Rouge Thiers, forme un cours d'eau boueux, noyant plusieurs nouvelles constructions vers Deigné (photo J.-C. London - 15/07/2021).



EDITORIAL

Une bonne partie de la Wallonie a été très fortement touchée par les terribles inondations qui ont fait suite aux précipitations exceptionnelles de l'été 2021. Autour des 14 et 15 juillet, en bien des endroits, des volumes équivalents à 2 mois de pluies sont tombés en quelques heures. Dans ces conditions, sur des sols déjà saturés par des périodes pluvieuses préalables, les capacités de drainage et d'infiltration ont été rapidement dépassées.

En s'écoulant selon la plus grande pente, l'eau ruisselle sur les versants dans des vallons normalement secs, formant par endroits des torrents temporaires et des coulées de boue qui peuvent ravager les territoires qu'ils traversent. Cet apport brutal déboulant dans les cours d'eau fait bondir les débits et les hauteurs d'eau, provoquant des crues qui vont déborder des berges pour se déverser dans le lit majeur des rivières.

L'effet a été particulièrement dévastateur à l'aval de certaines vallées de la région liégeoise (Vesdre, Ourthe, Amblève...) ; dans ces "entonnoirs" de vastes bassins d'alimentation aux fortes pentes, la concentration des eaux a provoqué une montée incontrôlable du niveau des rivières. Les dégâts ont été terribles, les victimes nombreuses et les habitants comme les autorités ont observé, impuissants, des flux déchaînés qui ont réduit des villages entiers à l'état de ruines en quelques heures.

Les eaux de crue se sont retirées presque aussi vite qu'elles sont arrivées, laissant des marques de boue à des hauteurs impensables, qui témoignent d'une montée d'eau jamais enregistrée auparavant.

Commencent alors pour les victimes, le long travail de nettoyage, les démarches administratives vis-à-vis des assurances et dans bien des cas, de reconstruction intégrale pour ceux qui ont tout perdu.

Les inondations de juillet 2021 soulèvent bien des questions légitimes :

- Ce phénomène météorologique et hydrologique exceptionnel est-il imputable aux changements climatiques ?
- Ces conséquences mortelles sont-elles liées à l'aménagement du territoire ?
- Les mesures de précaution, de prévention et de gestion du risque ont-elles été correctement prises ?
- Dispose-t-on en Wallonie des outils pour prévenir et pour agir face à de telles situations et qu'en est-il de la "culture du risque" chez nous ?
- Comment va s'organiser la reconstruction de la Wallonie (moyens, objectifs, méthodes...) ?
- Que peut-on tirer comme leçons pour l'avenir dans l'aménagement et la gestion des cours d'eau ?

Ces questions vont très probablement cristalliser bien des débats en Wallonie pendant de très longs mois... Avec ce numéro spécial "karst et inondations", nous souhaitons apporter modestement notre pierre à la réflexion. L'hydrologie très particulière des zones calcaires (karstiques) mérite d'être prise en compte lorsqu'on aborde les enjeux cruciaux que soulèvent ces inondations. Au-delà de la reconstruction, c'est tout l'aménagement du territoire, l'usage du sol et la gestion de l'environnement qui est remise en question et qui doit être repensée.

5 parties distinctes composent notre dossier :

- Quelques **définitions** rappellent **ce qu'est une inondation**; ainsi que les outils (notamment cartographiques) mis en place pour gérer cette réalité (zones inondables, aléas d'inondation et notion de risque).

- Une **série de questions**, dont nous synthétisons librement les réponses, sont le résultat d'échanges et discussions avec la *Direction des Cours d'Eau Non Navigables*, en charge de la gestion des cours d'eau de première catégorie.
- Une réflexion concernant les **zones karstiques et le risque d'inondation**. Ces terrains très perméables et à l'hydrologie principalement souterraine sont-ils plus ou moins exposés aux problèmes d'inondations ? Méritent-ils une gestion ou une attention particulières pour prévenir les coups d'eau ? Quelles interventions spécifiques doivent y être recommandées ?
- Une dizaine de **récits et témoignages** de nos partenaires de terrain à propos de l'effet des crues de l'été 2021 dans différents systèmes karstiques de Wallonie. Leurs observations de première main sont des témoignages précieux qui montrent l'ampleur de la dernière crue. Il s'agira d'intégrer ces informations dans les modèles hydrologiques de la Région wallonne pour mieux appréhender l'importance des coups d'eau et en prévenir les conséquences les plus tragiques. Nous avons dû être sélectifs dans ces exemples... tant ils étaient nombreux !
- Quelques réflexions concernant l'**aménagement de nos territoires**, pour limiter à l'avenir l'impact dévastateur des inondations.

Les cas mis en évidence illustrent la manière dont un apport d'eau massif peut affecter un karst : la saturation des capacités d'infiltration, la montée des eaux dans un réseau de larges fissures soudainement mis sous pression, la sortie d'eau boueuse via une résurgence temporaire et bien entendu les vallons secs parcourus pendant quelques heures par des torrents boueux. Selon leur nature et leur "violence", les crues peuvent aussi colmater certaines galeries ou points de perte en y apportant des alluvions, ou à l'inverse soutirer d'importants remplissages, déboulant alors des karsts colmatés... et induisant par la suite la formation d'affaissements, voire d'effondrements.

Dès 2011, à la demande de la Direction de l'Aménagement du Territoire, la CWEPSS a proposé une série de "corrections" à la carte des aléas d'inondation, sur base de données de terrain souvent inédites, fournies par son réseau de partenaires.

Toute observation passée et à venir concernant un niveau de crue, une zone sous eau, la mise en charge d'un karst ou un axe de ruissellement temporaire constitue une donnée précieuse, surtout si elle est précise, documentée et complétée par des images, voire idéalement une cartographie.

Fournir de telles informations aux services publics en charge de la gestion de cet aléa leur permettra de tenir compte de ces observations, afin de concevoir des modèles de gestion des crues et des cartes plus précises pour appréhender les contraintes liées aux inondations. Il s'agit là d'un acte citoyen, solidaire et essentiel que nous vous encourageons tous à réaliser. Si la lecture de ce dossier spécial peut mener certains d'entre vous à l'accomplir, alors nous aurons parfaitement rempli notre rôle et notre objectif avec cet Eco Karst hydraulique !

Pour la CWEPSS
Georges MICHEL
Coordinateur

INONDATIONS : CAUSES, PRÉVENTION ET AMÉNAGEMENTS

1/ Vivre au bord de l'eau... C'est risquer de vivre les pieds DANS l'eau !

La Wallonie est depuis toujours confrontée aux inondations. Ce phénomène naturel ne constitue pas un problème en soi : il est normal que certaines rivières occupent périodiquement leur lit majeur et y déposent des sédiments. Les alluvions "modernes" qui figurent sur les cartes géologiques le long des cours d'eau démontrent que ce processus est récurrent et ancien. Certaines inondations peuvent même être bénéfiques pour la nature et la biodiversité, créant ou alimentant des zones humides, nettoyant les berges et/ou redessinant le lit de certains cours d'eau.

Les inondations deviennent problématiques lorsqu'elles impliquent une érosion des sols et surtout lorsqu'elles impactent des infrastructures, des zones d'habitats et/ou des éléments patrimoniaux. Le fait de construire de plus en plus dans les fonds de vallées et d'imperméabiliser les terrains augmente la gravité des conséquences des inondations. Ainsi, lorsqu'une rivière déborde de son lit, une prairie ne subira que très peu de dommages, contrairement à une habitation qui est bien plus sensible. Les dégâts peuvent alors être dramatiques et le bilan en vies humaines très lourd, comme l'ont montré les événements de juillet dernier.

Depuis 1993, la Wallonie a connu une dizaine d'inondations majeures. Tant par le nombre de victimes que par l'étendue des zones touchées, elles ont marqué bien des régions. On se souvient ainsi des grandes crues des hivers de 1993 et 1995, conséquences de la fonte rapide des neiges accumulées. Plus récemment, les crues de novembre 2010 ont durement touché les sous-bassins de la Senne, la Dyle et la Dendre, alors qu'en janvier 2011 c'est quasi toute la Wallonie qui a été affectée. Au printemps ou en été, des orages intenses peuvent générer des inondations par coulées de boue et ruissellement, comme en 2016. Enfin les inondations de l'été 2021 sont considérées comme la plus grave catastrophe naturelle qu'a connu le pays.

On constate que les inondations peuvent se produire en toutes saisons, qu'aucune zone n'est à l'abri (toutes les communes de Wallonie sont considérées comme des zones à risques potentiels d'inondation) et que ces phénomènes semblent s'intensifier ces dernières années.

2/ Le Plan PLUIES et la Directive Inondation

En 2003, suite à des inondations à répétition, le Gouvernement wallon rédige son **Plan PLUIES** (Prévention et Lutte contre les Inondations et leurs Effets sur les Sinistrés).

Celui-ci propose la première carte de l'aléa d'inondation, outil de référence pour les pouvoirs locaux et régionaux lorsqu'il s'agit de remettre un avis ou de délivrer des permis en matière d'aménagement du territoire ou d'urbanisme (CoDT, Art. R.IV.35-1 & D.IV.57).

En 2007, la Directive 2007/60/CE du Parlement européen (dite **Directive Inondation**) impose aux Etats membres de prendre des dispositions pour limiter l'impact des inondations. Elle propose de gérer le risque d'inondation à réviser tous les 6 ans, selon les étapes ci-dessous :

a/ **Evaluation préliminaire** basée sur le relevé de tous les événements d'inondation enregistrés par le passé. Appliquée à la Wallonie, cette analyse montre que les 15 sous bassins hydrographiques sont identifiés comme des zones à risques potentiels significatifs d'inondation.

b/ Une série de cartes

- La cartographie de l'**aléa d'inondation**. La première version, réalisée pour le plan PLUIES, remonte à 2007. Elle a été mise à jour en 2013 et 2020 au regard de la Directive Inondation.
- La cartographie des **zones inondables** (selon 4 scénarios de probabilité ou périodes de retour), réalisée en décembre 2013 et mise à jour en 2020.
- La cartographie des **risques d'inondation**, réalisée en décembre 2013 et mise à jour en 2020.

c/ Les Plans de Gestion des Risques d'Inondation

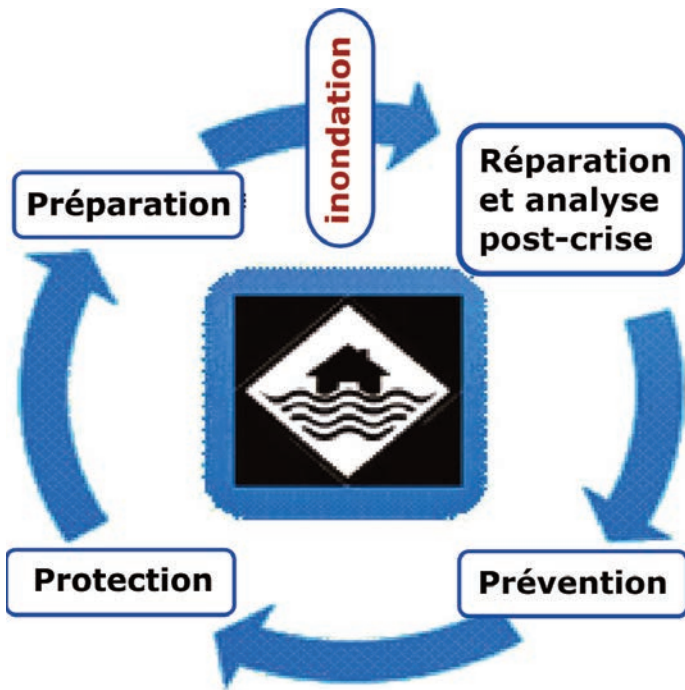
Les PGRI 2016-2021 du cycle 1 ont été approuvés le 10 mars 2016, et ont été mis en œuvre depuis.

Les PGRI du cycle 2 sont en cours de finalisation, les projets seront mis en œuvre entre 2022 et 2027. L'enquête publique concernant ces plans s'est tenue du 3 mai 2021 au 3 novembre 2021.

La prochaine révision des cartes est prévue pour 2025. D'ici là, toutes les données inondations communiquées seront compilées afin d'être intégrées dans les cartes et la stratégie à venir.



Fig. 1. Carte postale illustrant les inondations à Seraing (rue Peetermans) en 1925 et l'approvisionnement en barque des habitants coincés dans leurs maisons (CC).



Prévention	Prévention des dommages causés par les inondations : <ul style="list-style-type: none"> en évitant la construction de maisons et d'industries dans les actuelles et futures zones inondables; en adaptant les récepteurs de risque existants au risque d'inondation, et en veillant à ce que les développements futurs tiennent compte des risques d'inondation; en favorisant une utilisation appropriée des terres.
Protection	Prendre des mesures, à la fois structurelles et non structurelles, afin de réduire la probabilité des inondations à un emplacement spécifique.
Préparation	Informar la population sur les risques d'inondation et les mesures à prendre dans le cas d'une inondation, y compris la gestion de crise (intervention d'urgence); Élaborer des plans d'intervention d'urgence dans le cas d'inondation.
Réparation –analyse post crise	Retour à des conditions normales dès que possible et atténuation des impacts sociaux et économiques sur la population touchée.

Fig. 2. Cycle de gestion des inondations, intégrant notamment le "vécu" et l'expérience des crises passées pour adapter en continu les mesures de prévention et de protection afin de préparer au mieux les interventions à venir.

3/ Quelles données sont compilées et utilisées pour générer ces cartes?

Lors de chaque révision, il s'agit d'utiliser les données les plus complètes et les plus précises pour disposer d'un outil de gestion efficace. Chaque nouvelle crue permet de confronter le modèle aux réalités du terrain et, le cas échéant, d'améliorer et de préciser la délimitation des zones inondables; la collecte d'observations en continu est prévue dans le processus.

Ces données sont combinées pour générer les cartes des zones inondables, la carte de l'aléa d'inondation et les cartes des risques d'inondation. L'emprise des inondations est ainsi cartographiée, selon différents scénarios basés sur des périodes de retour de 25, 50, 100 ans et des crues exceptionnelles (crues centennales augmentées de 30 %).

Pour le volet débordement des cours d'eau, les éléments suivants sont pris en compte:

- Les statistiques hydrologiques : débits moyens horaires, calculés à partir des hauteurs d'eau mesurées par les réseaux limnimétriques du SPW et sur base d'une relation entre la hauteur et le débit (courbe de tarage).
- Les résultats de modélisations hydrauliques. Des crues historiques sont appliquées sur un modèle numérique de terrain (MNT basé sur les images LIDAR) qui délimite les lits mineur et majeur des tronçons de cours d'eau (maillage de 1 m de côté) afin de déterminer

les zones sous eau (et sous quelle hauteur de submersion), selon les différents scénarios.

- Les observations de terrain, en donnant une valeur plus importante aux informations bien documentées, confirmées par des photographies et permettant de situer précisément les zones sous eau lors de crues historiques de référence. Des milliers d'observations plus ou moins précises ont été compilées pour alimenter ce modèle ; la plus vieille remonte à l'an 852 sur la Meuse, en

pleine période Carolingienne !

- La méthode hydro-pédologique se base sur les données de la carte des sols au 1/20.000, afin de repérer et de délimiter les zones anciennement inondées sur base des dépôts alluvionnaires récents cartographiés.

Pour cette donnée, la valeur de submersion (hauteur d'eau) n'est pas connue ; elle est donc par défaut considérée comme "moyenne" dans la grille de détermination de l'aléa.



Fig. 3. Jaugeage à la résurgence de l'Eau Noire (Nismes) pour mesurer les vitesses d'écoulement et pouvoir exprimer le débit en fonction de la hauteur de la colonne d'eau.

- La couche Holocène de la carte géologique. Cette couche renseigne les sols alluvionnaires formés durant l'Holocène, soit une période géologique s'étendant sur les 12 000 dernières années et qui est toujours en cours.

Pour le volet **inondation par ruissellement**, les données de base sont :

- Les relations IDF (Intensité – Durée – Fréquence) qui permettent de générer différents scénarios de pluie, commune par commune (source IRM, 2016).
- Un modèle numérique de terrain (MNT LIDAXE2), basé en grande partie sur les images LIDAR et qui propose une maille de résolution de 2 m au sol pour définir le relief en tout point et les axes d'écoulement qui en découlent.
- Une cartographie des groupes hydrologiques de sol (la nature des terrains influence la perméabilité et donc la proportion d'eau infiltrée par rapport à celle qui ruisselle en surface).
- La cartographie de l'occupation du sol (données SPW Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement) avec un certain nombre de catégories selon l'imperméabilisation qu'elles provoquent (une forêt ou une zone artificialisée par exemple, réagissent très différemment à une pluie intense).
- Une cartographie des vallons secs et de leurs exutoires dans les cours d'eau de surface ; ils peuvent eux aussi être parcourus par des écoulements temporaires en période de crue (254.329 exutoires en Wallonie).

- Les statistiques météorologiques locales (pluviométrie et température) afin de calculer "l'eau utile" et la proportion qui va ruisseler, à la fois par unité de surface et de temps.

Les calculs hydrologiques fournissent une valeur de **débit de pointe** pour chaque maille des axes de concentration de ruissellement. On dispose donc d'une série d'axes d'inondation par ruissellement dont les mailles sont réparties en 3 classes de débit de pointe (faible, moyen ou élevé).

Quelques définitions

Zone inondable

Les zones inondables représentent des surfaces où des inondations peuvent avoir lieu. Elles peuvent avoir deux origines :

- Soit le **débordement** d'un cours d'eau, provoqué par un débit trop important pour rester canalisé entre les berges du ruisseau, amenant la rivière à se répandre dans son lit majeur.
- soit par **ruissellement** (s'accompagnant souvent de coulées de boue). La détermination des axes d'inondation par ruissellement s'obtient par un calcul hydrologique, basé sur la topographie et la taille du bassin et tenant compte d'une précipitation particulièrement intense.

Période de retour

La période de retour d'un événement est l'inverse de sa probabilité d'occurrence. Un événement ayant une période de retour de cent ans (crue centennale) a une chance sur cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Mais il peut aussi se répéter plusieurs fois sur une ou quelques années. La période de retour peut caractériser une pluie ou un débit.

Aléa d'inondation

La valeur de l'aléa d'une zone d'inondation par **débordement** résulte d'un croisement entre la récurrence (période de retour) et la submersion (hauteur d'eau) d'une inondation. Une matrice permet de classer les aléas en 4 catégories : très faible, faible, moyen, élevé. La valeur d'aléa d'un axe d'inondation par **ruissellement** résulte d'un croisement entre récurrence (période de retour de la pluie) et le débit de pointe généré par la pluie en question. Il est calculé en tout point des axes de concentration de ruissellement.

Récepteur de risque (ou enjeu)

Un récepteur de risque ou un enjeu est une personne, un objet, un terrain ou une activité qui pourrait subir un préjudice ou des dommages dans le cas d'une inondation. Parmi les récepteurs prioritaires, on compte les zones urbanisées, les entreprises mais aussi certains sites patrimoniaux de grande valeur.

Risque d'inondation

Le risque d'inondation est le résultat de la superposition des récepteurs de risque sur l'emprise des zones inondables. Le risque est systématiquement plus élevé pour une zone urbanisée ou pour une zone d'équipement que pour une pâture ou une forêt. Les données cartographiques permettent de superposer des éléments liés à l'occupation du sol aux zones inondables, pour établir une **carte des risques**. Les aménagements pour lutter contre l'effet des inondations (digues, barrages, déviation de cours d'eau...) ainsi que des mesures plus diffuses prises en amont doivent en priorité limiter la fréquence et/ou la hauteur d'eau dans ces zones à risque.

Ruissellement

Le ruissellement correspond à la fraction de la pluie qui s'écoule à la surface du sol sans s'infiltrer, jusqu'au cours d'eau. Un sol ruisselle plus ou moins selon son type (sable, limon, argile... déterminant sa perméabilité), son occupation (urbain / prairies / cultures / forêts) et son degré de saturation initial (humidité au moment de la pluie). Par exemple : un sol urbanisé est peu perméable vu les matériaux utilisés (une route bétonnée ruisselle à 100 %) ; un sol gelé ruisselle également à 100 % ; une prairie ruisselle généralement moins qu'une culture et un sol forestier ruisselle relativement peu. Dans des bassins versants plus grands et/ou lorsque la topographie est plus marquée (présence de thalwegs ou petits vallons secs), le ruissellement peut se concentrer. Ces chemins préférentiels de concentration des eaux sont appelés **axes de concentration** du ruissellement.

4/ Différents outils cartographiques

Les produits cartographiques permettant de gérer les inondations sont :

- Les 4 cartes des **zones inondables** (une carte par scénario lié à la périodicité des crues : 25, 50, 100 ans et extrême - soit celle centennale + 30%), comme l'impose la Directive Inondation.
- La carte de l'**aléa d'inondation** synthétise les 4 scénarios précédents (Code de l'Eau, chapitre V, art. D53.1 à 11). Elle constitue l'outil de remise d'avis dans le cadre des demandes de permis pour la Région wallonne.
- Les 4 cartes des **risques d'inondation** (une carte par scénario) évaluent l'impact d'une inondation en intégrant les récepteurs de risques (liés à l'occupation du sol). Ce document imposé par la Directive Inondation a été transposé dans le Code wallon de l'Eau.

Nous détaillons les deux dernières familles de cartes, vu l'importance qu'elles ont dans la prévention des inondations.

4. a Carte de l'aléa d'inondation

Les zones soumises à l'aléa d'inondation ne sont pas forcément des zones qui ont déjà été inondées, mais bien qui sont susceptibles de l'être au regard des scénarios retenus (25, 50, 100 ans et extrême). Ainsi, un terrain non soumis à l'aléa pourrait très bien être inondé à un moment donné, si les conditions climatiques s'avèrent plus sévères que le scénario "extrême" retenu.

La valeur de l'**aléa d'inondation par débordement de cours d'eau** résulte d'un croisement entre la **réurrence** de l'inondation (période de retour de débit ou occurrence provoquant le débordement) et la **profondeur** de submersion (hauteur d'eau). Cette valeur n'est pas influencée par l'affectation ou l'occupation du sol. Une **grille de détermination** est appliquée à chaque donnée de base pour déterminer la valeur de l'aléa d'inondation par débordement de cours d'eau. Les 4 valeurs possibles sont : très faible, faible, moyen et élevé.

En abscisse, la **submersion** : soit une hauteur d'eau ou une profondeur de submersion. La valeur de la hauteur d'eau peut être connue sous forme réelle (de 0 à l'infini, avec d'éventuelles décimales) ou sous forme binaire (oui / non – submergé ou non). Par exemple, lors d'un vol en hélicoptère, il est possible de voir si une zone est inondée mais pas de connaître la hauteur d'eau. En revanche, la modélisation hydraulique permet d'obtenir une hauteur d'eau en tout lieu du tronçon modélisé.



Fig. 4. Inondation par ruissellement sur terres agricoles (photo par drone - D. Magottaux, juin 2021).

3 **classes** de submersion ont été retenues pour la matrice de l'aléa d'inondation : hauteur d'eau <30 cm ; entre 30 et 130 cm ; >130 cm. Sous certaines conditions, un **cliquet positif** peut être activé (si la vitesse de courant est supérieure à 1 m/s, et si la durée de submersion est supérieure à 3 jours). Ces cliquets positifs (+) agissent sur la submersion et donc indirectement sur la valeur de l'aléa.

En ordonnée, la **réurrence**, qui peut être déterminée grâce à deux variables :

- la **période de retour** des débits nécessaires pour provoquer le débordement - calcul statistiques sur une série historique de débits ou via un modèle hydrologique intégré ;
- l'**occurrence** de l'inondation, déterminée sur base d'observations de terrain.

4 **classes** de réurrence sont choisies dans la matrice :

- pour une période de retour de débit supérieure à 100 ans OU pour une occurrence très rare (une fois en 50 ans) ;
- pour une période de retour de débit entre 51 et 100 ans OU pour une occurrence rare ou indéterminée (moins d'une fois en 10 ans) ;
- pour une période de retour de débit entre 26 et 50 ans, en prenant la période de 50 ans comme référence de calcul OU pour une occurrence occasionnelle (1 à 2 fois en 10 ans) ;
- pour une période de retour de débit inférieure ou égale à 25 ans OU pour une occurrence fréquente (plus de 2 fois en 10 ans).

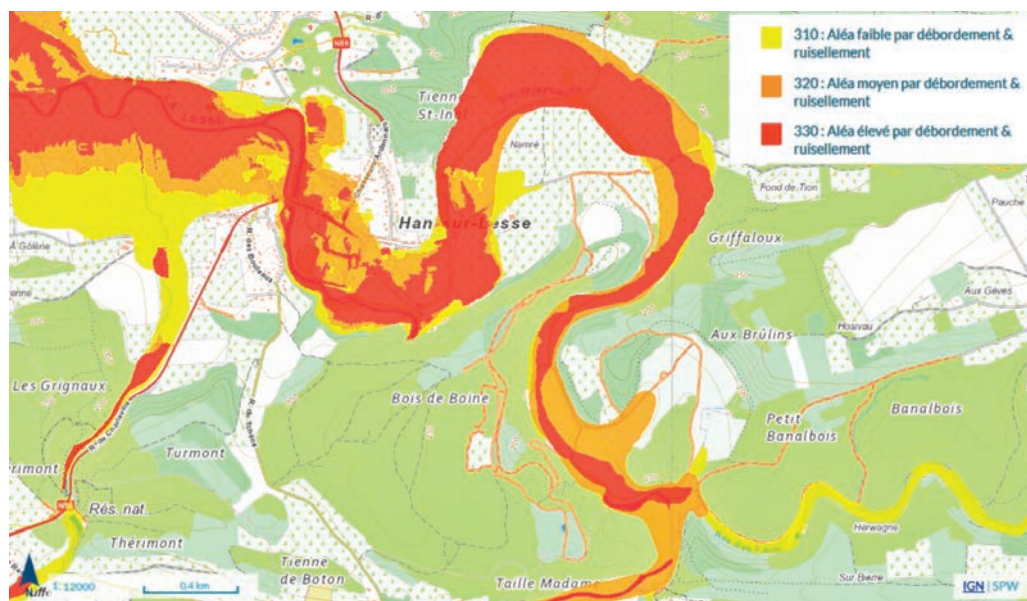


Fig. 5. Zones d'aléas d'inondation définies à Han-sur-Lesse (massif de Boine et Chavée). Ces données sont accessibles librement et régulièrement mises à jour sur Walonmap. Elles doivent être consultées lors de l'octroi de permis.

Aléa d'inondation par débordement

Grille de détermination

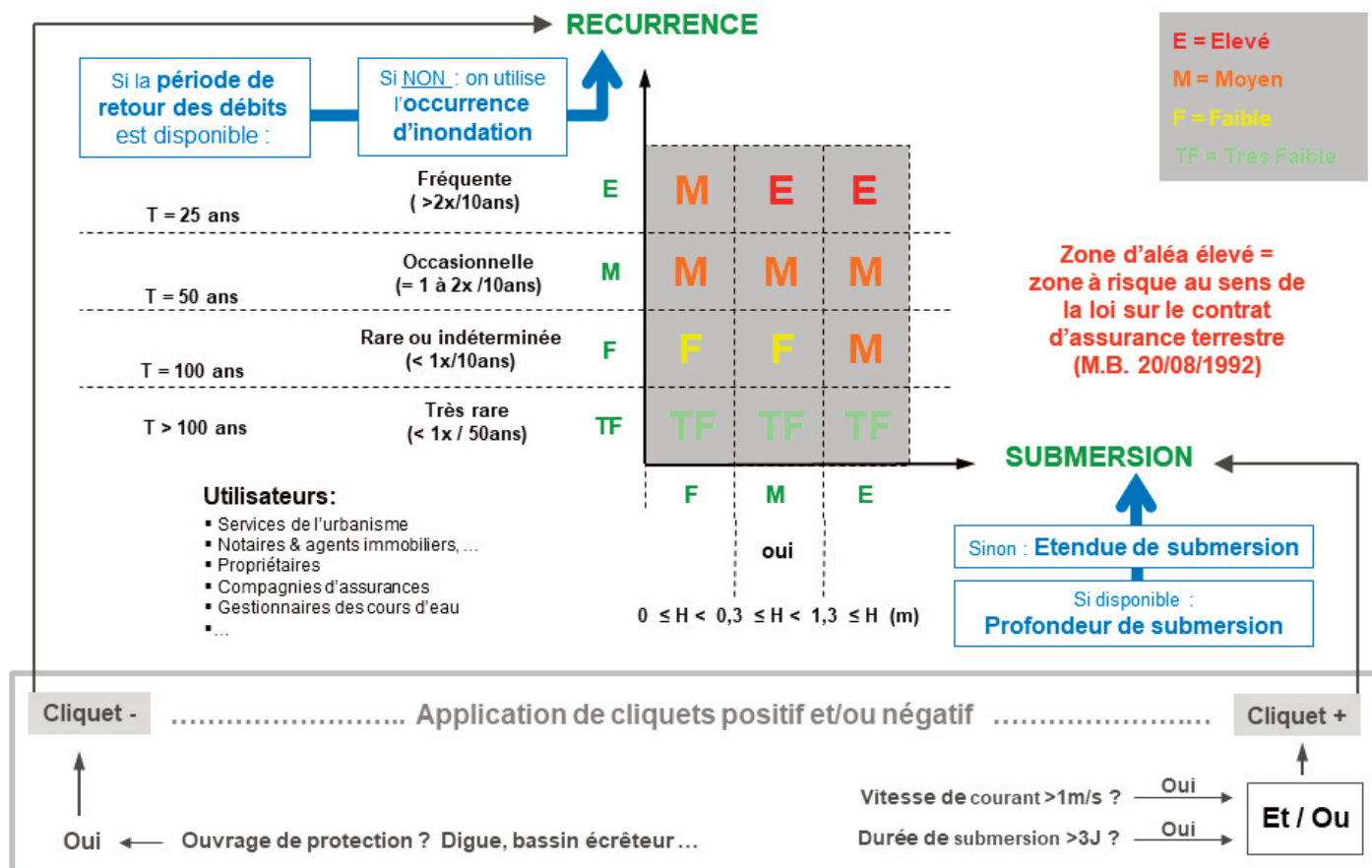


Fig. 6. Matrice décisionnelle croisant les occurrences et les hauteurs d'eaux des inondations passées pour définir le degré d'aléa d'un terrain.

4. b. Carte des risques d'inondation

La carte des risques d'inondation se base sur l'emprise des zones inondables pour chacun des scénarios et sur la localisation des récepteurs de risque (ou enjeux). Elle permet de situer les dommages potentiels d'ordre humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux associés aux inondations.

Les éléments jugés comme sensibles et pris en compte sont :

- La population potentiellement touchée : soit la somme des habitants référencés par Statbel au sein des secteurs statistiques concernant chaque cours d'eau ;
- Les activités économiques ;
- Les installations susceptibles de provoquer une pollution accidentelle en cas d'inondation ;
- Les zones naturelles protégées (basé sur la Directive Habitat) ;
- Les autres installations et éléments vulnérables tels que le patrimoine architectural, les services de secours, les hôpitaux...

Ces récepteurs de risque sont cartographiés pour les quatre scénarios T.025 (période de retour de 25 ans), T.050 (50 ans), T.100 (100 ans) et T.ext (extrême). Pour chaque scénario, il est tenu compte des inondations par débordement de cours d'eau mais aussi par ruissellement.

4.c Mise à jour des cartes

La version actuelle de la carte des zones inondables a été mise à jour en 2020. Il en va de même pour la carte des aléas et des risques d'inondation.

La prochaine mise à jour est prévue pour 2025. Tous les compléments et modifications seront pris en compte. Il peut s'agir de :

- L'acquisition de séries hydrologiques plus complètes ;
- Les changements climatiques modifiant les débits, les pluies et périodes de retour des scénarios considérés ;
- Une modification locale de la topographie influençant le caractère inondable ;
- De nouvelles données issues de la modélisation et d'observations de terrain ;
- L'intégration de nouvelles données altimétriques plus précises (survol LIDAR) ;
- L'acquisition de nouveaux levés topographiques des lits mineurs des cours d'eau.

Chaque phase d'actualisation fait l'objet d'une enquête publique. Les citoyens et les autorités peuvent donner leur avis et commenter ces documents. L'ensemble des remarques sont traitées et analysées, car elles peuvent apporter des éléments à même d'améliorer et de corriger localement le modèle.

LA RÉPONSE KARSTIQUE FACE À UNE CRUE OU UNE INONDATION

Du point de vue hydrologique, les terrains calcaires, en particulier lorsqu'ils sont karstifiés, offrent une perméabilité en grand et des capacités d'infiltration bien supérieures aux autres roches cohérentes de Wallonie (grès, schistes...). Cette caractéristique a pour conséquence que de nombreux vallons calcaires sont exempts d'écoulements en surface.

Malgré des bassins d'alimentation de taille parfois importante, les eaux circulent principalement souterrainement par le biais d'une infiltration diffuse rapide et/ou de points de perte ponctuels (chantoirs). Une fois sous terre, ces eaux, bien qu'elles puissent connaître un stockage temporaire dans l'épikarst, rejoignent la nappe et s'écoulent dans des aquifères de fissure karstifiés.

1/ De bonnes capacités d'infiltration et de stockage

Les aquifères karstiques comportent de larges fissures élargies par la dissolution d'un réseau de fractures initiales de la roche (tectonique, strates et diaclases). Ceci offre au calcaire une perméabilité en grand, une bonne capacité de stockage et des vitesses de circulation élevées.

Au cours du temps, les axes de drainage empruntés par les eaux souterraines vont s'élargir par corrosion, en particulier si l'eau qui s'y écoule est chimiquement agressive et régulièrement renouvelée (nécessitant un écoulement).

Cette grande perméabilité et l'importante capacité d'absorption et d'infiltration depuis la surface (particulièrement quand le calcaire est à nu) sont des éléments limitatifs pour la fréquence et l'impact des inondations. En effet, que ce soit via l'infiltration diffuse (qui limite le ruissellement) ou les points de pertes ponctuels (comme les chantoirs et les dolines absorbantes), l'évacuation et le stockage de l'eau vers le milieu souterrain permet de réguler et de retarder la montée des eaux en surface.

Même si les circulations souterraines dans le karst sont nettement plus rapides que dans d'autres aquifères, ce temps de transfert reste très largement supérieur à celui d'une rivière aérienne et/ou à du ruissellement.

Le **lissage du pic de crue** pourra donc bien s'effectuer lorsqu'on privilégie la recharge des nappes calcaires plutôt que l'écoulement en surface.

Dans tous les plans et projets d'aménagement du territoire, le maintien de surfaces perméables est aujourd'hui une priorité pour limiter l'impact des inondations. Cette recommandation s'est généralisée dans les zones en cours d'urbanisation qui ont autrement une fâcheuse tendance à imperméabiliser le sol et à favoriser le ruissellement.

Lorsque l'infiltration fonctionne correctement, l'aquifère fait office de zone tampon, permettant d'amortir la montée des eaux pour la restituer progressivement aux rivières, via des sources et/ou des débordements de nappe. Ceci est particulièrement efficace avec des réservoirs calcaires.

Du point de vue hydrologique, si les activités en surface n'ont pas modifié ses capacités d'infiltration, un aquifère karstique fonctionne dans bien des cas, comme un bassin d'orage souterrain et naturel !



Fig. 7. Les travaux réalisés pour lutter contre les inondations en milieu urbain s'inspirent de la nature... en particulier du karst, avec des équipements qui "copient" les capacités d'infiltration et de stockage des aquifères calcaires !

2/ Des systèmes très réactifs avec un “effet de surprise”

Sur la seule base de la nature infiltrante des terrains karstiques, les problèmes d'inondation **devraient être nettement moins importants** en zone calcaire qu'ailleurs. Or, on a pu constater que des coups d'eau ravageurs se sont AUSSI produits en zone karstique. Ceux-ci ont pu avoir des conséquences particulièrement néfastes, du fait d'un manque de prévention et de préparation à de tels événements.

En 2011, le SPW a demandé à la CWEPPS d'évaluer l'impact du karst sur l'aléa d'inondation. Il s'agissait de confronter les données historiques et les observations de terrain aux premières cartes des aléas par débordement de cours d'eau (établies dès 2003).

Nos investigations (intégrant les inondations de janvier 2011 liées à la fonte des neiges) ont pu démontrer dans une série de cas qu'une attention particulière devait être apportée aux inondations affectant les zones calcaires.

Les cartes du Plan PLUIES n'avaient pas suffisamment tenu compte de l'impact et du fonctionnement très spécifique du karst sur l'aléa d'inondation. L'existence d'axes d'écoulements souterrains privilégiés (parfois indépendants de la topographie), les vitesses des eaux dans la nappe, l'existence de points de perte et de grosses émergences alimentées par des collecteurs, rendent ces zones particulièrement délicates à modéliser.



Fig. 8. Le vallon sec de Mont (Profondeville), transformé en véritable étang temporaire en janvier 2011. Les pluies et la fonte des neiges ont provoqué un apport d'eau supérieur aux capacités d'absorption des chantoirs de ce fond calcaire.

La méthode hydropédologique, basée sur les dépôts alluvionnaires tel que définis sur la carte des sols, a été très largement utilisée dans le cadre de la cartographie du Plan PLUIES (2003-2007) pour les cours d'eau et ruisseaux de catégories inférieures. Elle peut présenter certaines limites dans les bassins karstiques, où la présence (ou l'absence) d'alluvions modernes ne peut systématiquement servir d'indice infaillible pour délimiter les zones menacées par une crue.

L'absence d'écoulement d'eau dans les vallons à sec en temps normal contribue fortement à l'effet de surprise au moment d'une mise en charge, suite à un orage violent. En cela, l'inclusion des inondations par ruissellement complète utilement la cartographie des aléas par débordement de cours d'eau.

L'urbanisation s'est parfois développée en négligeant la présence d'axes de circulation karstique. Or, lorsque leur débit dépasse un certain seuil, ces “rivières souterraines” saturent et débordent en surface, noyant pendant quelques heures des terrains parfois étendus et imprudemment urbanisés.

Sur ces mêmes axes de drainage karstique, le soutirage qu'entraînent les écoulements peut provoquer la formation d'effondrements et d'autres problèmes liés à la stabilité des sols.

En de nombreux lieux, les deux risques tendent à se combiner ! Les violents coups d'eau qui provoquent des inondations dans les vallons secs karstiques sont souvent suivis d'une phase d'effondrement, une fois le karst vidé de ses dépôts meubles qui pouvaient auparavant soutenir les terrains qui le surplombent.



Fig. 9. Suite aux inondations du 22 juillet 2021 à Emines (La Bruyère), un effondrement s'est brusquement ouvert dans un champ à moins de 50 m de l'autoroute E42. Les eaux de ruissellement de la voie rapide et du caniveau y sont absorbés vers le sous-sol calcaire.

3/ Maximaliser la valorisation des observations de terrain pour une meilleure prévention

Les enquêtes de terrain, les données historiques et les observations précises lors des crues sont précieuses pour calibrer et affiner la délimitation des périmètres des zones inondables, en particulier dans les vallons karstiques. Il est donc intéressant que toute observation réalisée sur le terrain soit valorisée et transmise à la *Direction des Cours d'Eau non navigables* qui coordonne la délimitation des zones inondables.

Lors de nos recherches en 2011, nous avons regroupé un maximum de données concernant les épisodes de crue ayant affecté des vallons karstiques à sec en temps normal. Les données parfois anciennes, permettaient rarement de quantifier ces inondations dans le temps. Il était de ce fait difficile de les intégrer dans la matrice décisionnelle Récurrence / Submersion utilisée pour la détermination de l'aléa d'inondation (fig. 6).

Les témoignages recueillis sont souvent approximatifs quant aux dates et à l'extension des zones sous eau. Les indications de hauteur d'eau restent très parcellaires, parfois incohérentes d'un témoignage à l'autre. Les données se limitent généralement aux zones déjà urbanisées où elles sont associées aux dégâts et au niveau d'eau atteint dans les maisons. Les témoignages ne font généralement pas de distinction entre débordement de cours d'eau et inondations liées au ruissellement.

Enfin, un certain nombre de données anciennes sont parfois "dépassées" ou inadéquates, du fait d'aménagements plus récents (digues, murs anti-crues, drains, barrages...) construits pour réguler les cours d'eau et réduire les risques d'inondation... qui peuvent alors parfois simplement se déplacer, voire amplifier le problème vers l'aval.

Pris individuellement, les témoignages des inondations passées ne fournissent pas d'informations sur la récurrence des crues. Ils s'avèrent néanmoins précieux pour délimiter (avec un certain degré de précision) la zone sous eau, surtout quand ils s'accompagnent de photos et de relevés cartographiques. Ainsi, les deux crues suivies lors de notre étude (novembre 2010 et janvier 2011) ont permis de confronter la carte des aléas d'inondation avec le report des zones effectivement inondées.

A l'avenir, avec la généralisation des moyens cartographiques et photographiques à portée de tous (téléphones avec appareils photos et gps), chacun est en mesure de réaliser ce genre de relevés, avec un meilleur degré de précision. Pour le karst en particulier, pouvoir pointer les hauteurs d'eau non seulement à l'extérieur mais aussi dans des conduits et des rivières souterraines, permettra de fournir des données nouvelles pour mieux gérer les inondations en terrain calcaire.



Fig. 10. Niveau maximum des eaux atteint dans la grotte des Emotions (Ferrières), dans une salle où il n'y avait JAMAIS eu d'eau auparavant ! Les traces laissées par la boue indiquent précisément jusqu'où l'eau est montée (photo P. De Bie).



Fig. 11. Débordement de la Lomme en amont de Rochefort (avec le Nou Maulin à l'avant-plan). Le secteur étant totalement inaccessible, le recours à un drone a fourni des données précises sur l'extension maximale des eaux le 15 juillet 2021 (photo Ben Heine - <https://benheine.com/fr/>).

4/ Quels sites karstiques peuvent avoir un impact sur les zones inondables?

La prudence est de mise lors de l'urbanisation de **vallons secs**, car dans ces fonds de vallée apparemment à l'abri de tout risque d'inondation (vu l'absence d'eau !), la reprise temporaire d'un écoulement en surface est souvent violente et à l'origine de nombreux dégâts.

Une même prudence est de mise **en aval des grosses émergences karstiques**. Celles-ci peuvent se mettre en charge très rapidement et voir leur débit se multiplier par 100, voire 1000, en quelques heures à peine, vu les vitesses d'écoulement qui les caractérisent.

De nombreux traçages démontrent que ces écoulements souterrains sont nettement plus rapides en crue qu'à l'étiage. Dans ce cas, le pic de crue ne sera que très peu étalé. Il arrive même que des **émergences "fossiles" perchées** au-dessus du niveau des circulations habituelles, se mettent en charge et "dégueulent" sur des secteurs normalement à sec. C'est à l'aval de ces résurgences que les impacts seront les plus marqués.

L'effet particulier des inondations en zone karstique est particulièrement évident autour des **chantoirs et des points de perte**: lorsque le flux d'eau dépasse la capacité d'absorption d'une perte, le système sature et les eaux retrouvent un écoulement en surface.

L'effet en termes d'inondation s'applique le plus souvent **vers l'aval**: les eaux habituellement souterraines dépassent la perte et retrouvent leur parcours aérien jusqu'à une rivière réceptrice et/ou un



Fig. 12. Dans le Vallon des Chantoirs, au sud de Deigné, mise en charge d'une résurgence (à sec hors crue) qui noie complètement les terrains et la route en aval.

autre point d'absorption en aval, dont la capacité d'infiltration reste effective dans un premier temps... et ainsi de suite.

Le méandre de Han - Belvaux est le cas le plus célèbre et le mieux documenté en Wallonie : lorsque le débit de la Lesse dépasse 25 m³/s au gouffre de Belvaux, la capacité d'absorption de celui-ci est dépassée. On dit alors que la Lesse "tourne" : elle retrouve son cours aérien, noyant la Chavée, vaste méandre à sec en temps ordinaire. A l'aval de Belvaux, il existe au moins 3 points de perte temporaires qui absorbent le surplus d'eau, jusqu'au moment où leur capacité

d'infiltration est à son tour dépassée, laissant le surplus d'eau poursuivre sa route en surface.

Selon la morphologie du point de perte, l'inondation provoquée par sa saturation peut également s'exercer **vers l'amont**. C'est le cas pour les pertes situées à la terminaison d'une vallée aveugle : faisant barrage, celle-ci provoque l'ennoiement du vallon en amont.

De manière générale, il s'agit donc d'évaluer l'effet d'une montée des eaux **tant en amont qu'en aval** des points de perte. Là encore, c'est la gestion des pics de crue qui est problématique, dépendant du bassin d'alimentation, de sa pente, de l'occupation du sol et de la nature géologique plus ou moins perméable des terrains.

5/ Une inondation, ce n'est pas "que de l'eau"...

En crue, l'eau a une capacité de transport très importante. Lorsque son débit gonfle, un simple ruisseau est en mesure d'entraîner vers l'aval une quantité de **matière solide en suspension** assez impressionnante. Après certains coups d'eau, les berges et le lit des rivières peuvent être fortement modifiés, avec des déplacements de matières et de blocs de plusieurs dizaines (voire centaines) de kg sur de grandes distances.

Dans le cas du karst, ces éléments flottés s'accumulent à l'entrée des points de perte, dont ils peuvent réduire drastiquement la capacité d'infiltration, augmentant d'autant les risques de débordement vers l'amont ou l'aval.



Fig. 13. La saturation du chantoir du Rouge Thier (Aywaille) provoque une montée des eaux vers l'amont, noyant tout le vallon à fond plat qui aboutit à la perte, et laissant le moulin sous plus d'un mètre d'eau (photo J.-C. London - 16 juillet 2021).

Comme l'ont constaté de nombreux spéléologues, les crues font "perdre" l'accès à bien des grottes, dont les conduits étroits se trouvent totalement bouchés par ces apports terrigènes.

À certains endroits, des grilles ou barrages placés en amont permettent de limiter la constitution de tels bouchons.

À Rochefort, le Nou Maulin est par exemple équipé d'une telle grille, qui doit être nettoyée après chaque gros coup d'eau.

Lors des crues de 2021, la montée des eaux s'est également accompagnée de **pollutions**, parfois importantes et inquiétantes. Aujourd'hui, la Wallonie doit gérer plusieurs milliers de tonnes de déchets qui ont été transportés et déposés par les flux. Les eaux ont également par endroits été contaminées par des hydrocarbures, lorsque la crue a emporté des citernes à mazout. Pendant plusieurs semaines, des odeurs de gasoil étaient bien perceptibles dans un certain nombre de cavités.

Il n'est pas possible d'estimer les conséquences écologiques d'une telle pollution... ni l'incidence sur la nappe et les réserves en eau potable, mais c'est un élément qui doit également être surveillé.

6/ Du "plein" et du "vide"

Nous avons par ailleurs relevé (pour les inondations de juillet 2021 mais aussi pour des épisodes plus anciens, à des échelles souvent plus locales) que l'apport brutal d'eau peut très notablement réactiver le karst. De nombreux nouveaux effondrements se sont ainsi ouverts dans l'axe de vallons karstiques dans les semaines qui ont suivi les crues. L'impact peut donc s'avérer déterminant également sur les **contraintes karstiques**.

Ces deux risques naturels, loin de se neutraliser, ont plutôt tendance à avoir un effet cumulatif. Il y a lieu de prendre en compte leurs "interférences" dans toute décision concernant l'aménagement du territoire et l'octroi de permis en zone calcaire.



Fig. 14. La grille du Nou Maulin (Rochefort) couverte de déchets et d'éléments flottés apportés par la Lomme en crue qui se déverse dans la grotte. Cette situation se répète après chaque période de hautes eaux, imposant un nettoyage systématique (photo M. Legros).



Fig. 15. Le vaste effondrement de Neufvilles (Soignies) s'est ouvert à la fin du mois de juin 2021, après de très fortes pluies. Cet apport d'eau massif, a engendré un soutirage qui, à son tour, a provoqué la rupture de 2 canalisations d'eau. Le karst sous-jacent a été vidé de son remplissage, aboutissant à l'effondrement de la route et à la formation d'un fontis atteignant 50 m de long.

LES CRUES DE JUILLET 2021 - QUESTIONS / RÉPONSES

Les inondations qui ont frappé la Wallonie et en particulier le nord-est de la région (bassin de la Vesdre), ont eu des conséquences dramatiques et inédites. S'agit-il pour autant de crues exceptionnelles du point de vue météorologique et climatique ? Nous avons interrogé la Direction des Cours d'Eau Non Navigables (DCENN) du SPW qui est en première ligne dans la gestion et l'évaluation des inondations et qui suit en continu l'état des cours d'eau, des débits et des précipitations. C'est également cette Direction qui est à la manœuvre pour la conception et la mise à jour des différentes cartes des zones inondables, des aléas et des risques (présentées précédemment).

Les informations qui suivent sont un résumé des échanges que nous avons eu avec les gestionnaires du réseau de mesure des cours d'eau, que nous avons synthétisés librement. Ces propos n'engagent donc aucunement le SPW ; ils ont pour objectif de mieux rendre compte de l'intensité des conditions climatiques du moment et du type de dispositif existant en Wallonie, pour suivre ce type d'évènement et le cas échéant alerter les autorités locales et les citoyens.

1. Comment fonctionne le réseau de mesure du niveau des cours d'eau qui suit l'évolution des crues ?

La Région wallonne dispose de deux réseaux de mesures du niveau de ses cours d'eau.

Le réseau **AQUALim** est géré par la Direction des Cours d'Eau Non Navigables (DCENN). Ses 253 stations (réparties essentiellement sur les cours d'eau de première catégorie et deuxième catégorie) enregistrent les hauteurs d'eau, qui sont ensuite télétransmises par le réseau GSM/GPRS.

En mode de gestion normale, les données sont mesurées toutes les 10 minutes et envoyées toutes les heures au dispatching de surveillance du réseau. En cas de dépassement du seuil d'alarme (situation de crue), les envois se font toutes les 5 minutes afin d'offrir une meilleure réactivité.

La hauteur d'eau est mesurée soit à l'aide d'un capteur de pression, soit à l'aide d'un RADAR. Le premier se place sous l'eau et utilise le poids de la colonne d'eau pour en estimer la hauteur. Le second système est fixé hors de l'eau (souvent à un pont perpendiculairement au flux). La distance qui le sépare de l'eau permet d'enregistrer les fluctuations de hauteurs et de prévenir les crues.

Quelle que soit la technique utilisée, un jaugeage est ensuite nécessaire pour calculer le débit. Ce jaugeage consiste à mesurer la vitesse d'écoulement en différents endroits et sur différentes hauteurs dans une section d'un cours d'eau. On établit ensuite une courbe de tarage définissant la relation hauteur / débit pour une section donnée. Une validation est nécessaire et des contrôles (nouveaux jaugeages) réguliers, en particulier si le lit du cours d'eau a été quelque peu modifié (par des aménagements sur les berges ou simplement par l'évolution naturelle de la morphologie du cours d'eau).



Fig. 17. Portail WalHydro situant les équipements de mesure du débit des cours d'eau gérés par le Service Mobilité et Infrastructure et le SPW ARNE

La **Direction des Voies hydrauliques** dispose de son propre réseau de mesures. Celui-ci se concentre sur les cours d'eau de plus grande importance, en particulier sur les **voies navigables**. Les mesures de débit sont souvent couplées avec des pluviomètres, permettant non seulement de suivre l'évolution du débit dans la rivière mais également les apports complémentaires par les pluies et le ruissellement. Pour les précipitations, les mesures effectuées au moyen des pluviomètres sont complétées par les données des radars météorologiques de l'Institut Royal Météorologique (IRM) et de MétéoFrance. Ces radars fournissent toutes les 5 minutes une image cartographique représentant l'intensité des précipitations en cours.

Ce réseau limnimétrique comprend plus de 200 stations de mesures. Sur base de ces données, une application dédiée appelée WACONDAH est disponible. Elle donne la situation hydrologique détaillée rivière par rivière et l'état actuel vis-à-vis du risque de crue. Cette application est plutôt destinée aux riverains et aux autorités locales responsables des secours en cas d'inondation par débordement des rivières. L'état de pré-alerte ou d'alerte de crue défini dans cette application ne fait référence qu'au risque hydrologique (débordement). Elle prévoit trois classes d'alerte avec des codes couleurs clairs : vert = situation normale, orange = phase de pré-alerte de crue, rouge = phase d'alerte de crue.

Début 2022, il est prévu de totalement **intégrer ces deux réseaux de données** complémentaires, pour bénéficier d'un dispositif de suivi et d'alarme plus précis et réactif afin d'avoir les informations les plus pointues au moment de gérer des inondations.



Fig. 16. AQUALim : réseau de mesure limnimétrique de la Direction des Cours d'Eau Non Navigables.

2. Peut-on quantifier les crues de juillet 2021 ? Sont-elles exceptionnelles du point de vue hydrologique ?

L'étendue de la zone touchée par les crues de cet été est exceptionnelle. On est loin de l'effet d'un orage localisé qui peut noyer un vallon et/ou créer une coulée de boue impressionnante mais limitée à un versant. La carte de l'état des cours d'eau et des alertes de crue sur le réseau hydrographique wallon montre que, au 15/07/2021, 2/3 de la Wallonie (soit 27 bassins) étaient repris en zone rouge. L'intensité des pluies enregistrées sur 72h à partir du 13 juillet, surtout sur l'est du pays (en Belgique, les plus gros volumes au m² sont tombés sur les Hautes Fagnes), a été à l'origine d'un gonflement très rapide et généralisé des petits affluents qui se déversent vers la Vesdre, l'Amblève et l'Ourthe.

Les 13-14 juillet, les pluviomètres du Service Public de Wallonie ont enregistré sur 48h les précipitations suivantes :

- Jalhay : 271,5 mm de pluie
- Spa : 217,1 mm
- Mont Rigi (station IRM) : 192 mm

Soit à peu près 200 litres/m² tombés sur le plateau des Hautes Fagnes en 2 jours ! D'après les courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) de l'IRM, une telle quantité de précipitations a une période de retour largement supérieure à 100 ans.

Cette déferlante va avoir des conséquences catastrophiques vers l'aval, particulièrement sur les villes et villages situés le long des cours d'eau récepteurs. Elle est directement liée aux précipitations extrêmes tombées sur de grandes superficies ; le tout sur un sol déjà gorgé d'eau, donc aux capacités d'infiltration fortement réduites.

La topographie générale de la zone a également accéléré le processus : les fortes pentes entre le plateau ardennais et les fonds de vallées ont accéléré les écoulements et provoqué un pic de crue particulièrement prononcé.

A titre d'exemple, les hauteurs d'eau enregistrées sur la Vesdre (le bassin le plus touché) à Chaudfontaine, étaient plus de 2,5 m au-dessus des niveaux atteints lors des inondations de septembre 1998 et de janvier 2011. Le 15/07/2021 à la mi-jour-

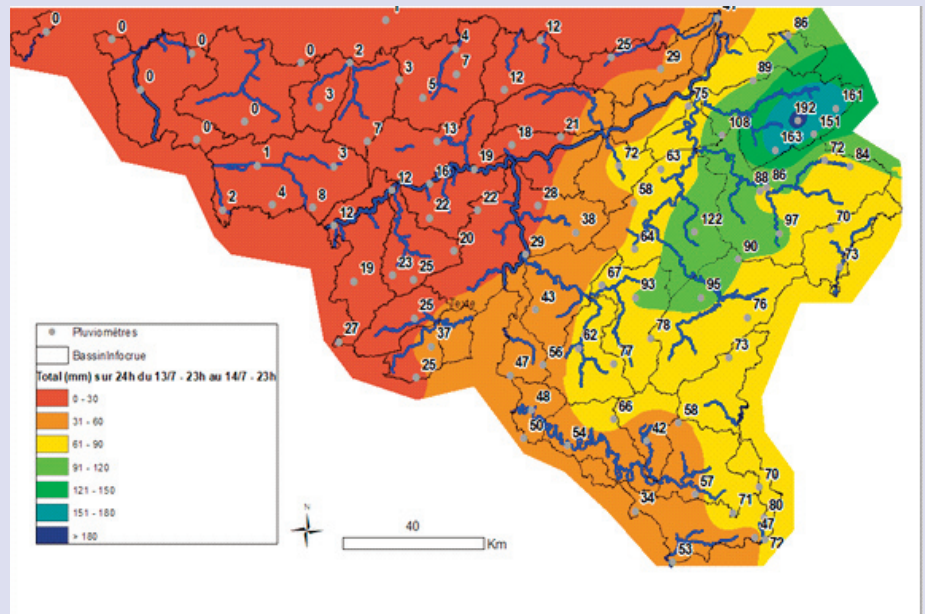


Fig. 18. Isohyètes (courbes de quantités de précipitations cumulées) sur 24h, 13 -14 juillet 2021.

née, l'eau atteignait une hauteur jamais enregistrée de 6,65 m. Toutes les stations de la vallée de la Vesdre ont été détruites ou arrachées par la puissance des flots.

A l'heure actuelle, il reste difficile de quantifier précisément la crue de juillet partout en Wallonie, en particulier dans les zones les plus touchées. En effet, la montée des eaux a été telle que bon nombre de limnimètres ont été noyés voire carrément détruits par la crue.

C'est donc sur base d'observations ponctuelles, de jaugeages et de mesures à des points stratégiques, réalisés lors des inondations, que l'on tente de reconstituer au mieux les débits.

La restauration d'un réseau de mesure plus résilient constitue une priorité pour le suivi des cours d'eau. Ces équipements sont en effets essentiels pour pouvoir suivre et prévenir les montées de niveaux et gérer les débits des cours d'eau.

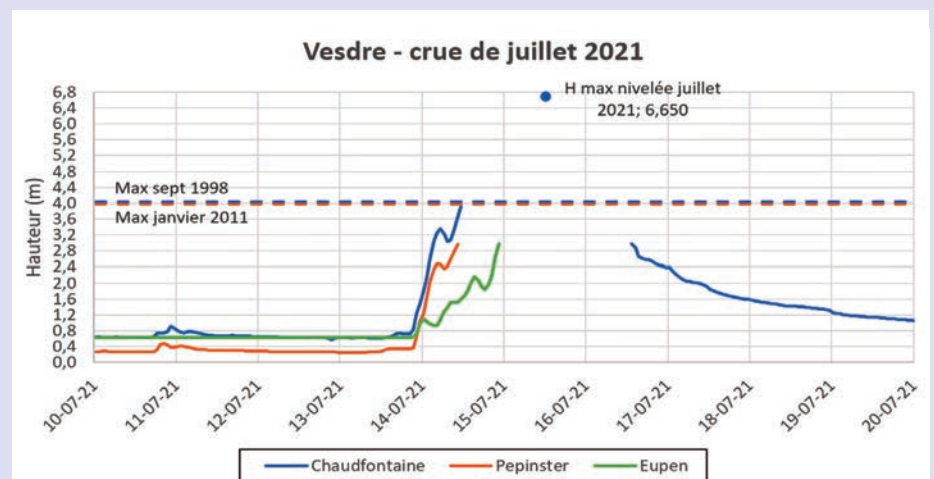


Fig. 20. Relevé des hauteurs d'eau dans la Vesdre à Eupen, Pepinster et Chaudfontaine en juillet 2021. Les valeurs manquantes font suite à l'arrachage du système de mesure par les flots !

Cette refonte du système de mesure s'accompagnera également d'une intégration totale des deux réseaux limnimétriques en un seul outil consultable par tous.

Période	Hauteur d'eau / Débit
Janv. 2011 (crue historique)	3m42 – 200 m3/s
10/07/2021	0m80 – 9,5 m3/s
15/07/2021 (pic de la crue)	6m65 - >>> 600 m3/s
01/12/2021	0m80 15/11 – 9,5 m3/s
En étiage prononcé (été 2020)	0m40 – 2m3/s

Fig. 19. Hauteur d'eau & débit enregistrés sur la Vesdre au niveau de la station de Chaudfontaine.

3. En quoi cet événement va-t-il modifier la gestion du territoire ? Quelles sont les mesures à envisager en priorité pour éviter qu'une telle catastrophe ne se répète ?

Le traumatisme qui fait suite à un événement d'une telle ampleur reste bien présent et, contrairement aux épisodes d'inondation précédents qui avaient été assez vite oubliés, il restera gravé dans les mémoires pour très longtemps. Par ailleurs, le travail de reconstruction reste entièrement à faire. Il n'est pas aujourd'hui concevable de « reconstruire à l'identique » et aux mêmes endroits, dans l'attente de la prochaine montée des eaux.

Quels que soient les **travaux à venir**, des précipitations aussi intenses et des niveaux de crues similaires à ceux de juillet 2021, engendreront toujours des inondations. Il s'agit donc de prendre les mesures pour tout à la fois protéger localement les zones les plus à risque (considérées comme stratégiques), pour éviter de construire dans ces zones d'aléa et pour retenir temporairement l'eau (en différents endroits des bassins versants) afin de retarder son écoulement et ainsi limiter la hausse des niveaux.

Des mesures sont à l'étude à l'échelle de **l'aménagement du territoire** dans son ensemble. Il s'agit de gérer les inondations non seulement aux endroits où celles-ci font des dégâts, mais aussi sur **l'ensemble du bassin d'alimentation**, par le maintien, voire la création de zones pouvant être inondées, d'une meilleure perméabilité du sol et de toute mesure pouvant favoriser la rétention temporaire d'eau et ainsi lisser les pics de crue. C'est cette "hauteur maximale des eaux" aux points sensibles qu'il y a lieu de faire baisser pour limiter les conséquences des inondations.



Fig. 20. Pepinster ravagé par la Vesdre qui a éventré des maisons (photo F. Polrot, 17/07/21)

Il reste le problème majeur des habitations situées en zone inondable. Les bâtiments qui existent doivent être protégés au mieux avec des murs anti-crues, des rehausseurs de berges. Ces aménagements sont par définition ponctuels et déplacent le problème et le flux plus en aval. Là aussi, ils doivent s'intégrer dans un plan général amont-aval de l'écoulement des eaux.

Quant aux **nouvelles constructions**, depuis 2017, les communes doivent obligatoirement :

- consulter la cellule GISER (Gestion Intégrée Sols – Erosion – Ruissellement) en cas de demande de permis de construction dans une zone inondable par ruissellement ;
- tenir compte des cartes d'aléa d'inondations (par débordement de cours d'eau).

Toutefois, ces avis restent consultatifs et au moment de délivrer les permis, les autorités locales (voire régionales) ne sont pas obligées de les suivre. Cela explique en grande partie pourquoi et comment des maisons ont pu être construites encore récemment en zones pourtant clairement délimitées comme inondables...

La mise en place de meilleures pratiques, voire à terme un changement de la loi, est essentiel dans ce domaine pour éviter de nouveaux drames demain. Les zones déterminées comme inondables ne devraient plus pouvoir être loties, même si cela implique une certaine perte d'autonomie du pouvoir local. Les acheteurs, les lotisseurs, les administrations qui délivrent les permis, tout comme les notaires et mêmes les assureurs qui doivent garantir ces maisons, devraient tous être responsabilisés dans ce domaine.

Dès septembre, un **audit indépendant** a été confié à un bureau d'étude suisse spécialisé en hydraulique. Les investigations poussées ont porté sur l'intensité de la crue et des inondations mais également la manière dont elle a été gérée par les autorités. Ce document est accessible par tous sur internet aujourd'hui. Après ce constat d'état et approfondi, il faudra passer aux aménagements et à la reconstruction... Cette phase essentielle doit être coordonnée au maximum pour éviter que les scènes tragiques de juillet 2021 ne se reproduisent.

Un **Master Plan Vesdre** sera lancé début janvier 2022 au niveau du SPW. Il permettra de mener une réflexion à l'échelle du bassin versant au travers d'un "Schéma stratégique multidisciplinaire du bassin de la Vesdre".



Fig. 21. Nouveau lotissement impacté par le ruissellement à l'aval de Deigné (photo J.-C. London)

4. Quelles sont les observations de terrain utiles pour compléter et améliorer les modèles hydrauliques qui déterminent les zones inondables et leur degré d'aléa ?

La cartographie de l'aléa d'inondation ainsi que les cartographies des zones inondables et des risques d'inondation sont des documents essentiels pour gérer le territoire et notamment éviter l'urbanisation dans des secteurs potentiellement problématiques.

Ces documents sont **révisés tous les 6 ans**. Il s'agit de les actualiser en tenant compte des nouvelles données disponibles, qu'il s'agisse de modélisations hydrauliques, de données topographiques plus précises (le LIDAR a par exemple totalement révolutionné la délimitation des zones de ruissellement), de mesures hydrologiques sur le terrain, mais aussi d'inondations récentes.

Les **observations directes** sont indispensables pour caler les modèles hydrologiques et pouvoir vérifier "sur le terrain" l'impact d'une crue et/ou la manière dont un bassin va réagir à un certain volume de pluie. C'est d'autant plus important sur les cours d'eaux de catégories secondaires, qui ne font généralement pas l'objet d'études hydrologiques et/ou de mesures du débit en continu, mais qui, en période de crue, peuvent se transformer en véritables torrents et frapper des zones qui semblaient apparemment à l'abri des coups d'eau.

La DCENN (qui conçoit les cartes d'aléas d'inondation) compile toutes ces observations entre deux périodes de révision. Pour qu'une observation soit validée et effectivement utile lors de la conception des nouvelles cartes, les données doivent être les plus précises possibles et confortées par des documents photographiques, voire un relevé cartographique.

La grande majorité des observations qui sont envoyées au SPW par des riverains, se concentrent sur les **dégâts causés aux biens** (maisons) et sont donc principalement localisées en zone urbanisable. **Les spéléos** quant à eux, pourraient fournir des données tout-à-fait complémentaires couvrant d'autres secteurs, permettant ainsi de mieux **intégrer l'amont des bassins**. Les crues et les inondations prennent généralement naissance sur les crêtes et sur les versants, dans des zones qui peuvent être forestières ou rurales. Disposer de données et d'observations sur ces territoires s'avèrera précieuses dans la gestion des eaux et pour mettre en place des aménagements fixant et retardant les eaux dans ces "zones de stockage". La gestion des inondations ne peut en effet se limiter à ériger des murs et des digues autour des seuls secteurs urbanisés...



Fig. 22. Chantoir de Normont (Arbre / Profondeville - système karstique de la Vilaine Source) en juillet 2021. Inondation de la vaste dépression précédant la perte (photo V. Detraux).

Recensement d'un événement d'inondation

Informations générales sur l'encodeur

Nom, Prénom :
N° de téléphone :
Email :
Organisme :

Encodage de l'événement d'inondation

1°) Localisation de l'événement

Lieu où l'inondation a été observée :
Nom du site :
Propriétaire :
Coordonnées Lambert :
Date et heure de l'observation :

2°) Caractérisation de l'événement

Type d'inondation (cocher les points ci-dessous)

- Débordement de rivière, avec peu ou pas de courant
- Débordement de rivière, avec courant fort
- Ruissellement et coulées de boues depuis champs/forêts
- Ruissellement provenant de la voirie
- Refoulement d'égout
- Débordement d'un chantoir (vers l'amont – vers l'aval)
- Débordement d'une résurgence

Ampleur de l'inondation (à compléter si possible avec photos & cartes)

Dimension de la zone sous eau =
Estimation du débit =
Laiasses de crues indiquant un niveau préalable supérieur =
Relevé d'une hauteur d'eau (par rapport à un repère)
Commentaires =

Éléments favorisant le débordement des eaux

- Rupture d'une digue / berge
- Entraves sur le cours d'eau
- Éléments affectant le karst
- Autre(s) =

Un événement similaire s'est-il déjà produit ?

Oui / Non - Si OUI combien de fois depuis 20 ans?

3°) Incidences et impacts de ce coup d'eau

Incidences possibles à proximité

- Risques pour l'urbanisation
- Débordement sur routes et infrastructures
- Autre(s) éléments potentiellement touchés =

« Dégâts » et entretien nécessaire sur le site karstique

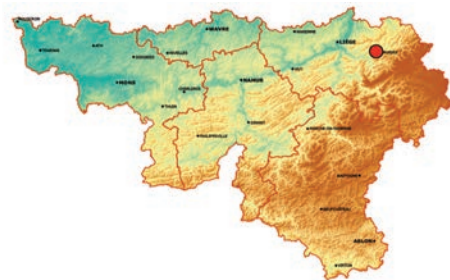
- Pollution éventuelle
- Cavité devenue impénétrable
- Nécessité d'un déblaiement (capacité d'absorption)
- Présence d'effondrements à l'amont - en aval
- Evolution de la situation au bout de X jours

4°) Commentaires et documents annexes

Commentaires et carte délimitant la zone touchée + photos et légendes + schéma de la situation

Fig. 23. Proposition de formulaire synthétique pour les sorties spéléos "en crue et post crue", afin de mieux inclure le karst dans les stratégies de gestion et prévention des inondations en Wallonie.

SUR LA VESDRE AU FIL DE LA " CRUE DU SIÈCLE "



Une note sur les conséquences de l'inondation des 14 et 15 juillet 2021 dans la vallée de la Vesdre... Alors oui, bien sûr, il y a de quoi écrire. Entre détresse humaine et maisons effondrées, tout le monde a vu les effets du cataclysme " dans le poste ".

Et les phénomènes karstiques ? Ils ont bien évidemment trinqué eux aussi, de cette eau boueuse et salie de débris divers, résidus humains en déshérence, feuillages en perdition, caillasses roulées comme jamais. Des phénomènes en ont pris plein les étroitures et sont maintenant enfouis sous des masses de boue, comme les pertes de la Vesdre de Nérivy à Pepinster, mais d'autres ont été dégagés, les abords nettoyés, comme les pertes temporaires de Béthane à Membach, et les passages boueux de la Haminte ont été bien lessivés. D'autres encore ont eu droit à une diarrhée carabinée, faisant passer des chantoires aux résurgences plus de volumes de fluides chargés qu'en une année ; ainsi, le ruisseau de Xhénorie a fait une traversée " de ouf " entre la chantoire de Clisore et la grotte Bebronne (le Troké a crevé !) Et puis ces vallons secs du Bola, de Falhez, de la Haziennne, Gargonade, de Ronde-Haye, devenus, le temps de deux fois dormir, d'impétueux cours d'eau brune.

Nous avons choisi deux exemples intéressants ; ils le sont surtout car nous étions sur place le 14 juillet avec nos boîtes à images, moi-même et quelques autres, puis après la décrue pour constater les effets. Ces exemples donneront au lecteur une idée assez précise de ce que fut cet épisode submersif exceptionnel.

Bellevaux (Nasproué, Dison, site 435-028)

Nous sommes là devant une ancienne perte de la Vesdre, derrière le hameau de Nasproué, dans la boucle que fait la Vesdre autour du hameau de Bellevaux. La perte, au porche monumental, est connue depuis toujours ; les anciens avaient préservé la rivière, qui y perdait de grandes quantités d'eau, en élevant une digue imposante, puis ils avaient remblayé tout le site entre le porche et la digue. Des eaux s'infiltraient tout de même à sa base jusqu'à un siphon en relation avec les résurgences des Croisiers, situées dans les 500 m à vol de chauve-souris, mais le siphon reste infranchissable malgré les visites de plusieurs spéléonautes qui n'ont fait qu'avancer de quelques pauvres mètres avant d'être calés dans une " touille " récalcitrante.

La comparaison entre les deux photos ci-dessous est édifiante. Elle pose par ailleurs du point de vue hydrologique une question primordiale : où allait donc toute cette eau qui s'engouffrait sous le porche ce 14 juillet ? Quand on pense que dans la nuit qui suivit, les eaux montèrent jusqu'à noyer le porche et plus haut encore, jusqu'à plus de 6,5 m au-dessus du niveau normal de la Vesdre !! Ce qui semble être un record

Après la décrue, visite de courtoisie : aïe ! Et si des boues étaient venues tout engluer ? Une galerie secondaire embourbée à gauche du porche, c'est mauvais signe... Alors, avec Patrice du GRSC, nous tentons de passer par l'entrée supérieure, et rapidement nous devons dégager les barrages que nous rencontrons au

gré des passages plus étroits (photo 3). Nous sommes dans une ambiance " plastoc beurré " : partout des centaines de boîtes de beurre et leurs couvercles, il y en a de toutes les nationalités (portugaises, espagnoles, italiennes, israéliennes, belges) !

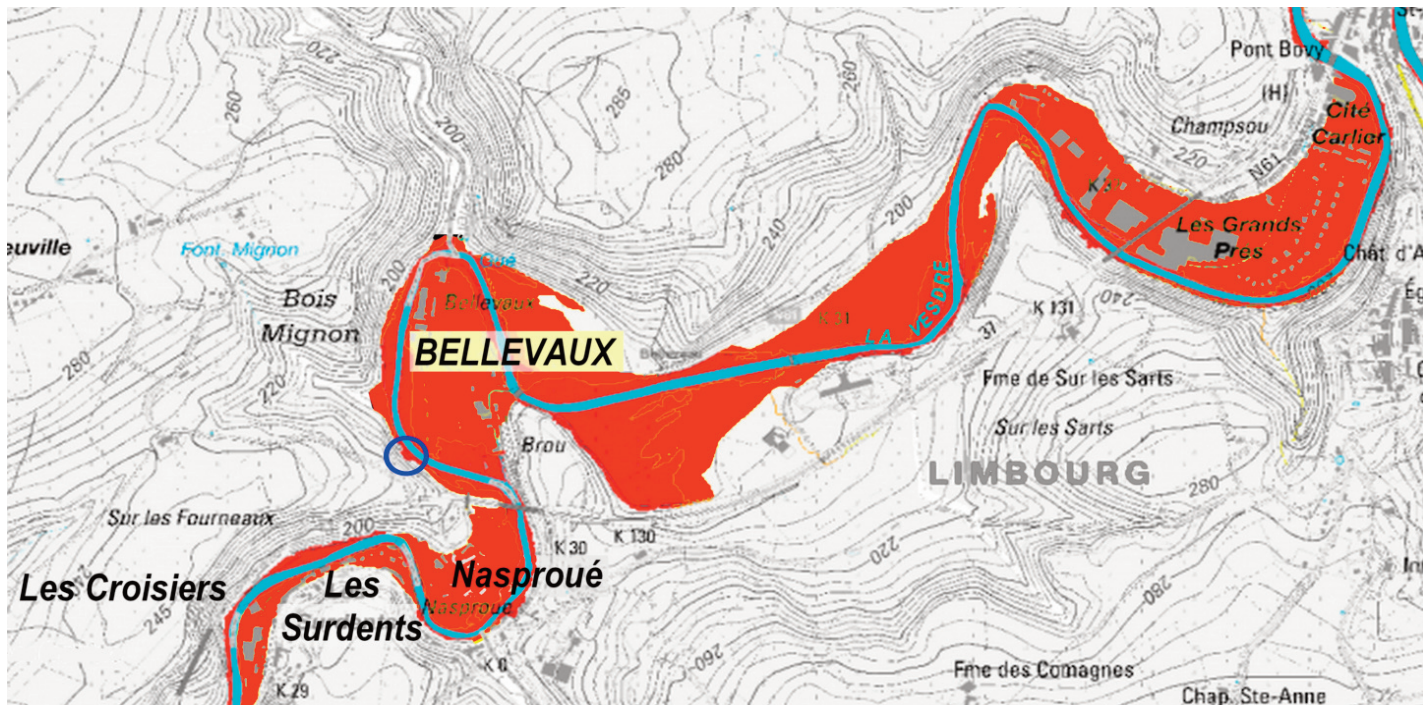
Le hangar des produits finis de la beurrerie Corman a été balayé et a laissé fuir une sacrée production qui pollue toute la vallée, et s'ajoute aux innombrables autres déchets. Nous atteignons le siphon, il semble avoir bénéficié du phénomène " chasse d'eau ", ce que nous signalons à nos amis néerlandophones Randy, Stijn et Geert (SC Cascade) qui travaillent avec succès sur le coin depuis de longs mois.

Les plongeurs ont donc les palmes libres pour tenter de passer ce sacré siphon... ce qu'ils font le 12 août avec aisance, et additionnent ce jour-là une belle découverte dans un environnement un peu glauque : boues, passages étroits, pas beaucoup de vides aériens intéressants. Surprise, ils passent au nord de la grotte des Surdents avec laquelle on espérait une liaison... mais bon, ce sont tout de même 220 m de première en une fois, avec arrêt devant un nouveau siphon ! Exploration à suivre....

Patrice Dumoulin, compagnon volontaire d'aventures souterraines, a alors l'idée formidable d'organiser un nettoyage de ce beau site qui appartient depuis peu à l'Union Belge de Spéléo. Pour bien faire, il faut du monde et une autorité publique qui accepte de faire enlever les déchets préalablement déposés... où, au fait ?



Photo 1 & 2. À gauche, le porche en temps normal. À droite, une vraie rivière passe à travers tout, après avoir submergé la digue. La nuit du 14/07, l'eau atteint le niveau record de 6,7 m au-dessus du niveau normal de la Vesdre (marque rouge - photos CR Vestre et C. Durupt).



Carte 1. Terrains sous eau (en rouge - lors des crues de juillet 2021) dans les méandres de la Vesdre avec localisation du porche de Bellevaux.

C'est que la sortie des déchets n'est pas évidente car le porche est calé contre la Vesdre, au pied d'un bel affleurement. Un passage latéral, par des prés et sous le chemin de fer via un petit tunnel, est impossible : la crue est venue creuser une goffe de 1,5 m à l'entrée du passage ; véhicules non admis. Reste la montée à flanc de coteau, avec une pente frisant la verticale...

Les volontaires sont là le 14 août, un samedi ensoleillé ; même la télé s'est déplacée pour la circonstance et c'est une belle équipe de 15 dévoués qui plie l'activité en une bonne journée de musculation avec, cerise indispensable, la commune de Disson qui vient évacuer les déchets au lendemain de ce week-end de nettoyage (photos 4 & 5).

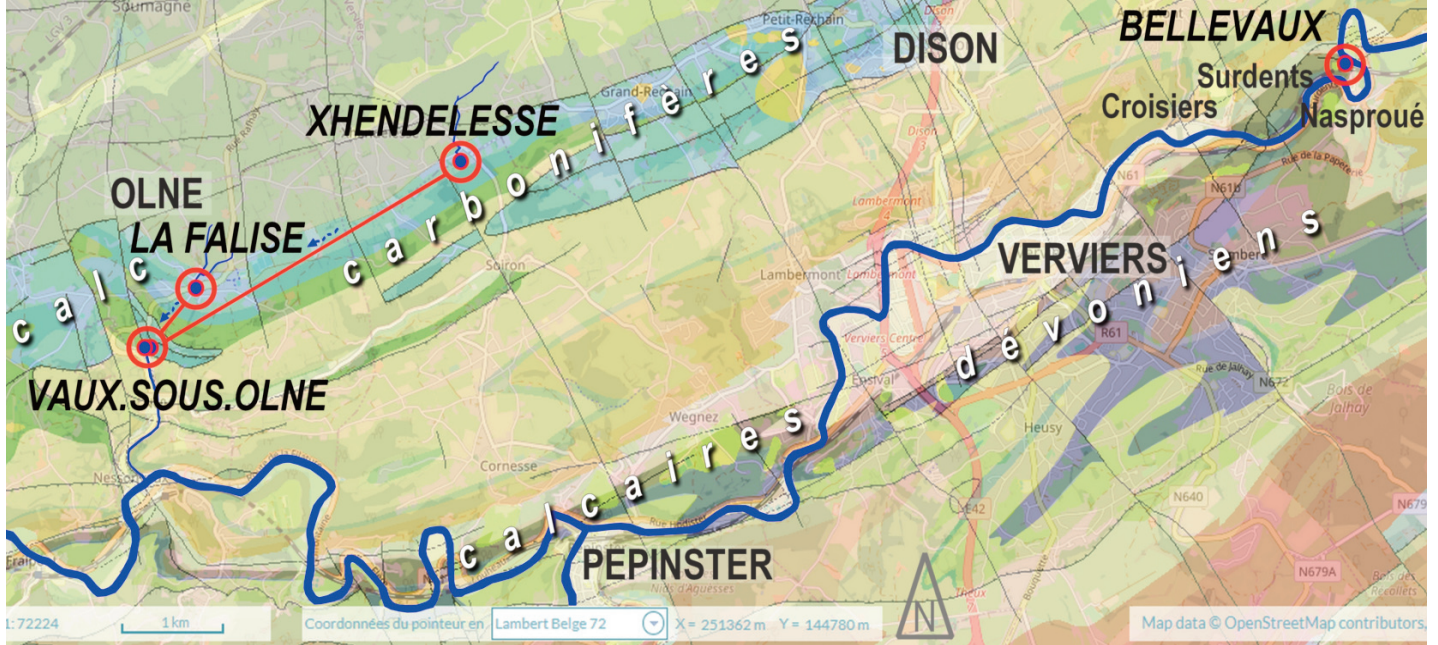
Bellevaux a permis de positiver ce qui au départ semblait catastrophique : c'est une belle expérience d'entraide pour le nettoyage et la joie de voir le dégagement d'un siphon récalcitrant. Un des rares effets bénéfiques de la crue !



Photo 3. Colmatage des passages étroits de la grotte de Bellevaux par des centaines de pots de margarine, arrachés par les crues dans l'usine en amont (photo P. Dumoulin).

Photos 4 & 5. "Belle" moisson de crasses évacuées depuis le porche à la force des bras, malgré la redoutable pente à remonter depuis les berges de la Vesdre (photos J.-C. London).





Carte 2. À gauche, le double système karstique en rive droite de la Vesdre, à la limite des calcaires carbonifères, aboutissant à la Villa des Hirondelles à Olne. À droite, localisation de la grotte de Bellevaux.

Xhendelesse, La Falise et la Villa des Hirondelles (Olne)

Notre deuxième exemple concerne un système karstique. Le 14 juillet, les eaux submergent l'agolina du Bief de Xhendelesse (42/8-001). La propriété des époux Degueldre est noyée, garage compris. Pourtant l'agolina et la fosse absorbante (42/8-099) sont au fond du long jardin en pente douce. Mais trop d'eau, c'est trop d'eau ; un lac occupe bien vite les lieux et ne laisse plus émerger que quelques pousses des plantations si bien entretenues par Madame (photo 6).

Il faut dire qu'une véritable rivière arrive de Xhendelesse, traverse les rues, les prés et descend bruyamment dans le jardin, arrachant le tarmac et les graviers sur son passage.

Dans la foulée, nous filons à Olne voir la situation à la **chantoire de la Falise** (42/7-032).

Comme nous nous y attendions, toute la doline est gorgée d'une eau brune, qui déborde, passe la route et descend vers Vaux où nous allons tout de suite retrouver la zone des **résurgences de Vaux-**

sous-Olne. Il pleut toujours abondamment et cela ruisselle de partout.

Dans le fond du parc de la Villa des Hirondelles, la résurgence des eaux de l'agolina de Xhendelesse (42/7-036) ne fait pas trop la fière, signe d'étranglement sous terre. Par contre, l'entrée de la grotte des Hirondelles, partie inférieure de la grotte-mine de Vaux sous Olne (42/7-120), avec son entrée en forme de puits qui donne sur le ruisseau souterrain venu de La Falise (42/7-035, passablement délaissée et éboulée depuis la découverte des réseaux de la grotte-mine), hé bien, ce pertuis dégorge à gros bouillons, véritable émergence vaclusienne, un torrent - que disons-nous - une rivière, qui cumule un nombre impressionnant de litres à la seconde (photo 7).

Les eaux vont gonfler l'étang du parc, qui déborde tant qu'il peut. Ça cascade pas mal en aval : avec la réunion des eaux de Xhendelesse, les ruelles de Vaux sont sous eau. Impossible de descendre plus loin, la police interdit le passage. Que se

passe-t-il donc plus bas ? Nous ne le savons que plus tard, comme tout le monde, devant le poste.

Ici, ce sont les eaux de deux petits ruisseaux : le Bief à Xhendelesse mesure 1300 m maximum et le ru de Rode à Olne à peine 1100 m en comptant son affluent. Les bassins versants sont réduits mais il a beaucoup plu ces derniers jours sur un sol déjà gorgé de tant d'eau en ce début d'été pourri...

Après la décrue, dans les jours qui suivent, nous rendons visite à Mr et Mme Degueldre et leur jardin de Xhendelesse, qui après tous les épisodes de pollution vécus ces dernières années (4 articles dans *Ecokarst*, tout de même !) se retrouvent maintenant inondés... Ils ont l'habitude ? Disons qu'ils relativisent. "Après moi le déluge" disait Louis XV, eux, ils l'ont vécu le déluge, alors...

Les conséquences karstiques visibles sont un affaissement généralisé des structures rocheuses de l'agolina.

Peut-être un jour pourrons nous y investir plus que les quelques mètres boueux d'il y a 10 ans ? Il paraît que la commune va demander à raser un pré en aval pour que, si la chose se reproduisait, les eaux puissent passer en aval, dans le vallon vers Turlurette... Lui-même déjà bien souvent sous eau. Est-ce la bonne solution ? Wait and see.

Photo 6. La crue, après avoir complètement saturé l'agolina et la dépression aval censée évacuer le trop-plein, voit ses eaux irrémédiablement monter pour noyer vers l'amont le jardin mais également le garage (photo F. Polrot, 14/07/2021).





Photo 7. Torrent sortant de la grotte des Hirondelles via le puits d'accès mis sous pression et dégueulant son eau boueuse dans l'étang de la Villa (photo F. Polrot, 14 juillet 2021).

Du côté de **La Falise**, c'est très sérieux pour la commune car les boues ont occulté la "chantoire de la Falise", ne laissant plus comme porte d'enfouissement aux eaux que le fond de la mare-égout qui stagne ordinairement au fond de la doline.

La commune, propriétaire des lieux, prend l'hydre par les tentacules : elle sollicite le GRSC pour dresser un état de la situation et engage la SPRL S. Godart de Virginal-Samme, spécialisée dans les chantiers difficiles de curage, à venir à bout de l'affaire. Ils arrivent avec du lourd, dont une pompe haute pression d'une puissance pouvant atteindre 600 litres par minute à 200 bars, les tuyauteries ad hoc, le tout géré par une équipe joviale et motivée. Le 24 août, ils sont devant la grotte dont la section de la galerie est entièrement comblée par un amas de branches, déchets plastiques et sable terreux.

Ce bouchon est situé à 2,5 m de l'entrée et le travail est pénible : de gros déchets sont extraits manuellement, le reste aspiré par la conduite souple. Le lendemain, en fin de matinée, l'équipe arrive à proximité de l'emplacement d'une porte disparue, à 9 m de l'entrée. A 15h50, tout le conduit est nettoyé jusqu'aux chambranles toujours en place.

A cet endroit, le passage était bloqué par de nombreux rondins de bois et une grille qui fermaient quasi hermétiquement la galerie. Ces éléments enlevés, l'équipe se trouve devant un ressaut et, enfin, un espace vide de +/- 3 x 2 x 2 m. La suite relève maintenant de la spéléologie, l'important étant que la galerie puisse de nouveau faire office de trop-plein lors d'intenses venues d'eaux (photo 8 & 9, illustrant l'état du chantoir avant - à gauche - et après dégagement par les pompes).

Conclusion

D'autres mésaventures aquatiques ont impacté les phénomènes karstiques de la vallée, notamment toutes ces énormes quantités de déchets qui jonchent encore les berges inaccessibles, souvent celles où s'ouvrent les accès aux profondeurs, D'innombrables et lamentables lambeaux de plastique pendent aux arbres, témoins glauques d'un événement improbable quasi guerrier.

Suppléant aux services officiels, des équipes de bénévoles, d'ici ou venus d'ailleurs, ont fait comme ils le pouvaient, pour aider les victimes et tenter de diminuer un tout petit peu cette impression d'apocalypse.

Ce qu'il reste est encore très imposant; ce sont des souvenirs douloureux, mais cela doit surtout être pour nous et pour nos dirigeants le RAPPEL d'une défaite humaine.

Les inondations meurtrières sur la Vesdre ne peuvent pas être ramenées au seul statut de catastrophe naturelle. L'ampleur de ses conséquences est aussi le résultat d'une catastrophe due à l'impéritie, la lâcheté et l'aveuglement des humains...

A quand le changement ?

Francis POLROT
CWEPPS

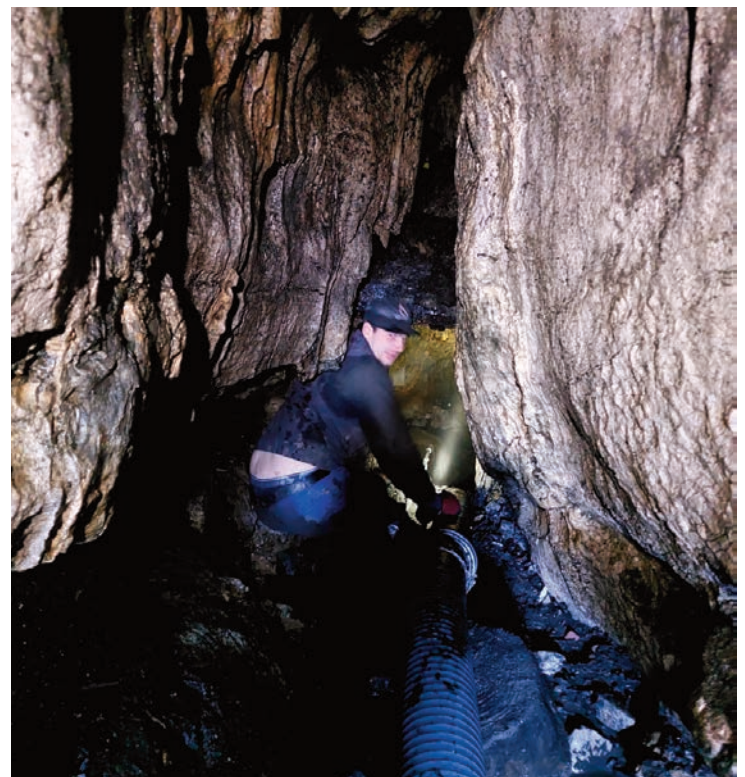


Photo 8 et 9. Lourds travaux et gros moyens pour décolmater le chantoir de la Falise, fin août 2021 (photos F. Polrot).

LES CRUES DE JUILLET 2021 À LA LEMBRÉE

Le cadre général

La Lembrée est un affluent majeur de la rive droite de l'Ourthe. Sa source se situe sur les hauts plateaux, à environ 12 km à l'est de Vieuxville. Après avoir traversé le village de Ferrières, elle coule dans un vallon pittoresque au sud de My pour finalement arriver à Vieuxville. La rivière méandre ensuite pendant environ un kilomètre jusqu'à Palogne, pour se jeter dans l'Ourthe.

En période très pluvieuse, son débit peut être très important. Depuis 1992, une station de mesure *Aqualim* enregistre les hauteurs d'eau et le débit à Logne. Avant les crues de juillet 2021, le débit maximal enregistré était de 18 m³/s, le 13/11/2010. Entre My et Vieuxville, quatre passerelles permettaient de traverser la rivière.



Les grottes et le système souterrain

Les spéléologues mènent des recherches dans le vallon de la Lembrée depuis des décennies. Quelque 136 grottes, pertes, dolines et autres phénomènes karstiques y ont été inventoriés et/ou explorés. Le développement total des réseaux souterrains pénétrables de la vallée atteint près de 6500 m... et il reste encore beaucoup à découvrir ! Les recherches et études scientifiques sont toujours en cours.

Le cours de la Lembrée souterraine ne peut être suivi que dans deux grottes du système (la grotte des Émotions et la grotte des Illusions), malheureusement sur de courtes distances.

La grotte des Émotions (496-076)

Découverte par le spéléo-club Avalon d'Anvers en 1995, elle est la plus importante du vallon, avec plus de 2 km de développement. Elle se présente en plusieurs étages : les étages supérieurs sont secs et richement concrétionnés, tandis que les étages inférieurs sont actifs et se noient entièrement lors des crues et de ce fait, sont extrêmement boueux.

Très fragile, la grotte a été fermée par les spéléologues dès sa découverte pour protéger son concrétionnement unique. Les découvreurs ont mené des démarches remarquables pour préserver le site dans son état initial (le problème majeur étant la boue omniprésente et donc le risque permanent de salir les cristallisations, souvent blanches comme neige).

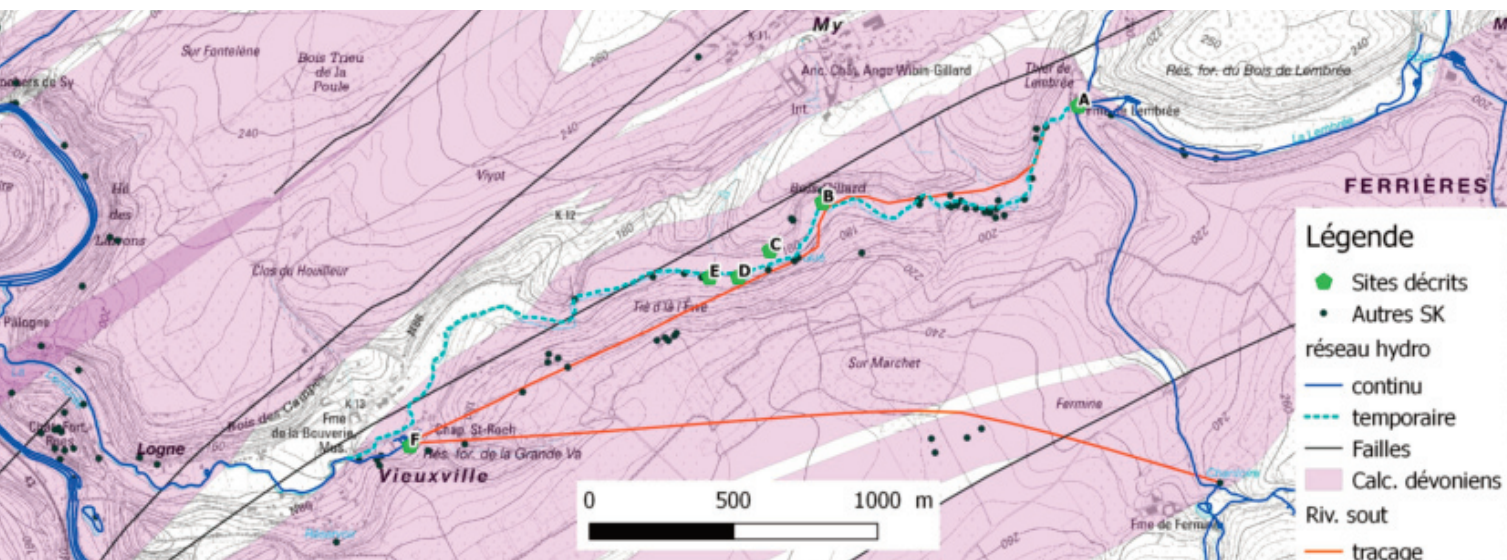


Photo 1. La Lembrée en aval de My (la passerelle n'a pas survécu à la crue de 2021 - photo P. De Bie).

La Lembrée souterraine

La Lembrée a la particularité de se perdre entièrement sous terre pendant la majeure partie de l'année. En général, dans les mois d'été et autres périodes sèches, le lit de la rivière est donc totalement à sec. En aval de Ferrières, la rivière rencontre les premiers bancs calcaires.

Cette roche soluble, fortement fissurée, présente de nombreux points de perte de petite taille. Au contact de ces pertes successives, le débit de surface diminue progressivement. Toute cette eau se rassemble dans une rivière souterraine, qui refait surface à la Résurgence du Moulin, dont le débit reste considérable en toute saison.



Cartographie simplifiée de la partie calcaire du cours de la Lembrée avec localisation des sites décrits dans l'article.



Photo 2. Coloration de la Lembrée souterraine dans la grotte des Emotions (photo P. De Bie).

Au bout de la grotte, dans une très grande salle entièrement couverte de boue, on retrouve la Lembrée souterraine que l'on peut suivre sur une centaine de mètres, avant qu'elle disparaisse dans un siphon. Un autre regard sur la rivière se trouve un demi kilomètre en aval, dans la grotte des Illusions. Au-delà, la rivière souterraine parcourt encore un trajet inconnu et mystérieux de 1,5 km, pour résurger à Vieuxville.

La crue des 15-16 juillet 2021

En aval de Ferrières, dans la partie karstique de la vallée, la Lembrée sortait déjà de son lit à la Ferme de la Lembrée (A sur la carte), dont elle a inondé la cour et la grange (c'est heureusement la seule maison qui se trouve sur cet axe, sur une distance de 4 km jusqu'à Vieuxville). Le débit était si important que le pont de la route d'Izier s'est partiellement effondré.

Plus en aval, les trois petites passerelles en béton enjambant la rivière (datant d'au moins 50 ans) ont été détruites, de même que le tout nouveau pont en bois que la commune avait inauguré quelques mois plus tôt ! L'eau est montée de plus de deux mètres, érodant le lit (approfondi d'un mètre à de nombreux endroits) et les berges.

Cela a entraîné d'innombrables chutes d'arbres en travers de la rivière. À certains endroits, un nouveau lit s'est créé, en recoupant des méandres. Certaines parties de la vallée ressemblent désormais à des zones de guerre...

A Vieuxville, où se trouve la **résurgence de la Lembrée** (496-065) souterraine (point F), le pont de la N86 Bomal-Aywaille s'est avéré être un goulot d'étranglement par rapport à la masse d'eau, malgré sa section de +/- 15 m². En montant, l'eau a déferlé sur la N86; la chaussée se trouve pourtant au moins 4,5 m au-dessus du lit de la rivière ! De l'autre côté de la route, un coffret électrique a été détruit, laissant tout Vieuxville sans électricité pendant 2 jours. Un grand lac de 100 m de large s'est formé, et toutes les maisons du quartier ont été inondées (certaines jusqu'à 2 m de haut).

Plus en aval, dans le dernier kilomètre jusqu'à Palogne, la situation était encore pire le long de la route de Logne, qui est très urbanisée. Presque toutes les maisons ont été inondées.



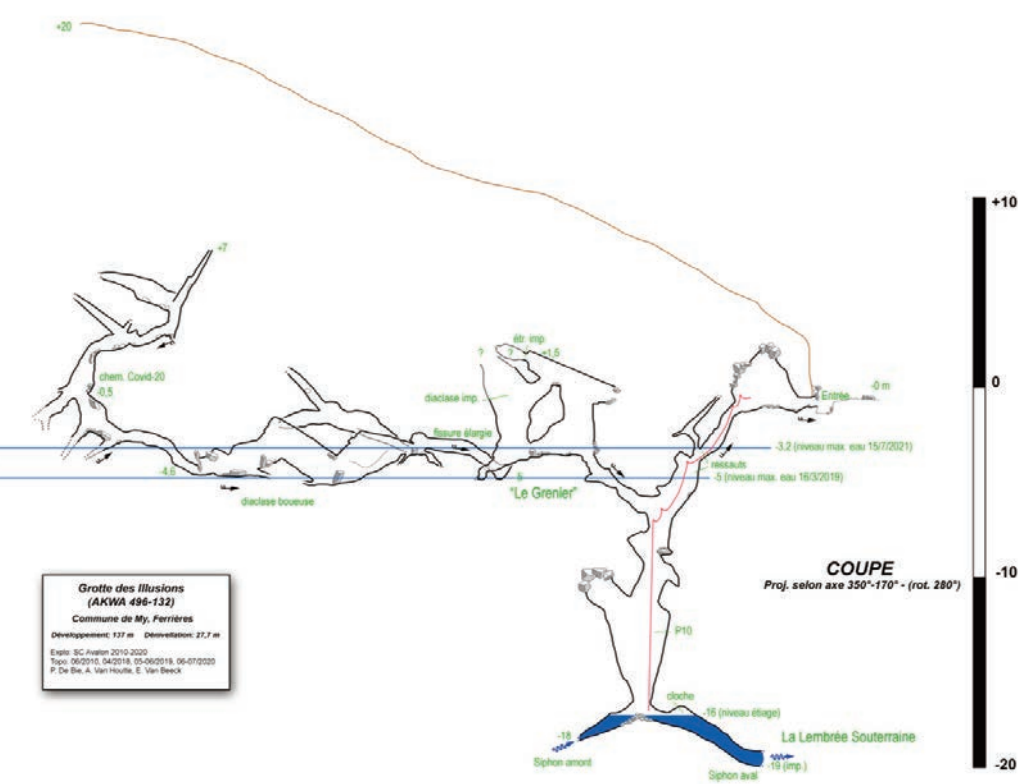
Photo 4. Vieuxville, deux jours après la crue (photo P. De Bie).

Le débit

Il est impossible de connaître le débit exact de la crue car le débitmètre d'Aqualim a lui aussi été emporté. Dans mes observations menées sur la Lembrée depuis 35 ans, j'ai observé des crues jusqu'à 16 m³/s. Cela n'a jamais fait déborder la rivière, même aux endroits où les berges sont assez basses (par exemple 1,5 m). Or, on constate ici clairement, dans les parties où les berges sont assez hautes à gauche comme à droite, que l'eau a atteint une hauteur de 2,5 m. À plusieurs endroits, tout le sol et la végétation ont été emportés jusqu'au "bedrock".



Photo 3. Le nouveau lit de la Lembrée creusé par la crue (l'ancien lit se trouve en arrière-plan). Photo P. De Bie.



Coupe de la grotte des Illusions avec report des niveaux de mise en charge par rapport au niveau de base de la Lembrée souterraine, située à la base du puits.

Mon estimation est que la crue a atteint au minimum 30 m³/s, peut-être jusqu'à 50 m³/s ! A titre de comparaison, le débit-mètre de Juzaine sur l'Asine a (en principe) continué à fonctionner, et mesuré une hauteur de 289 cm, soit 117 m³/s (le précédent record était de 176 cm ou 76 m³/s en 2002).

Sous terre

La **grotte des Illusions (C)** / 496-132 offre un regard sur une courte portion du collecteur de la Lembrée souterraine. Trois jours après la crue, l'eau y était en-

core 2 m plus haut que le plus haut niveau que nous ayons jamais observé (le 16/3/2019), ce qui correspond à une augmentation de 13 m par rapport au niveau de la rivière souterraine en période d'étiage. Quelques semaines plus tard, nous avons constaté que tout le parcours était recouvert d'une couche de boue glissante.

La **résurgence des Bouteilles 496-138 (D)**, petite grotte de 10 m de profondeur en aval de la grotte des Illusions, sert de trop-plein à la rivière souterraine lorsque son niveau est exceptionnellement élevé.

Trois jours après la crue, au moins 500 l/s s'en écoulait encore. Quelques semaines plus tard, une inspection montra que la grotte avait été en grande partie rincée et qu'un passage avait même été ouvert au point le plus profond, de sorte que nous avons dépassé son terminus de quelques mètres.

La quasi-totalité des autres pertes ont en revanche été colmatées, comme par exemple notre chantier prometteur à la **"Perte des Moucheroles" 496-139 (E)**

Nous avons bien sûr également inspecté la grotte principale de la vallée : la **grotte des Émotions (496-076 pt B)**, 6 semaines après la crue. En temps normal, cette grotte est remplie d'eau chaque année (jusqu'à 17 m au-dessus du niveau de la rivière souterraine). Heureusement, les dégâts n'étaient pas trop graves : deux grands bassins de calcite se sont avérés pleins de boue (irré récupérable !) et une coulée blanche est complètement boueuse (peut-être nettoyable).

Heureusement, 99 % des concrétions se trouvent dans l'étage supérieur fossile. Le plus gros problème, cependant, est que l'eau est montée au moins 3 mètres plus haut que jamais auparavant (1 m dans la galerie Ardèche ou 2 m au-dessus de la main-courante du Pas de la Mort)... soit 20 m au-dessus du niveau normal de la rivière souterraine !

Du coup, l'étage intermédiaire, dans lequel on pouvait progresser en restant relativement sec et propre (contrairement au niveau inférieur, terriblement boueux), est désormais recouvert sur toute sa longueur de plusieurs centimètres de boue humide et glissante. On peut à peine y marcher debout, en glissant de gauche à droite. Bref, tant que cette couche de boue n'est pas sèche (ce qui peut prendre des années), la grotte ne pourra quasiment plus être visitée.

Cela s'était-il déjà produit ?

La crue des 15-16 juillet 2021 a-t-elle été la plus importante de tous les temps ? De nombreux indices suggèrent qu'un tel événement ne s'est jamais produit au cours des 200 dernières années. Mais les grottes sont des témoins du passé. La grotte des Émotions a déjà connu autrefois un niveau d'eau encore plus élevé : ceci est attesté par la trace d'un niveau situé un mètre plus haut que celui observé cet été (photo 5). Cependant, cela remonte à plusieurs siècles, car des dépôts de calcite blanche d'une épaisseur décimétrique se sont formés par-dessus.

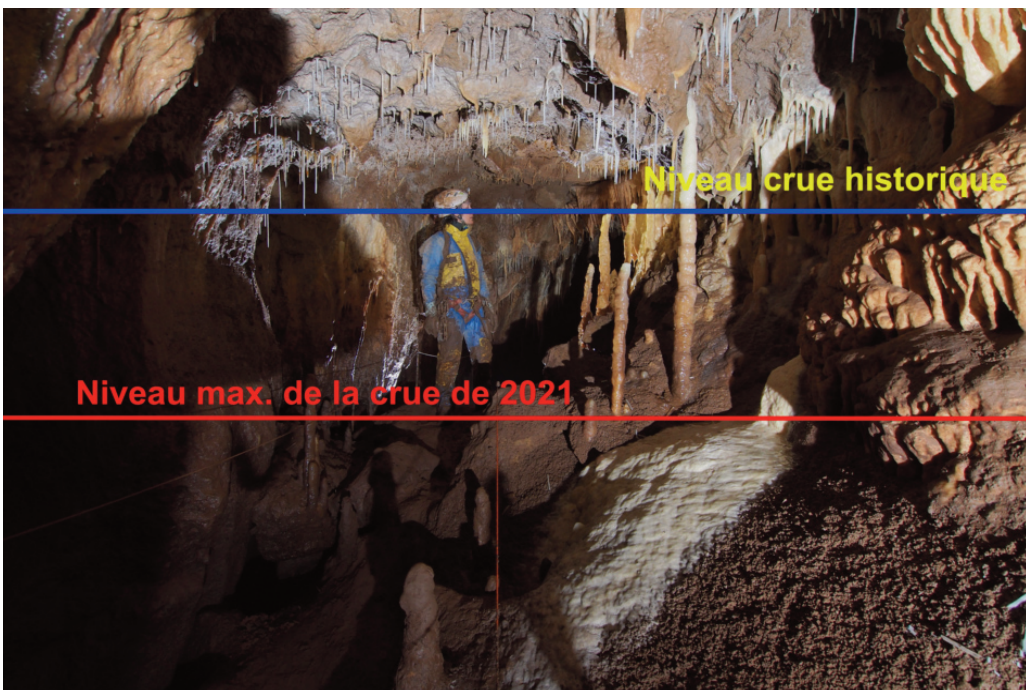


Photo 5. Repérage des niveaux de crue dans les salles concrétionnées de la grotte des Émotions. Là encore, les cavités karstiques constituent des archives précieuses. Photo P. De Bie

Paul De Bie
Speleoclub Avalon

LE VALLON DES CHANTOIRS : ENTONNOIR KARSTIQUE DÉBOUCHANT À REMOUCHAMPS



De tous temps, dans le Vallon des Chantoirs, les habitants ont constaté que, lors de pluies intenses combinées ou non avec la fonte des neiges, au bout de quelques heures, les chantoirs ne peuvent plus absorber la totalité des eaux des rivières qui disparaissent en temps normal sous terre. Dans un premier temps, les dolines des chantoirs s'envoient et un lac se forme, parfois sur plusieurs centaines de mètres en amont des points d'absorption, ennoyant prairies, jardins et quelques maisons. Si les précipitations s'intensifient, les dolines débordent et les rivières reprennent leur cours aérien, suivent le vallon et finalement inondent la route principale qui suit le fond de vallée, traversent Remouchamps et finissent leur parcours dans l'Ambève. Ce phénomène est une particularité du vallon et les dégâts peuvent y être très importants.

Dans cet article, nous dressons une liste non exhaustive des observations sur les principaux chantoirs et des dégâts causés par les pluies exceptionnelles de juillet 2021. Nous expliquerons le pourquoi de ces débordements et ce que les communes, les spéléologues et les habitants peuvent faire pour limiter les inondations et leurs conséquences.

Dans le VMR (1910, p. 492), on peut lire : " Un fait terrifiant, survenu au printemps 1859 et qui a laissé de vivaces souvenirs chez de nombreux habitants du pays, a fourni l'occasion d'observer une calamité qui a transformé, pendant quelques heures, tout le régime hydrologique du vallon des chantoirs. Une trombe d'eau d'une très grande violence a ravagé, le 17 mai 1859, toute la région d'amont (...). La phase intensive du phénomène n'a pas duré plus d'une demi-heure, mais les paquets d'eau qui, pendant une heure environ, se sont abattus (...) furent tels que, en quelques instants, tout le réseau souterrain (...) fut complètement débordé et dès lors, (...) une trombe d'eau, s'accumula en un véritable fleuve torrentiel temporaire, submergeant tout sur son passage. Au rétrécissement rocheux qui avoisine la grotte de Remouchamps, c'était un torrent impétueux qui s'élevait à plus de deux mètres au-dessus de la route, causant les plus effrayants dégâts et dont, notamment, la noyade de 150 moutons et de plusieurs vaches, emportés par le courant à Deigné (...). Une femme et son enfant, surpris à Deigné par le fleuve (...) furent emportés jusque dans l'Ambève, à plusieurs kilomètres de distance ; mais heureusement accrochés à une épave résistante, la mère et son bébé purent être sauvés après une dérive effrayante ".

Ce récit montre l'ancienneté et la violence du phénomène. Personnellement, je me passionne pour le Vallon des Chantoirs depuis le début des années 1980. Sur cette période, j'ai pu observer que les chantoirs débordent en moyenne environ tous les 10 ans. L'envolement des dolines est par contre plus fréquent : il n'est pas rare qu'elles s'envoient 2 ou 3 fois l'an.

Carte du vallon avec les principaux sites suivis lors de la crue de juillet 2021.

Pourquoi les chantoirs débordent ?

Il y a 2 causes possibles. La première est naturelle. Dans chaque chantoir, il existe une section qui est " la plus petite " de toutes les sections de galerie rencontrée par l'eau pour rejoindre la résurgence. Le plus souvent, cette section est située à proximité des chantoirs, le collecteur aval étant de plus grande section. Cette sec-

tion laisse passer un certain débit. Quand celui-ci augmente, la galerie se met en charge en amont de ce rétrécissement ; c'est-à-dire que le niveau de l'eau monte. On peut calculer la hauteur de la mise en charge h , en fonction de la section S , du débit Q , en utilisant la formule de Toricelli.

Par exemple, quand le débit double, la hauteur de mise en charge quadruple.

$$h = \frac{Q^2}{2gS^2}$$

Dès lors, quand le débit devient très important (plusieurs mètres cubes), la mise en charge dépasse l'altitude de la doline et la rivière déborde à l'extérieur.

La deuxième cause est naturelle et souvent anthropique. Lors des précipitations intenses, les arbres morts, leurs souches,

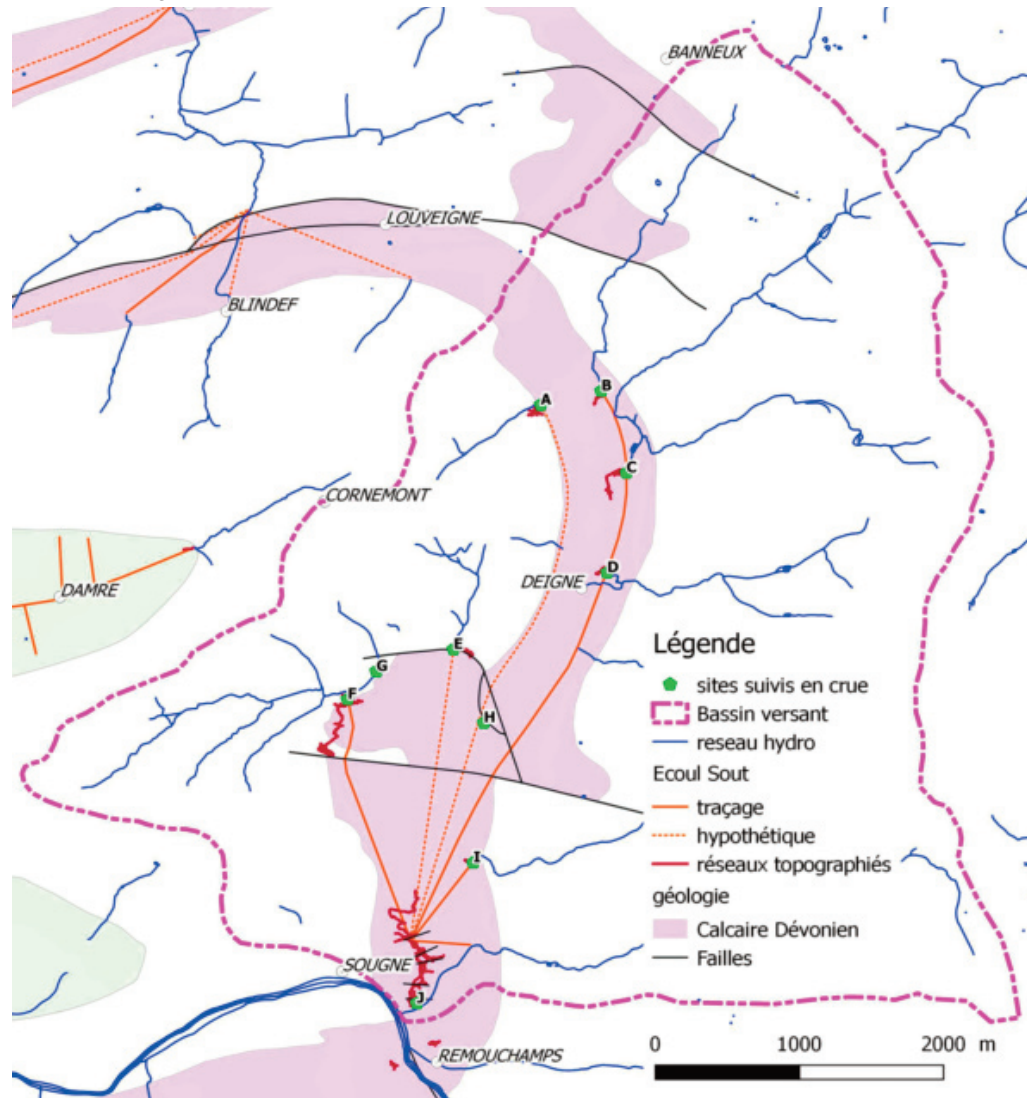




Photo 1. La doline d'effondrement de Grandchamps laisse voir les stigmates de la crue, avec de nombreux arbres effondrés et un dépôt de boue (marquant le niveau de la crue) que l'on devine au sommet de la cascade.

de la terre et divers galets et rochers sont emportés par le torrent et peuvent, partiellement, obstruer les galeries d'entrée des chantoirs et provoquer les mises en charge. Heureusement, ces matériaux ne résistent pas plus de quelques années, à l'assaut des crues successives. Par contre, les déchets jetés par les humains qui utilisent les chantoirs comme dépotoirs sauvages, combinés aux ordures emportées par les rivières en crue, sont une vraie calamité.

Les déchets les plus résistants sont les pneus de voiture, de camion et de tracteur, et les sacs en plastique épais pour l'usage agricole ou industriel, surtout quand ils sont remplis de briquillons.



Photo 2. En saturant, le Rouge Thiers provoque une inondation vers l'amont sur plus de 150 m (effet barrage), noyant le vieux moulin jusqu'au 1er étage, et toutes les infrastructures avoisinantes.

Les sacs de plastique épais et les pneus obstruent les galeries pour de nombreuses décennies, comme j'ai pu l'observer au cours de 40 ans d'exploration des chantoirs. Si on utilise la formule de Toricelli, si on divise la section de la galerie S par deux, on quadruple la mise en charge h. Nous verrons que les communes, en concertation avec les spéléos et les propriétaires, peuvent agir, au moins en partie, sur ces causes.

Observations lors de la crue de juillet 2021

Parcourons le vallon de l'amont vers l'aval. Jean-Claude London (dit Jack), du club aquatique Continent 7 (C7) a parcouru le vallon le 14 juillet en matinée, c'est-à-dire après les pluies intenses de la nuit. Ses nombreuses photos peuvent être visionnées sur sa galerie en ligne (lien en fin d'article). Ce jour-là, les chantoirs débordaient, mais ce n'étaient pas encore le maximum de la crue. Les pluies ont continué toute la journée et c'est dans l'après-midi que le torrent a envahi la rue principale de Remouchamps. Les photos ne montrent donc pas le maximum de la crue.

A/ Le chantoir de Grandchamp (49/3-031) a un petit bassin versant et ne s'envoie que très rarement, formant un petit lac de 1 ou 2 mètres de profondeur. Lors de la crue de 2021, la surprise fut grande de constater que le porche d'entrée et les 2 cascades avaient disparu sous un lac de 10,5 m de profondeur (mesurée). Environ une moitié du débit qui se perdait sous terre provenait du ruisseau ; l'autre moitié était l'eau de ruissellement des prairies avoisinantes.

Ces dernières se rassemblaient en torrent en entrant dans la petite doline, annexe à la grande doline. Ensuite elles débordaient vers la grande doline. Ce torrent a déraciné de très nombreux grands arbres, qui cassés et entremêlés, ont créé un vrai chablis quasi impénétrable, cachant le fond de la petite doline annexe. A l'inverse de tous les autres chantoirs, le lac s'est vidé lentement, après les pluies, et la décantation des boues en suspension a laissé un dépôt de 1 à 3 cm sur les feuilles, les branches et au sol (photo 1).

B/ Le Chantoir d'Adseux (49/3-032) n'a pu être observé directement par Jean-Claude London, car il était impossible de s'en approcher. Depuis le pont qui franchit le ruisseau de Banewai, il a observé le torrent qui descendait vers le chantoir. Mais à quelques mètres du pont, l'eau formait un lac, d'environ 300 m, en amont du porche. Dans ce cas de figure, on peut être quasi certain que la doline du chantoir d'Adseux débordait et que le torrent continuait son chemin vers le chantoir de Rouge Thiers. Ceci fut confirmé plus tard.

C/ Le Chantoir du Rouge Thiers (49/3-036) était noyé et débordait. Le vieux moulin était sous l'eau jusqu'au premier étage, comme c'est déjà arrivé lors de très grosses crues (photo 2).

La visite de l'intérieur du chantoir, par Jack, 4 semaines plus tard est très intéressante. Le mur de gabions, construit par l'UBS dans les années 1990 pour empêcher que le ruisseau n'emporte les berges et la piscine, a cette fois encore parfaitement résisté à la violence de cette crue exceptionnelle. Avant leur protection par les gabions, les berges étaient emportées, et les terres et galets, mélangés aux troncs d'arbres, bouchaient presque complètement les galeries, empêchant l'accès à la grande galerie de la grotte. Ceci augmentait la fréquence et l'intensité des débordements du chantoir.

La grille placée par l'UBS dans le chantoir a arrêté une partie importante des troncs et branches. Et après "seulement" deux heures de travail de désobstruction, les spéléos du C7 ont pu constater que le siphon final de la grande galerie n'était pas bouché, comme on pouvait le craindre avant les travaux de l'UBS.

D/ Le Chantoir de Chefosse (49/3-041) débordait également, comme on peut le voir sur la photo 3. Le torrent, en provenance



Photo 3. Le centre du village de Deigné a été à la fois frappé par les eaux des chantoirs d'Adzeux et du Rouge Thiers qui débordaient vers l'aval (partie gauche de la photo) et le torrent provenant de Cheffosse (à droite). Les flux convergents ont transformé les rues en véritable rivière.

d'Adzeux et du Rouge Thiers, est à gauche. Le torrent en provenance de Cheffosse est en face et descend la rue qui traverse Deigné. La photo montre la confluence de ces deux torrents.

Vu la hauteur de l'eau, la route en aval de Deigné était totalement noyée et le débit aurait probablement emporté la voiture de Jack. Il n'a donc pu aller observer le **Chantoir du Pussin**, qui devait certainement aussi déborder, ni la **résurgence temporaire du trou Maréchal** qui devait aussi certainement couler, comme lors de chaque crue intense. Les autres observations ont été faites quelques jours après la crue.

E/ Le Chantoir du trou Lecoq (49/3-051) a été noyé sous un petit lac de moins de 2 mètres de profondeur et n'a donc pas débordé. La grille fermant l'entrée, posée par le tour-operator qui gère le lieu, a arrêté tous les branchages qui aurait pu la colmater.

F/ L'entrée du Chantoir de Béronry (49/3-053) a été presque complètement obstruée par des troncs d'arbre et un petit lac s'est formé. Atteignant environ 1,5 mètre

de profondeur, ce lac a débordé dans la petite doline (2x5m), rive gauche, 15 m en amont de l'entrée. Le fond de cette doline s'est approfondi d'un mètre et actuellement, le ruisseau de Béronry s'y jette en formant une cascade d'un mètre. Cette petite doline s'est agrandie et mesure 5x8 m (photo 4).

Après enquête auprès du propriétaire et de plusieurs habitants du village de Hodechamps, de mémoire d'homme, hormis le petit lac précité à l'entrée, personne n'a jamais vu la doline s'envoyer. Le C7 a désobstrué l'entrée en quelques heures. Le chantoir est de nouveau accessible, mais le gros bloc d'entrée est menaçant et devrait être stabilisé.

G/ Si on remonte dans la doline en direction du village, on rencontre le **Chantoir d'Hodechamp n° 1 et 2** (49/3-052).

Le premier chantoir est artificiel, à flanc de coteau. Comme à chaque crue importante, quelques branchages le bouchent et il déborde dans le deuxième chantoir naturel, dans la doline de Béronry. Les herbes et orties couchées par les flots montrent qu'un débit d'environ 500 l/s se

déversait dans ce chantoir, sans qu'il y ait de débordement.

H/ Après la crue, nous avons pu constater que la **résurgence de la route de Playe** (49/3-135) est devenue active. Cette résurgence ne coule que lors des crues exceptionnelles. Elle peut avoir un débit de plusieurs centaines de litres par seconde. Positionnée entre la route et la clôture de la prairie, elle présente un réel danger pour la circulation routière et la commune la rebouche, chaque fois, avec de petits blocs calcaires. Lors de cette crue très violente, plus de 2 mètres cubes de cailloux ont été projetés dans la prairie, laissant un trou béant de 1,5 m de diamètre et profondeur. Le bord de la route, recouverte de macadam, s'est fissuré et en partie effondré (photo 5).

J'avais déjà observé ce type de dégâts lors de crues antérieures. Mais cette fois-ci, un deuxième trou s'est ouvert, 2 mètres plus loin, d'environ 1 mètre de diamètre et de profondeur.

I/ Le Chantoir de Sécheval (49/3-067) est depuis environ 30 ans, le terrain d'exploration du club Continent 7.



Photo 4. Les méandres du cours d'eau aboutissent dans le vaste chantoir de Béron-Ry. En temps normal, les eaux s'infiltrent à la base de la paroi rocheuse (entrée de la grotte), à droite de l'image. Mais l'apport d'alluvions et les débits furent tels que les eaux se sont infiltrées dans une doline un rien en aval (à gauche de la photo), approfondissant et élargissant celle-ci de plusieurs mètres.



Photo 5. La pression exercée par les eaux aboutissant à la résurgence principale de Playe fut telle que les cailloux qui la remblaient ont été projetés sur plusieurs mètres et que la route s'est soulevée pour ensuite s'affaisser au moment de la décrue.

Nous y avons exploré environ 600 mètres de galeries, souvent très étroites, où le ramping est le mode de progression le plus fréquent.

Pneus, tronc d'arbres, galets et argiles colmataient presque totalement de nombreux passages, dégagés par le C7 qui a aussi placé une grille sur charnière, pour empêcher les troncs et branches de colmater de nouveau les conduits étroits. Quand le débit devient important, l'eau déborde au-dessus de la grille et le chantoir continue d'absorber le torrent sans problème. Un dispositif similaire a été placé avec succès depuis plus de 20 ans, au

chantoir du Rouge Thiers à Deigné et au Nou Maulin à Rochefort.

C7 a vidé l'entrée du chantoir en deux après-midi et sorti plus de 10 mètres cubes de troncs, pneus et plastiques épais ou rigides.

Pour diminuer fortement les risques récurrents d'inondations du village de Remouchamps, la commune a renforcé les berges du ruisseau de Sécheval et construit une digue artificielle, rehaussant la berge en direction de l'aval et de Remouchamps. Lors de cette crue exceptionnelle, malgré les travaux effectués par C7, le chantoir s'est mis en charge, à cause du débit important et des sections de galeries étroites.

L'eau est montée jusqu'à 30 cm au-dessus du porche (photo 6). A cette altitude, elle a débordé au-dessus de la digue artificielle. Constituée de terre, graviers et cailloux de taille moyenne, celle-ci n'a malheureusement pu résister à l'érosion du torrent. Elle a fini par lâcher complètement sur environ 3 mètres de largeur (photo 7).

Les flots ont continué leur cheminement vers l'aval. Arrivé sous le viaduc de Sécheval (viaduc de l'autoroute), l'égout de 2 mètres carrés de section n'a pu avaler le torrent et la rue de Remouchamps a été noyée par une rivière de plusieurs dizaines de cm de profondeur.

Les bas-côtés de la route ont été emportés et les conduites d'eau, d'électricité et autres ont été mises à nu (photo 8).

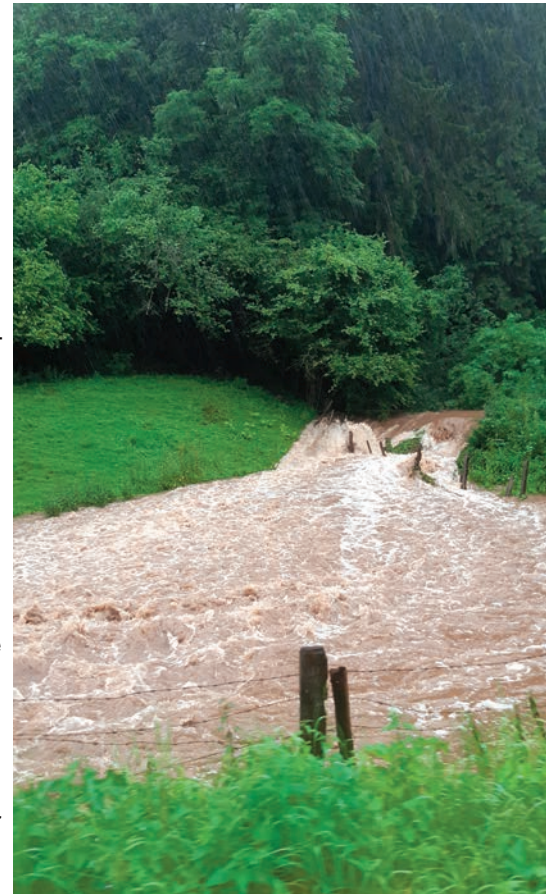


Photo 7. La digue de Sécheval débordée par les inondations. Vue depuis l'aval, au maximum des crues (photo C. Sougnez - C7, le 15/07/2021).

J/ Dans la grotte touristique de Remouchamps (49/3-074), l'eau est montée progressivement, de plus de 2 mètres, pendant la nuit. La journée, l'eau continua de monter. Les pluies, bien que moins intenses, ne cessaient pas. L'égout saturé et l'eau de la résurgence déborda sur la route en fin de matinée.



Photo 6. Le porche de Sécheval, quelques jours après la crue. Il reste quelques encombrants apportés par les eaux. La flèche indique un liseré de débris végétaux, correspondant à la hauteur maximale atteinte par les eaux le 15 juillet 2021.

Dans le courant de l'après-midi, la digue de Sécheval lâcha et toute la rue principale s'ennoya.



Photo 8. A l'aval du viaduc, le flux de la crue a décapé le sol et arraché le tarmac sur plusieurs dizaines de cm d'épaisseur.

A la confluence des eaux de la grotte et de celles qui dévalaient la rue, il y avait 80 cm d'eau. Dans la grotte, en plus des dépôts de boue habituellement apportés par les crues, la rivière souterraine a déstabilisé une grande dalle du plafond de la Salle du Débarcadère. La menace de l'effondrement de celle-ci empêchera, en partie, la visite de la rivière, pendant plusieurs mois.

Perspectives futures

La nature étant imprévisible et beaucoup plus puissante que l'homme, il sera impossible d'éviter toutes les conséquences des crues futures, les plus intenses. Par contre, il est possible de limiter la fréquence et l'importance des dégâts. La reconstruction de la digue du chantoir de Sécheval est une priorité pour empêcher que les crues de faible et moyenne intensité n'entraînent l'inondation de la route vers Remouchamps. Cette digue a résisté plusieurs dizaines d'années, en évitant des sinistres récurrents dans le village. Il serait intéressant aussi de renforcer cette digue, peut être avec des gabions, pour empêcher son érosion quand elle est submergée.

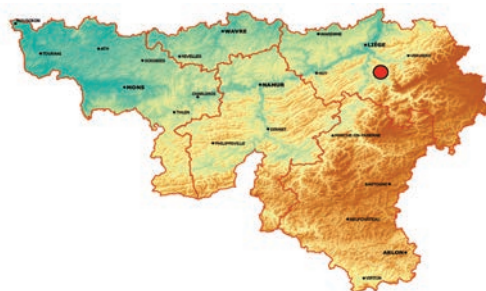
Je pense qu'il faudrait également renforcer la collaboration entre la commune, les spéléos et les propriétaires des chantoirs. Les principaux sites à surveiller et entretenir sont évidemment Sécheval et le Rouge Thiers. Ce sont les plus menaçants. Mais je pense qu'une collaboration pour les chantoirs d'Adseux et de Chefosse pourrait aussi diminuer l'impact des crues. L'Union Belge de Spéléologie et la CWEPSS ont montré par le passé et avec succès, l'importance des journées de dépollution, de désobstruction et de pose de grilles et de gabions dans le vallon des chantoirs. Comme les climatologues nous annoncent l'augmentation de la fréquence des intempéries et des crues exceptionnelles, la création ou le renforcement de ces collaborations tripartites est fortement souhaitable.

Yves Dubois (géologue)

Photos de Jean-Claude London

Continent 7 - Club Aqualien de Spéléologie & Alpinisme

Galerie photo : <https://photos.app.goo.gl/bTXFzE4U5oMJH8NV9>



QUAND LE SYNCLINAL DE SPRIMONT EST MIS SOUS HAUTE PRESSION

Introduction

Les inondations exceptionnelles de la mi-juillet 2021 ont durement touché les habitants des vallées wallonnes. Cet événement a également laissé des stigmates visibles dans la plupart des grottes des régions touchées.

La grotte du Noû Bleû n'y a malheureusement pas échappé et a connu une crue inédite de sa rivière dont le niveau est monté d'une dizaine de mètres dans sa partie aval.

Contexte général

Découverte fin de l'année 2012, la grotte du Noû Bleû (49/2-200) se situe dans le synclinal de calcaires carbonifères qui s'étire selon un axe est-ouest, de Sprimont (amont) à Chanxhe (aval).

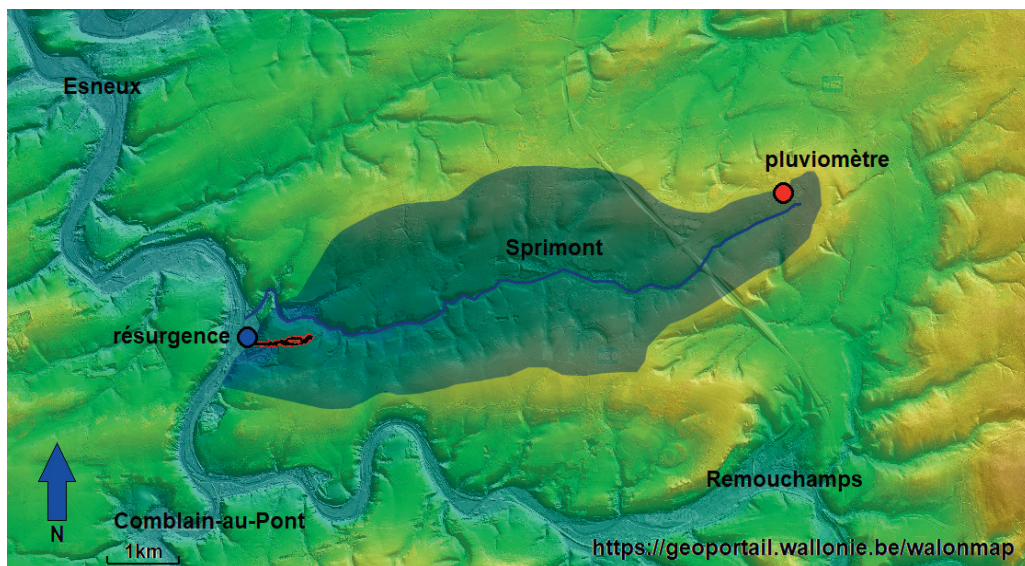
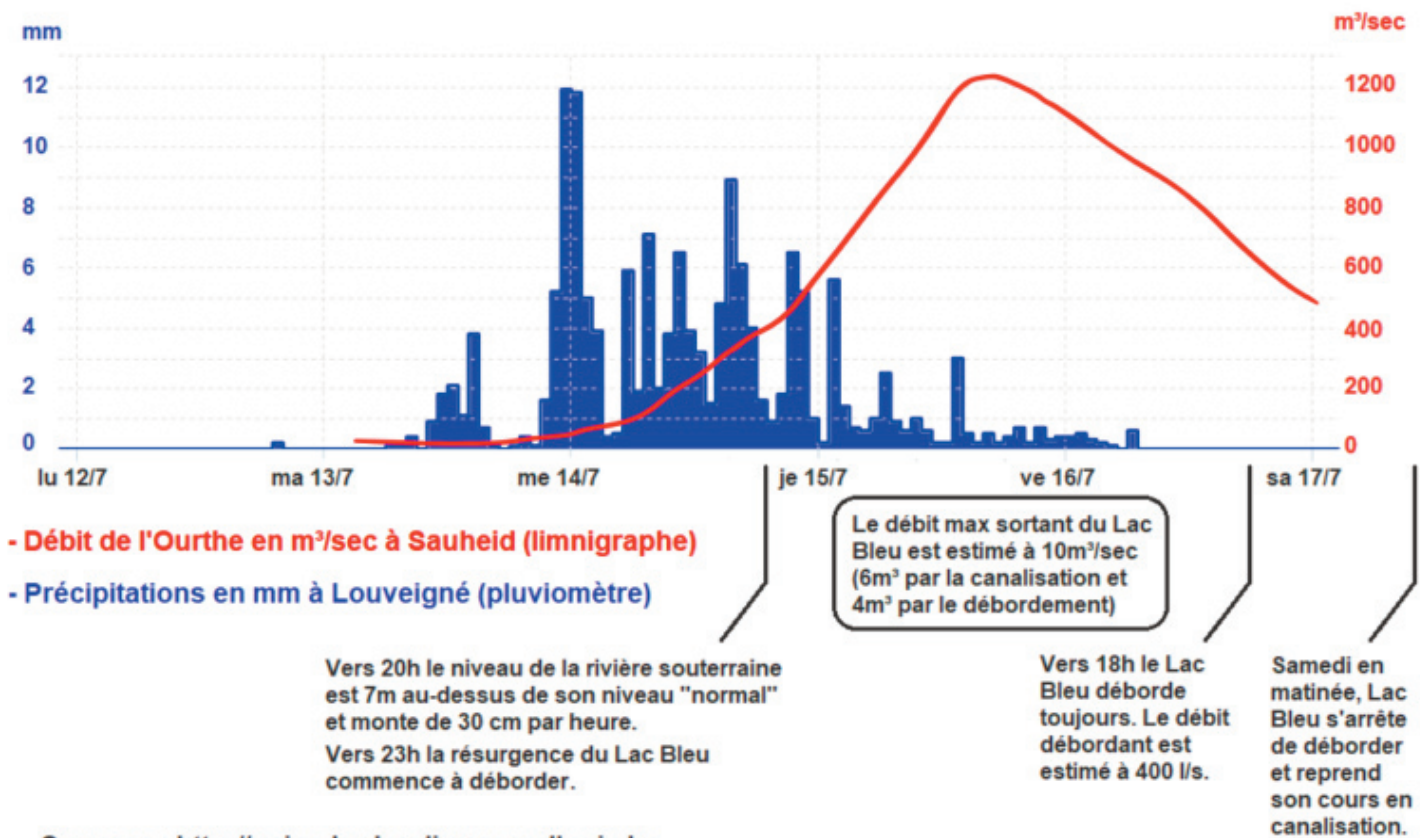


Fig 1. Bassin d'alimentation du synclinal calcaire de Sprimont (16km²). La rivière souterraine du Noû Bleû aboutit en rive droite, à la résurgence du Lac Bleu.



Sources : <http://voies-hydrauliques.wallonie.be>
 Interprétations : Gauthier ROBA

Fig 2. Précipitations horaires et débits mesurés dans l'Ourthe (à Sauheid) entre le 12 et le 17 juillet 2021, illustrant l'intensité de la crue. Le système karstique du Lac Bleu a suivi un même profil, avec un débit maximal de 10 m³/sec et un débordement de la vasque pendant 48h.

La grotte est traversée par une rivière pérenne qui draine la quasi-totalité d'un bassin de 16 km² (fig.1). Une vingtaine de pertes absorbent les eaux de ruissellement qui terminent leur parcours souterrain à la résurgence du Lac Bleu (49/2-078), pour se jeter enfin dans l'Ourthe 200 mètres plus loin.

Pluviométrie locale

L'épisode de crue des 15-16 juillet 2021 a été provoqué par des pluies intenses et soutenues pendant près de 48 heures. Selon les données du pluviomètre de Louveigné se trouvant à l'extrême amont du bassin (source: <http://voies-hydrauliques.wallonie.be> - fig. 2), il serait tombé

151 litres par mètres carrés durant la totalité de l'événement (du 13 au 15 juillet). Extrapolé à tout le bassin drainé par le karst et l'égout, cela représente un apport total de 2,4 millions de m³ d'eau (16.000.000 m² x 151 l), soit une moyenne de 9 m³ par seconde durant 72 heures. L'intensité maximale fut atteinte la nuit du 13 au 14 juillet, avec 53 m³ par seconde sur le bassin, pendant 2 heures consécutives.

Observations dans la grotte

Le mercredi 14 juillet vers 20h, alors que l'Ourthe était en train de gonfler rapidement, je décide de faire une incursion dans la grotte afin de sauver du matériel de mesure.

La rivière est alors à 7 mètres au-dessus de son niveau "normal" et continue de monter à vue d'œil. J'estime avoir le temps de vérifier le matériel entreposé en amont de la galerie dite des Cocognes. Je protège tout ce que je peux et je prends quelques clichés du phénomène.

La rivière est maintenant sur le point d'engloutir la main courante qui mène à l'étréouiture des "100 Scrupules". Je dois faire demi-tour. Sur une heure de temps, la rivière est montée d'environ 30 centimètres. Incrédule, je ne réalise pas que l'eau montera encore de 3 mètres et que je ne reverrai jamais les cristaux des gours des Cocognes.

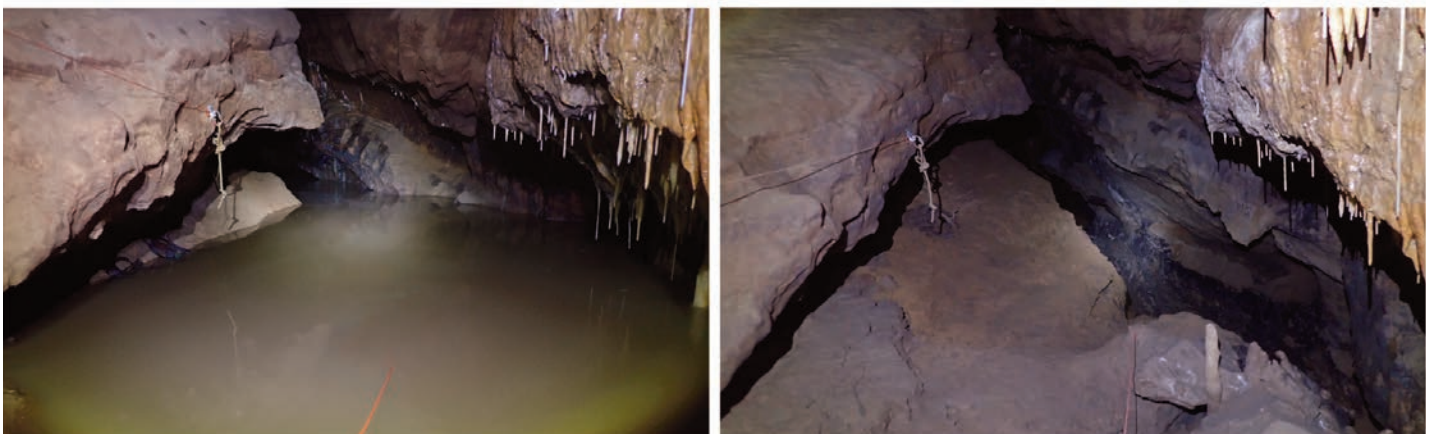


Fig 3. Dans la grotte du Noû Bleû, comparaison au niveau de la main-courante menant au puits Tournesol. A gauche, la zone est sous eau le 14/07/2021 à 19h. A droite, le 18/07, après la crue, l'eau s'est totalement retirée, ne laissant que des dépôts argileux (photos G. Roba).

Le dimanche 18 juillet, j'y retourne en compagnie d'Albert Briffoz, afin de constater les conséquences de la crue. D'après l'écume laissée sur les parois verticales du Puits Tournesol, la rivière est montée de près de 10 mètres au-dessus de son niveau normal. La main courante ainsi que l'étranglement menant au vestiaire aval sont recouvertes de 15 cm de boue liquide. Sur le chemin vers la Galerie des Cocognes, du matériel de protection et du balisage ont été dispersés en vrac. Comme nous le redoutions, au niveau des Cocognes, les gours sont recouverts de 20 cm de boue liquide (fig. 4). L'eau est montée d'un mètre dans cette galerie fossile suspendue !

Vers l'amont, en remontant la rivière, nous constatons que les berges de sédiments et certaines plages ont été fortement remaniées. Cette crue démentielle a emporté avec elle certaines formations exceptionnelles mais elle a aussi forcé certains passages qui étaient colmatés par des argiles collantes, notamment dans l'effondrement des Botteresses (terminus amont actuel).

Observations à la résurgence

Le mercredi 14 juillet vers 23h, les voisins du Lac Bleu ont constaté le début du débordement : l'eau envahit leur allée et passe à travers le jardin. Selon leur témoignage et nos observations, au maximum de la crue, le débit total est estimé à environ 10 m³ par seconde (6 m³/s en canalisation et 4 m³/s en aérien). Le Lac Bleu retournera à nouveau dans sa vasque le samedi 17 juillet en fin de matinée. Le débordement du lac a duré plus de 48 heures, laissant derrière lui une énorme quantité de limon.

Constatations

Malgré son débit estimé à 10 m³/s au pic de la crue, le dernier siphon qui alimente la résurgence n'a manifestement pas été en mesure d'absorber suffisamment rapidement les 2,4 millions de mètres cubes qui sont tombés sur le bassin durant les 72 h de précipitations (abstraction faite des pertes dues à l'évaporation, l'évapotranspiration, l'absorption, etc.). D'où la mise en charge qui a été observée et enregistrée. Le volume d'eau stocké dans la grotte durant la crue a été évalué à 40.000 m³ environ.

Nous n'avions jamais observé une telle mise en charge depuis la découverte de la grotte en 2012 (fig. 5). Il y avait bien une ligne d'écume séchée visible assez haut dans le Puits Tournesol, à peu près 1,5 m en dessous de la ligne d'écume fraîche laissée par la dernière crue, correspondant probablement à une montée d'eau nettement plus ancienne. Dans un passé



Fig 4. Les Cocognes et leur remarquable plancher concrétionné, avant les crues (au-dessus) et après le 17 juillet, recouvertes de 30 cm de boue (photos G. Rochez).

antérieur à la découverte, l'eau était déjà montée de 7,9 m au-dessus de son niveau "normal", c'est-à-dire un petit mètre avant d'inonder la galerie des Cocognes. Étaient-elles déjà en sursis ?

Depuis que nous pouvons en admirer la splendeur, la pureté des spéléothèmes et

des gours de la galerie des Cocognes étaient une des particularités qui rendait cette partie de la grotte si attrayante. Dans ces gours s'étalant sur plus de 50 m², les très fins interstices à la base des cristaux étaient exempts de la moindre trace de sédiments.

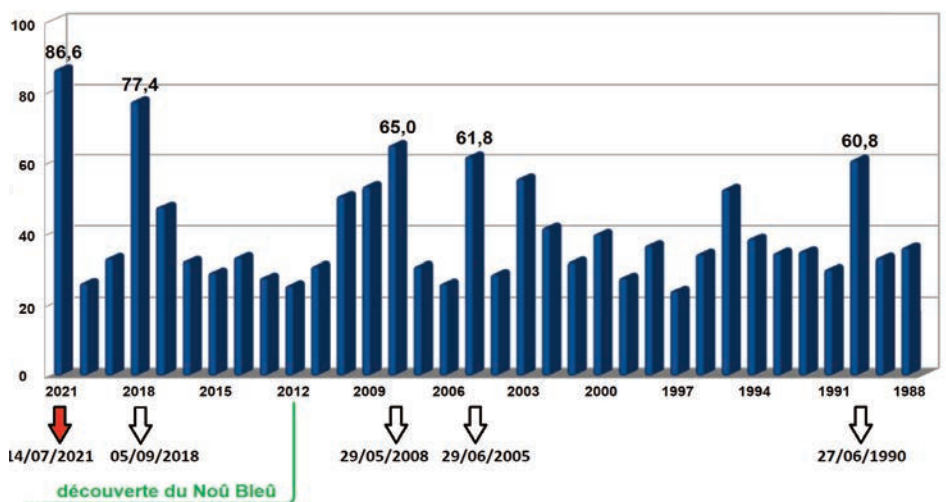


Fig 5. Précipitations sur le bassin de Sprimont-Chanxhe : maxima de 24 h enregistré chaque année à la station pluviométrique de Louveigné (source: <http://voies-hydrauliques.wallonie.be>).

Bien qu'ils se soient formés sur un lit de sédiments limoneux, depuis lors ils n'avaient manifestement encore jamais été inondés par la rivière. Lors de la crue, l'apport d'eau dans la grotte était tel que le siphon terminal n'était plus capable de l'absorber. Une mise en charge impressionnante de la cavité en a résulté, et une hausse de 10 mètres enregistrée (fig. 6).

La rivière est montée d'un mètre dans les Cocognes, laissant derrière elle une épaisse couche de boue qui tapisse à présent le sol et les cristallisations qui s'y trouvaient.

Afin de connaître la fréquence d'un tel événement, il faudrait pouvoir dater les plus vieux cristaux de ces gours et carotter les sédiments se trouvant en-dessous. Des projets en ce sens sont évidemment les bienvenus !

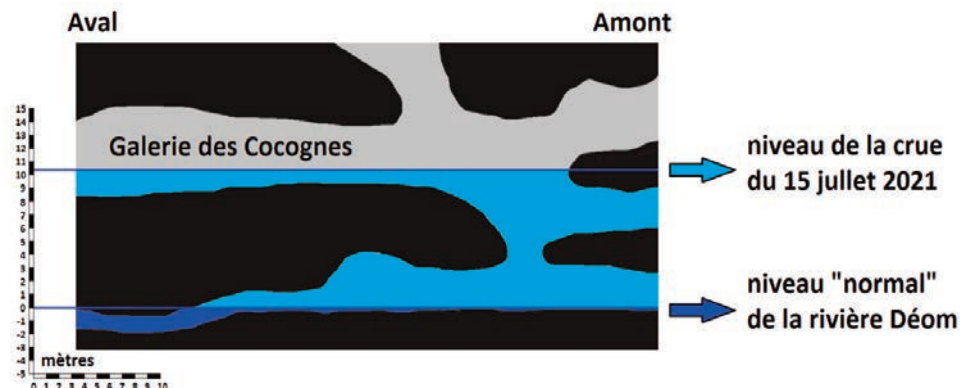


Fig. 6. Coupe schématique illustrant la montée exceptionnelle des eaux dans le réseau du Noû Bleû. La rivière souterraine a atteint le niveau fossile des Cocognes, 10 m au-dessus de son cours normal.

Conclusion

Il est bien trop tôt pour tirer des conclusions sérieuses sur les éléments qui ont déclenché ces phénomènes. Les causes sont diverses : elles dépendent d'une multitude de processus naturels, mais également de notre manière de gérer l'environnement.

La réduction incessante des parcelles boisées, l'élargissement des zones urbanisées imperméables (asphalte, béton),

l'érosion des terres arables par l'agriculture intensive, l'obstruction des pertes, sont des éléments qui accentuent le ruissellement des eaux pluviales en empêchant leur absorption, et qui favorisent le colmatage et la saturation des systèmes drainants. Ces paramètres anthropiques, nous avons le pouvoir de les changer par les choix et les actes que nous posons !

Gauthier ROBA,
Albert BRIFFOZ

CRSOA / Collectif Noû Bleû



14/07/2021 à 19h

Vue du vestiaire amont vers l'accès au parcours en rivière

18/07/2021 à 12h



Fig. 7. Pendant / après la crue. Paires de clichés témoignant de la montée impressionnante des eaux dans le réseau (photos G. Roba).

LES CRUES SUR L'OURTHE CALESTIENNE ÇA DÉBORDE DE PARTOUT... MÊME DU KARST !

HOTTON ET ENVIRONS

La Calestienne à Hotton et environs est le siège de plusieurs systèmes karstiques (fig. 1). Aucun n'a été épargné par les crues mais ils les ont subies à des degrés divers.

La rivière souterraine de la grotte de Hotton

De Verdenne à Ménil-Favay, en passant par Marenne, plusieurs chantoires absorbent les ruisseaux de surface qui se rejoignent sous terre pour former une unique rivière souterraine dont un tronçon de 900 m est visible dans la grotte de Hotton. Cette rivière sort de terre et rejoint l'Ourthe via une résurgence à Hampteau. Cet ensemble constitue le système karstique de la grotte de Hotton.

Lors de la crue, la plupart des chantoires du système ont été saturées, ont débordé et les eaux ont continué leur chemin empruntant le thalweg aval. Trois des six chantoires connues sont de belles et grandes cuvettes où, même pendant les crues hivernales, la totalité des eaux des ruisseaux qui les alimentent se perdent. La saturation et le débordement de ces trois chantoires est donc un événement



Photo 1. Les eaux excédentaires provenant de la chantoire du Moulin saturée ont terminé leur course dans le fossé séparant la route de la carrière de Marenne, comme en témoigne cette coulée de boue.

rarissime qui montre bien le caractère exceptionnel de la crue.

À la **chantoire du Moulin** à Marenne (54/8-029), les eaux excédentaires ont d'abord noyé sur 30 m de large la prairie au milieu de laquelle elle se trouve, puis ont traversé la route en contrebas (qui a

dû être interdite à la circulation) pour heureusement s'enfouir dans le sol au pied des remblais de la carrière de Marenne (photo 1).

À 450 m en aval, le **trou du Souci** (54/8-030) avait déjà dans le passé subi d'importantes modifications suite à des crues hivernales.

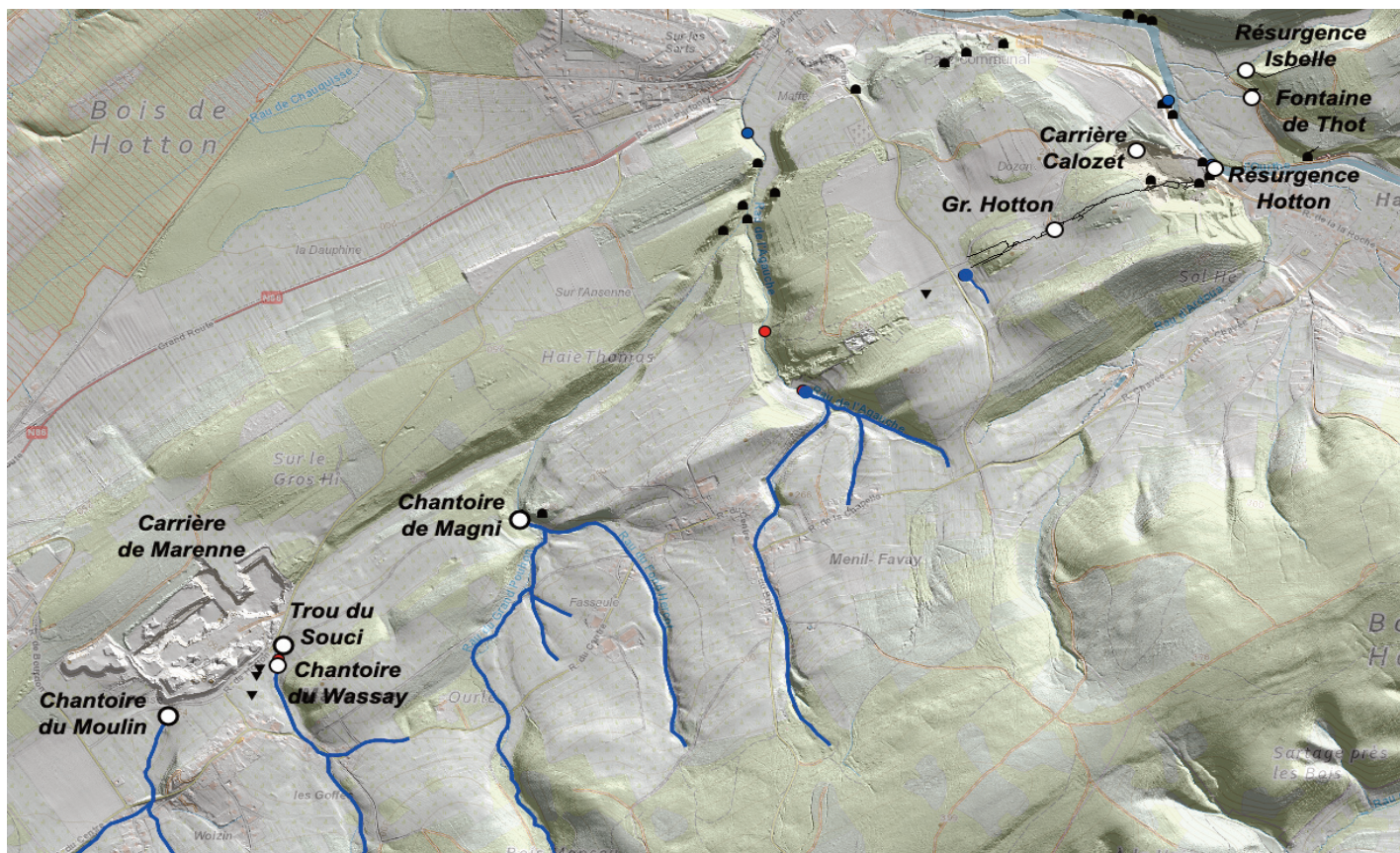


Fig 1. Vue générale des phénomènes décrits.



Photo 2. La doline de la chantoire du Wassay et sa plage de boue déposée lors de la crue. Elle va déborder et pendant quelques heures, le ruisseau va poursuivre son cours jusqu'au trou du Souci.

En effet, à la fin des années '90, deux crues annuelles successives, inondant au passage le centre de Hotton, avaient créé un effondrement, un fontis, à une cinquantaine de mètres en amont du trou et au bord même du ruisseau. Fontis qui a fini par se transformer en une impressionnante doline d'une quinzaine de mètres de diamètre et 5 m de profondeur absorbant alors entièrement le ruisseau ; c'est l'actuel **chantoire du Wassay** (54/8-051).

Depuis, plus jamais pendant plus de 20 ans, et même au pire des hivers pluvieux, les eaux n'avaient atteint le trou du Souci exploré pourtant dans les années '50 par le Spéléo Club de Belgique sous les cascades d'eau de cette belle cavité toute verticale.

Mais en juillet dernier, la doline du Wassay a saturé (photo 2), permettant aux eaux de reprendre le thalweg historique et à nouveau pénétrer dans le trou du Souci plus de 20 ans après... Et cela a manifestement suffi à absorber toute l'eau qui ainsi n'a pas continué au-delà dans la vallée.

À la **chantoire de Magni** (54/8-031), là aussi, saturation complète de la doline permettant au ruisseau de reprendre le vallon habituellement à sec et ainsi rejoindre le ruisseau de l'Agauche 1500 m en aval. A la décrue, on a constaté que sur le versant de la doline opposé au point d'entrée habituel de l'eau, un autre s'est créé, bien plus important mais malheureusement impénétrable (photo 3).

Dans la **grotte de Hotton** (55/5-005), le niveau de l'eau est monté de 6 m, soit 4 m plus haut que le niveau de crue habituellement observé en hiver. Avec comme conséquence le noyage total des infrastructures touristiques, dont une armoire électrique, pourtant installée 2,5 m plus haut que le lit d'étiage du ruisseau.

Ailleurs dans la grotte, heureusement, les eaux n'ont pas pu souiller l'important et magnifique concrétionnement généralement situé bien plus haut dans des galeries fossiles.

La rivière souterraine sort à la **résurgence de Hotton** (55/5-007) située à Hampteau, juste au pied du versant en rive gauche de l'Ourthe. A cet endroit, le versant recouvert d'un appareillage de blocs calcaires sur toute sa hauteur, est aussi le talus de soutènement de la route nationale située juste au-dessus.

Depuis sa construction, l'eau a, avec le temps, effectué un travail de sape et de soutirage qui a abouti à la création d'un vide et l'effondrement partiel du mur juste au-dessus de la résurgence. Au vu de la quantité d'eau qui coulait dans la grotte, on pouvait s'attendre au pire quant à l'état du mur déjà fort mal en point.

Pendant la crue et les jours qui ont suivi, la résurgence était invisible, car submergée par l'Ourthe. Huit jours plus tard, l'accès par la berge étant toujours problématique, c'est en face depuis l'autre rive qu'on a enfin pu l'observer.

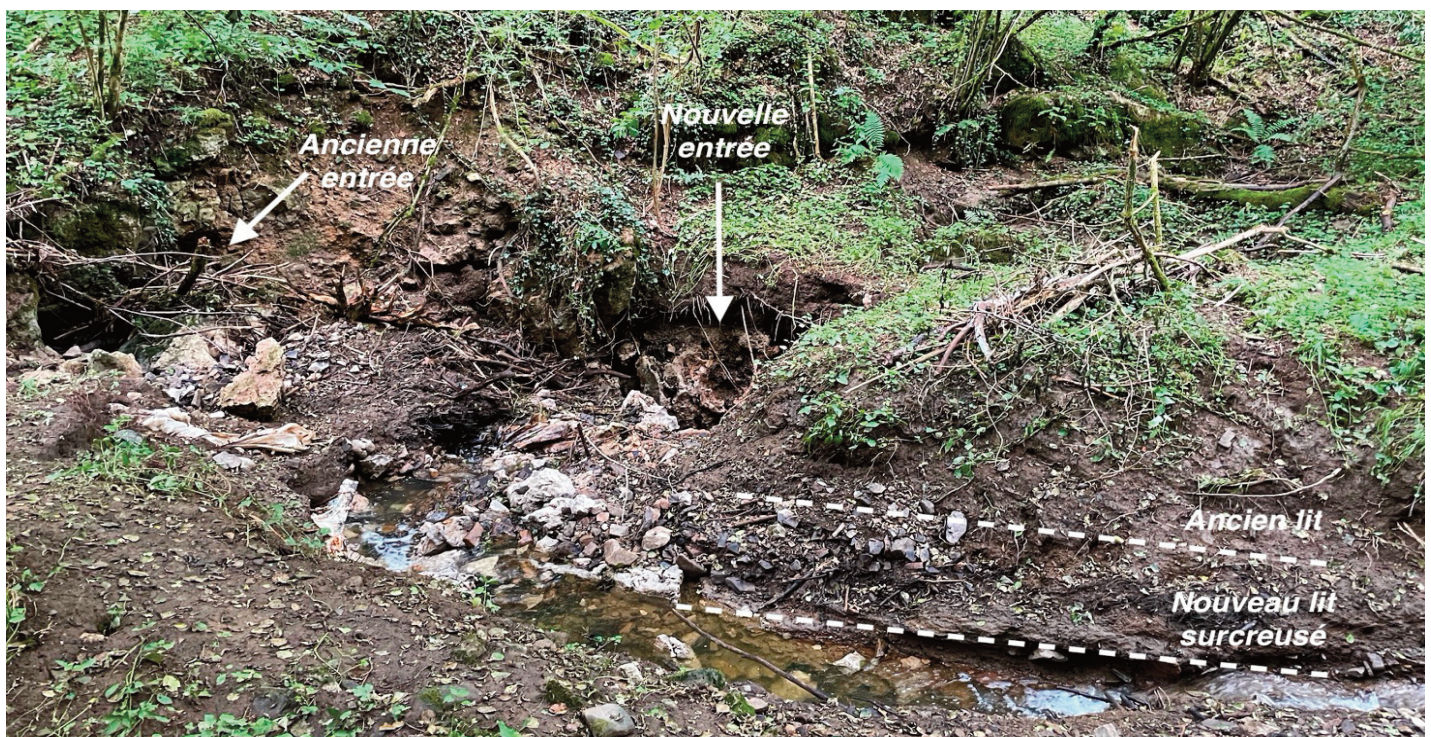


Photo 3. La doline de la chantoire de Magni a été profondément modifiée par la crue. Le lit du ruisseau s'est approfondi et un nouveau point d'absorption s'est ouvert.

C'est ainsi qu'on a pu se rendre compte que la largeur du trou dans le mur de soutènement avait quasi doublé et que ce mur avait sérieusement souffert sur une grande largeur de part et d'autre de la résurgence.

Les dégâts sont principalement situés à la base du mur, au niveau de l'eau, ce qui pourrait rendre problématique la stabilité générale de celui-ci (photo 4). Mais, finalement, la catastrophe prévue n'a pas vraiment eu lieu. L'explication se trouve ailleurs.

De l'autre côté de la route passant au-dessus de la résurgence, se situe l'ancienne carrière Calozet (55/5-060) où a été découverte la grotte de Hotton en 1958. Cette découverte n'a pas arrêté à l'époque l'exploitation de la carrière qui a malheureusement détruit une partie de la grotte jusqu'à son arrêt en 1989. C'est une carrière dont l'exploitation s'est faite "en surface", en creusant la colline à l'horizontale sans descendre en profondeur, c'est pourquoi son sol est situé une petite dizaine de mètres au-dessus de l'Ourthe.

Lors de la crue, les gestionnaires de la grotte de Hotton nous ont transmis quelques photos des inondations de l'Ourthe prises depuis le haut de la carrière où existe un point de vue accessible par un



Photo 4. Le mur de soutènement de la route malmené par la crue. Le trou à droite surplombe la résurgence de la grotte de Hotton. Il s'est nettement agrandi suite au coup d'eau.

sentier au départ du bâtiment de la grotte. L'une d'entre elles a attiré notre attention car on peut y voir un important flux d'eau coulant dans le fond de la carrière. Nous avons été le lendemain *in situ* pour en savoir plus (photo 5).

À l'entrée de la carrière, la décrue ayant été rapide, on ne voit plus d'eau couler, mais au vu des traces laissées sur le sol, on se rend bien compte qu'elle est passée par là et qu'elle a même traversé la route nationale pour se jeter en contrebas dans

l'Ourthe.

Ensuite on peut aisément remonter les traces du lit de ce ruisseau éphémère jusqu'à l'ancien front de taille, là où il y a un éperon rocheux à l'intérieur duquel se trouve l'extrémité actuelle de la grotte de Hotton.

À cet endroit, au pied de la paroi, on distingue clairement les endroits d'où les eaux sont sorties de la roche et cela tout autour de l'éperon (photo 6).



Photo 5. Vue depuis le haut de l'ancienne carrière Calozet où on voit, sur la gauche, le ruisseau éphémère couler vers la route.



Photo 6. Au pied de l'éperon rocheux dans la carrière Calozet, les points de sortie des eaux sont bien visibles.

De cette situation, on peut aisément supposer que le volume d'eau était tel que le ou les conduits habituels existants étaient insuffisants pour drainer ce flot d'eau exceptionnel !

Celui-ci s'est donc frayé un nouveau chemin à travers d'autres conduits et fissures supérieurs pour rejoindre le niveau de base qu'est l'Ourthe (fig. 2)

On peut donc en conclure que le dégagement de la roche par la carrière a permis d'avoir une sorte de soupape de sécurité par où l'eau est sortie, évitant ainsi à la résurgence un effet conjugué de pression et de piston qui aurait entraîné l'effondrement du talus et sans doute la route nationale. Ailleurs, un scénario identique n'a pas eu le même happy end...

Le système karstique de Soy - Ny

À l'Est du village de Soy se trouvent trois chantoires dont les eaux souterraines convergent pour sortir à la résurgence de Ny (55/1-046). Cette résurgence draine très probablement aussi le vaste plateau-cuvette calcaire situé entre les deux villages, suivant un axe Est/Ouest (fig. 3).

C'est dans le haut du village de Ny, au pied et dans une boucle de la route qui mène à Mélines, que se trouve la résurgence. Ce n'est qu'au deuxième jour de la décrue qu'il a été possible de se rendre sur place. Nous avons constaté que les eaux coulaient encore bien de partout et nous avons pu nous rendre compte de visu de la puissance de celles-ci.

Comme à la carrière d'Hampteau, on a assisté ici à une saturation des conduits habituels de la résurgence, incapables de drainer la soudaine masse d'eau souterraine. C'est par ces conduits supérieurs et latéraux que l'excédent s'est écoulé et, ici aussi, 5 à 6 m plus haut que le seuil de déversement habituel de la résurgence.

Mais contrairement à la carrière de Hotton, comme il n'y avait manifestement pas

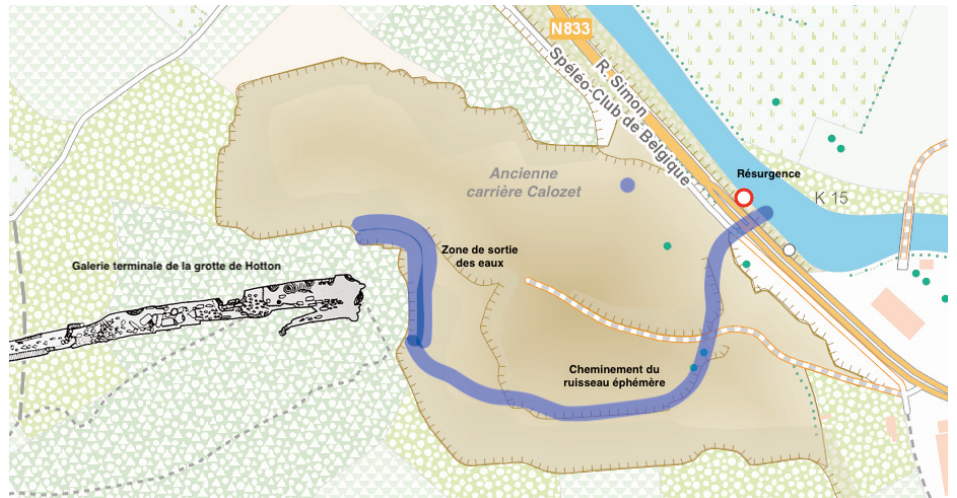


Fig. 2. Plan de l'ancienne carrière Calozet. À gauche, l'extrémité actuelle de la grotte de Hotton ; en bleu, le trajet du ruisseau éphémère.

ici en amont de possibilités de sortie, les écoulements se sont fait au travers de l'assise routière, crevant littéralement celle-ci en générant un important effondrement de la route (photo 7) et, à l'inverse un peu en contrebas, un soulèvement ! À la décrue, une fois l'écoulement tari, ce soulèvement s'est effondré, créant

une tranchée au travers de la route. Le trou de l'effondrement fait 2 à 3 m de diamètre pour 1 m de profondeur environ. À l'intérieur, on voit clairement qu'on est dans du terrain meuble emporté par les eaux.

On notera qu'il existe aussi une ancienne carrière plus haut et à proximité immédiate



Photo 7. L'état de la route passant au-dessus du drain karstique alimentant la résurgence de Soy, quelques jours plus tard lorsque les eaux ont cessé de couler.

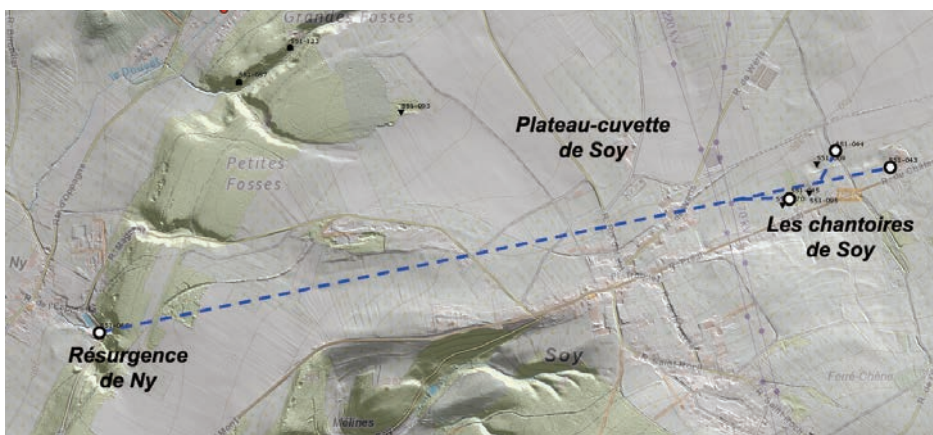


Fig. 3. Carte du système karstique de Soy/Ny. Le pointillé bleu est le trajet théorique des eaux, prouvé par traçage.

de la résurgence. Nous l'avons examinée mais on n'y voit nulle part de traces d'éventuelles sorties d'eau, bien que de belles traces de karstification sont visibles sur les parois du front de taille.

Comme son sol est à environ 6 m au-dessus de la résurgence, on peut en déduire qu'il n'y a pas ici de conduit en relation avec celle-ci.

La vallée de l'Isbelle

Le ruisseau Isbelle offre la particularité d'avoir généré deux rivières souterraines distinctes mais aux écoulements proches et parallèles qui sortent chacune de deux résurgences voisines éloignées de seulement une centaine de mètres.

LA GROTTTE DE BOHON À DURBUY

Malgré un relatif petit bassin d'alimentation, l'Isbelle n'a pas été en reste pour ce qui est de l'ampleur de l'écoulement dans la vallée. En effet, c'est la constatation la plus surprenante de cette zone, entre les premières pertes en aval de Mélines jusqu'aux résurgences, c'est à dire sur près de 3 km, toute la largeur du valon a été envahie par les eaux. Le ruisseau a coulé pendant ces deux jours de bord à bord, de rive à rive, occupant entièrement son lit majeur qui par endroit est large d'une cinquantaine de mètres alors que son lit habituel d'étiage ne fait au maximum que 5 m. C'est vraiment une situation exceptionnelle car, même lors de la dernière très grosse crue hivernale de janvier 2011, si les eaux sortaient du lit habituel, elles ne créaient dans le talweg que des bras d'eau parallèles séparés par des « îles ». À aucun endroit, l'eau n'occupait toute la largeur de la vallée.

Ici la décrue a été aussi rapide que la crue, car lors de notre visite le lendemain de ces deux jours, soit le 16 juillet, le ruisseau ne coulait déjà plus que dans son lit d'étiage. Par contre, il a laissé de très nombreuses traces de son passage. Tout le long de la vallée, la végétation est couchée, témoin du passage de l'eau.

Tout à l'amont de la partie karstique, un imposant barrage de castor de près de 20 m de large, est invisible sous les flots. Les deux ponts de bois qui permettent aux randonneurs de franchir le ruisseau à pieds secs ont été emportés. A l'aval, dans la prairie face à la **résurgence** (55/5-011), une clôture de barbelés a été arrachée sur plusieurs dizaines de mètres. La pente de l'Isbelle est supérieure à 2 m pour 100 m, cela a certainement joué dans la force des eaux. Une semaine plus tard, la rivière revenue à l'étiage, on a pu constater que le barrage de castor (55/5-052) n'existe plus ! Cet imposant et impressionnant édifice a été complètement balayé par la force de l'eau !

À noter également qu'à la **Fontaine de Thot** (55/5-009), résurgence de la rivière souterraine Est, le récent aménagement de celle-ci, constitué d'imposants blocs métriques de calcaire, s'est disloqué et effondré, ne résistant pas à la pression de l'eau (photo 8). Il est à noter que si cet aménagement n'avait pas été réalisé, c'est probablement tout le chemin qui surplombe la fontaine qui aurait été emporté !

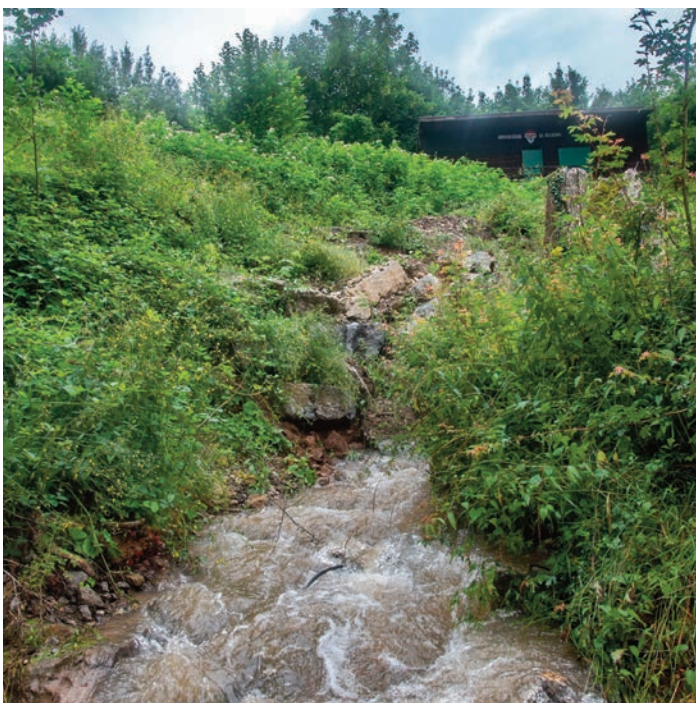


Photo 8. La Fontaine de Thot. À l'arrière-plan, on devine le mur de bloc disloqué par la crue.

Dans une boucle de l'Ourthe située 2,5 km au nord-est et en aval de Durbuy, les eaux de celle-ci prennent un raccourci souterrain à travers le massif calcaire. Ce recouplement de méandre a généré une belle cavité, la grotte de Bohon (55/1-013), dont une partie consiste en deux galeries superposées : l'inférieure où coule la rivière et la supérieure considérée comme fossile, c.-à-d. abandonnée par les eaux et où le concrétionnement peut se développer, marquant apparemment ainsi le caractère définitif de l'arrêt des écoulements.

Nous sommes allés examiner les lieux au troisième jour de la décrue, soit le 18 juillet. À l'extérieur, aux alentours de la grotte, les traces de boue sur le sol et la végétation marquent bien la hauteur d'eau atteinte par l'Ourthe qui est plus haute que le seuil du porche d'entrée de la grotte.



Fig. 4. Vue aérienne du recouplement de méandre de Bohon (topo : Yves Quinif).

À l'intérieur du porche, le sol est couvert d'une couche de boue, ce qui confirme qu'il a été envahi par les eaux mais il est difficile de dire si c'est de l'extérieur par l'Ourthe ou de l'intérieur par la rivière souterraine - probablement un mélange des deux. Toutes les traces de pas ont disparu, le sol est redevenu comme vierge. On peut y voir également des rides longitudinales qui marquent un écoulement des eaux vers la rivière souterraine lors de la décrue.

Au fond du porche et dans la galerie supérieure fossile qui le prolonge, on voit nettement sur les parois la marque des eaux qui a submergé les lieux. Au sol subsistent des plaques résiduelles, mais surtout on voit que les piquets et les fils du balisage qui protègent le concrétionnement sont recouverts de brindilles dont le sens d'accrochage indique clairement que le flux d'eau venait de l'amont et se dirigeait vers l'aval (photo 9). Cela démontre que c'est bien la rivière souterraine qui est passée là et avec du courant.

À plusieurs endroits dans la galerie supérieure, on peut observer l'effondrement de la glaise qui couvre les parois latérales. L'un d'eux barre carrément le passage.



Photo 9. A gauche l'amont, à droite l'aval. L'orientation des brindilles indique clairement le sens du courant qui se dirigeait vers l'aval, démontrant le passage de la rivière souterraine à cet endroit.

Enfin les perles des cavernes nichées dans le sol peu après le premier grand regard sur la rivière, n'ont pas été emportées par les eaux mais sont bien maculées de boue. Espérons que le ruissellement continu qu'elles subissent les blanchira à nouveau comme cela a été le cas dans le passé.

En conclusion, on peut dire qu'on a assisté ici à un phénomène rarissime de la rivière souterraine qui a à nouveau coulé dans une galerie qu'elle a abandonné depuis des temps immémoriaux.

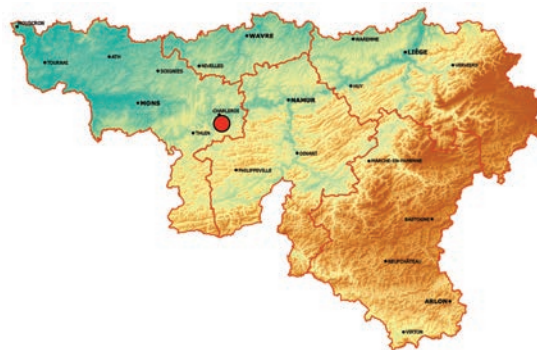
Charles BERNARD
CWEPESS & Spéléo-Club de Belgique

LE RUISSEAU DU FOND DES HAIES. DE LA DISCRÉTION À LA DÉMESURE

Dans l'Eco Karst 117 (septembre 2019), Xavier Vicca nous présentait un itinéraire karstique à Loverval, entité de la commune de Gerpinnes à quelques kilomètres au sud de Charleroi.

Parmi les cours d'eau qui alimentent la localité, le ruisseau du Fond des Haies se fait assez discret en empruntant par endroits un cheminement souterrain dans le bois du Prince.

En raison des fortes précipitations des 16 et 17 juillet 2021, comme la plupart des cours d'eaux de Wallonie, le ruisseau est sorti de sa réserve. Cela a évidemment occasionné quelques dégâts assez impressionnants, mais ceux-ci sont heureusement limités et ont rapidement pu être remis en état.



Pascale Somville et moi-même nous sommes rendus sur place le 19 août, soit près d'un mois après la crue, afin d'observer les effets.

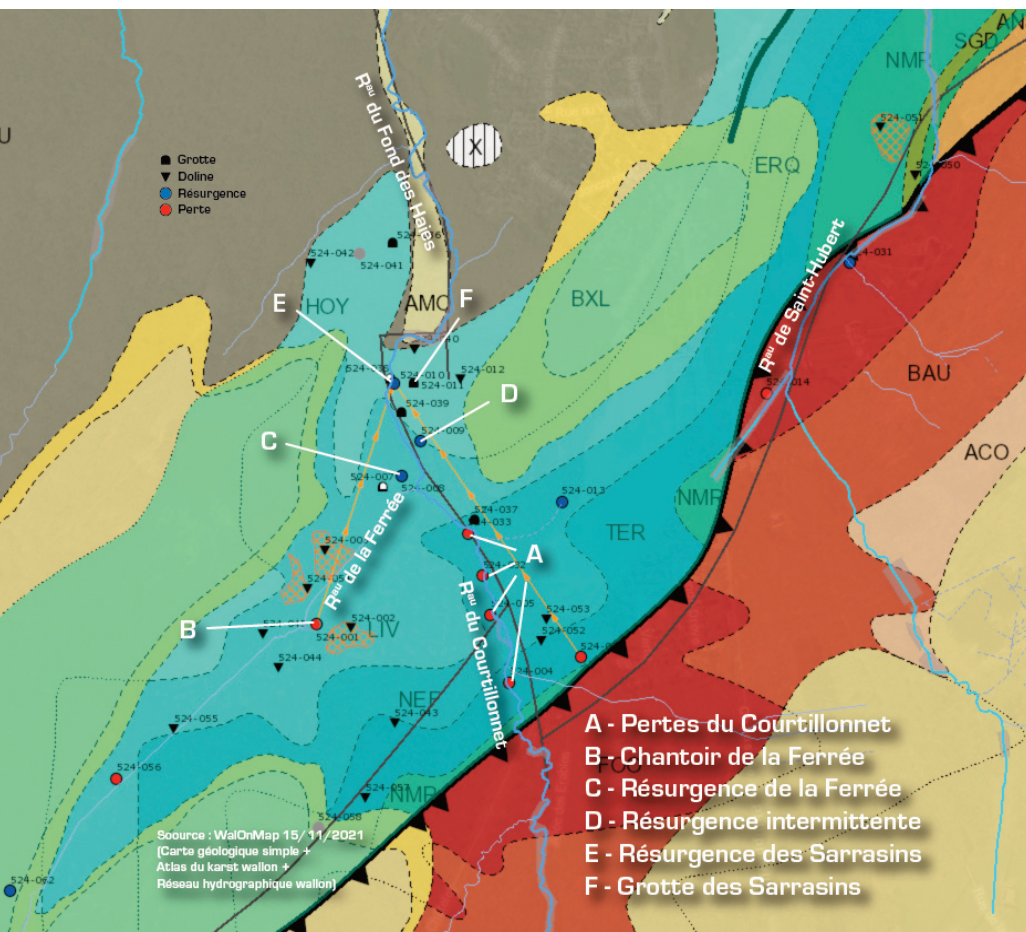
Le Courtillonnet

Le cours principal du ruisseau du Fond des Haies prend sa source à Nalines-Bultia, village voisin de Loverval, dans un terrain sableux attribué à la formation de Bruxelles. Certains auteurs nomment cet amont du ruisseau comme étant le Courtillonnet, le Fond des Haies étant véritablement amené à l'existence grâce à tout un ensemble de petits affluents qui s'écoulent dans les bois de Nalines et de Loverval.

Au point 1 de l'itinéraire, une station d'épuration destinée à traiter les eaux résiduaires des habitations du quartier de la Ferrée se situe à l'orée du bois, là où le ruisseau rejoint les formations calcaires de Terwagne et de Neffe.

Le cours d'eau évolue ensuite au travers des formations de Lives et du Hoyoux. Cela lui confère la particularité de s'abandonner progressivement, via plusieurs **perles diffuses** (carte ci-joint, A - 52/4-004 -032), vers un cours souterrain.

Ainsi, toute une partie du cours surfacique reste naturellement asséchée la majeure partie de chaque année.



- A - Pertes du Courtillonnet
- B - Chantoir de la Ferrée
- C - Résurgence de la Ferrée
- D - Résurgence intermittente
- E - Résurgence des Sarrasins
- F - Grotte des Sarrasins



Photo 1. L'entrée du chantoir de la Ferrée-Borgneri plusieurs jours après la crue de juillet 2021. Le cours d'eau est totalement à sec, mais la disposition des galets et le relief se sont légèrement modifiés. La végétation témoigne que le cours d'eau est sorti de son lit avec violence. Sous les chaussures, l'argile fraîche colle encore.



Photo 2. Le chemin forestier qui longe le lit aérien et sec en permanence du ruisseau de la Ferrée est emprunté par de nombreux promeneurs et joggeurs. Il n'était pas en excellent état, et s'est encore considérablement raviné suite à la crue.

Lors de notre visite en août, le cours d'eau se perdait intégralement dans ces chantoirs, comme à l'accoutumée. Les seules traces visibles de la crue étaient la végétation au niveau du sol, autour du ruisseau, qui était encore couchée.

Le ruisseau et le chantoir de la Ferrée

Parallèlement à l'écoulement du Courtillonnet, le ruisseau de la Ferrée prend sa source à Nalines-Haies, également en formation de Bruxelles. Il devient un affluent encore plus discret que le cours principal, car une vaste dépression contenant le chantoir de la Ferrée-Borgneri (B - 52/4-001) absorbe habituellement toutes les eaux, même lors des crues annuelles.

Cela, c'est en temps normal, car la crue de juillet a fait figure d'exception. En effet, bien que le cours d'eau se soit retrouvé à sec quelques jours seulement après les violentes crues (photo 1), de nombreux indices tels que l'état du chemin forestier longeant le chantoir (photo 2), le défoncement d'un carrefour en aval, le dépôt d'une couche supplémentaire de sédiments sur le sol et la végétation encore couchée, indiquent que le chantoir n'a pas été capable d'absorber l'intégralité du torrent.

La dépression possède plusieurs points de perte successifs. Au moment de notre visite post-crue, le ruisseau était à sec et, donc, aucune de ces infiltration n'était plus active. Toutefois, le sol restait meuble, et, par rapport à nos souvenirs de visites précédentes, il nous semble bien que les pertes ont pu se déplacer légèrement et s'agrandir au gré de la crue.

L'eau y a drainé bien des déchets plastiques et métalliques ainsi que bon nombre de branchages.

La résurgence de la Ferrée

A la fois en contrebas de l'ancienne carrière de calcaire Borgneri et à la confluence des ruisseaux du Courtillonnet et de la Ferrée, se situe la résurgence de la Ferrée (C - 52/4-008), qui n'est que temporaire et rarement active.

En août 2021, nous constatons que la roche est bien propre et dégagée : d'une part, bon nombre de petits cailloux se sont retirés autour du point de résurgence qui fait une quarantaine de centimètres de profondeur alors qu'il était partiellement comblé auparavant et, d'autre part, les mousses ont disparu autour de ce point. Sur les rochers autour de la résurgence,

on peut observer de jolies cupules d'érosion (photo 3), probablement déjà présentes avant la crue.

Entre les résurgences

En aval de la résurgence de la Ferrée et de la confluence qui jouxte cette dernière, le ruisseau du Fond des Haies présente deux résurgences successives : la première (D - 52/4-009) est intermittente et la seconde (E - 52/4-010), qui ne se retrouve à sec à aucun moment de l'année, est la source située en contrebas de la grotte des Sarrazins, à partir de laquelle le ruisseau n'a plus de cours souterrain.



Photo 3. Cupules d'érosion sur un bloc de calcaire dans la zone de la résurgence de la Ferrée. Le site qui était envahi par les graviers et les mousses a été totalement décapé par la crue.



Photo 4. Dans cette partie, la crue a pu nettoyer à haute pression le lit enroché du Fond des Haies. Quasiment aucun gravier ni aucune alluvion n'y sont restés. De l'eau stagnante est stockée dans quelques vasques.

Sur ce tronçon (photo 4) qui fait environ 200 mètres, à sec lors de notre visite, la crue a réalisé un imposant travail de lessivage : tantôt débordant simplement de son lit, tantôt creusant des ornières dans son fond et tantôt mettant la roche à nu, comme par nettoyage à haute pression.

La résurgence des Sarrasins

Au contact avec les formations schisteuses, la source des Sarrasins (E - 52/4-010), quant à elle, n'a aucunement changé ses habitudes ; les eaux souterraines continuent à en sortir sous pression par gros bouillons (photo 5). La source possède plusieurs points de résurgence, dont certains suintent de la rive droite et d'autres surgissent directement dans le lit du ruisseau. Ces différents points étaient particulièrement actifs lors de notre visite.



Photo 5. Parmi les différents points de résurgence de la source des Sarrasins, celui-ci est situé à même le lit du ruisseau. L'eau en sortait par gros bouillons lors de notre visite d'août.

Les méandres schisteux

En aval de la résurgence, le vallon du Fond des Haies est plus large et le ruisseau dessine quelques méandres en terrain houiller. Dans chaque méandre, nous voyons la parfaite illustration du processus d'érosion du lit, consistant en la formation de berges verticales sur les rives concaves et la formation de barres de méandre, accumulant les dépôts sédimentaires, sur les rives convexes.

Le processus était évidemment déjà présent sur le ruisseau avant la crue, mais il nous paraît d'autant plus remarquable dans les semaines qui suivent, parce que les rives ainsi refaçonnées sont encore brutes, relativement exemptes de végétation.

Çà et là, nous observons des branchages transportés par la crue, qui se sont accumulés contre divers obstacles tels qu'un pont et des arbres (photo 6). Nous ne pouvons pas être certains que les arbres déracinés (chablis) soient en lien avec les intempéries et la crue, bien qu'il soit fort probable que ces dernières aient détrempe le sol enveloppant les racines et contribué à ce que les arbres tombent.



Photo 6. Des troncs agglutinés devant un pont, en aval de la source des Sarrasins.

Les grands lacs et l'aval

Les « Grands Lacs » sont deux plans d'eau créés artificiellement vers 1920 avec une fonction récréative pour les habitants de la région de Charleroi qui venaient s'y promener et s'y détendre. Leur dénomination fait référence à une région d'Afrique orientale, à une époque où la Belgique était en pleine expansion coloniale.

Avec respectivement 0,0129 km² et 0,006 km², les lacs du Fond des Haies restent, il faut l'avouer, très modestes en comparaison avec les 68.000 km² du lac Victoria...

Les lacs de Loverval ont pourtant subi une grosse déconvenue lors de la crue du mois de juillet, leur niveau s'étant élevé d'un bon mètre au-dessus de leur niveau normal. De même, alors qu'elle venait d'être rénovée entièrement l'année précédente, la piscine de plein air « Charleroi-les-bains » coincée entre les deux lacs, a elle-même été envahie par la boue et est restée fermée une quinzaine de jours. Le service travaux de la commune de Gerpinnes est ensuite intervenu pour enlever les arbres déracinés, branchages et déchets qui s'étaient agglutinés le long du ruisseau (photo 7).

Et au-delà ? Canalisé depuis les lacs, le ruisseau du Fond des Haies traverse le quartier de l'Amérique à Couillet. Il est ensuite



Photo 7. Au pic de la crue, la piscine, envahie par les eaux, ne faisait pratiquement plus qu'un avec le plus grand des deux lacs que l'on devine en arrière-plan. L'eau, sur la droite, provient du petit lac (photo Bernard Dombrecht).

dirigé vers un collecteur souterrain et rejoint ainsi le ruisseau de Saint-Hubert, autre ruisseau important qui a attiré notre attention dans l'Eco Karst 116 (juin 2019) parce qu'il avait créé un effondrement à côté d'une crèche pendant une crue.

De ce côté, l'effondrement a été comblé et recouvert d'un géotextile qui a tenu bon en juillet, et le ruisseau de Saint-Hubert a donc fort peu fait parler de lui, si l'on excepte que la crèche se serait retrouvée entourée d'eau pendant une période limitée. À l'abri des regards, les deux ruisseaux réunis finissent leur course dans la Sambre, au terme d'un long parcours sous la ville.

Notes finales

Les intempéries qui se sont abattues sur la Wallonie en juillet 2021 ont eu pas mal de conséquences à Loverval : déplacement de sédiments argileux, subtile migration de pertes, charriage de branches, affinage des méandres, décapage de roches, retrait de végétation, déracinement d'arbres, détérioration de chemins forestiers, appropriation de piscine, etc.

À Loverval, la couverture végétale du bois du Prince permet d'absorber une partie des eaux d'infiltration. Le système kars-

tique peut lui aussi faire tampon et ralentir, dans une certaine mesure, les crues. Enfin, les digues des lacs ont, elles, joué un rôle de frein final.

Par chance, la crue s'est arrêtée au moment où tous les freins arrivaient à saturation. Le quartier de l'Amérique à Couillet, dont les habitants étaient inquiets puisque se trouvant en aval des lacs, n'a donc pas été inondé.

Les dégâts aux installations humaines ont, en principe, pu être réparés assez rapidement. Il n'y a donc rien eu, à Loverval ou Couillet, de comparable à ce qui a été vécu dans d'autres régions de Wallonie. Il n'en reste pas moins impressionnant que l'eau se retire et reprenne un cours normal et calme presque aussi vite qu'elle est arrivée.

Phénomène exceptionnel ? Les habitants de Loverval et de Couillet se remémorent que la dernière crue du genre, au même endroit, s'est produite en 2011, c'est-à-dire il y a exactement dix ans. Tant en 2011 qu'en 2021, en plus d'un déferlement de boues dans les lacs et la piscine de Loverval, les caves des habitations du centre de Couillet ont été particulièrement touchées.

Certains riverains du ruisseau du Fond des Haies voient donc en ces crues un

phénomène qui tend à devenir récurrent. Ils attirent l'attention sur le fait que les digues des lacs de Loverval et les canaux furent calculés il y a un siècle, déjà, sur base des conditions climatiques de l'époque. Cela date ! Depuis lors, l'urbanisation en amont de ce « système », à Loverval comme à Nalinnes, a certainement modifié les données d'entrée du calcul.

L'événement de juillet peut sonner comme un signal d'alarme pour l'avenir, pour lequel les climatologues prédisent des épisodes d'intempéries de plus en plus soudains et intenses. Il convient donc de réévaluer le système pour s'assurer qu'il reste adapté, et de réviser les installations de façon à freiner des crues potentiellement de plus en plus fortes.

De plus, il est impératif de veiller à l'entretien périodique du système : par exemple, vider le fond des lacs et des souterrains artificiels de leurs sédiments, limiter le développement de la végétation aux abords du ruisseau, etc. De cette manière, les crues et les inondations qui en résultent, pourront certainement rester freinées et contenues.

Daniel LEFEBVRE
Groupe Spéléo de Charleroi

À ROCHEFORT, LES PIEDS... ET MÊME LA TÊTE DANS L'EAU !



La crue des 14 et 15 juillet 2021 a affecté le bassin de la Lomme, avec une intensité moindre qu'à l'Est de la Belgique, mais néanmoins avec des niveaux d'eau inconnus de mémoire d'homme et des conséquences dramatiques pour les riverains.

À Rochefort, au plus fort de la crue, l'eau est montée 2 à 3 m plus haut que les plus fortes crues récentes, à savoir celles du 7 janvier 2011 (140 m³/s) et du 3 juin 2016 (135 m³/s) - fig. 1. Le débit maximum de cette crue est difficile à évaluer : les limnigraphes ont pour la plupart été débordés, au propre comme au figuré, en particulier celui de Rochefort.

Se baser sur les affluents est tout aussi hasardeux : si celui de la Lomme à Forrières montre un pic de bon aloi à 130 m³/s, par contre celui de la Hedrée à Hargimont a rendu l'âme à 58 m³/s et celui de la Wamme à Hargimont affiche un 105 m³/s chaotique. À ceci, il faudrait encore ajouter les petits affluents transformés en rivières... et l'important ruissellement venu gonfler tous ces cours d'eau, le sol étant totalement saturé au plus fort des précipitations.



Fig. 1. La grange en brique en rive gauche de la Lomme en amont du porche de Nou Maulin. A gauche, la situation en janvier 2011 lors des inondations causées par la fonte de neiges. Le débit de la Lomme avait été mesuré à 140 m³/s. A droite, la ligne de crue de juillet 2021, 2 bons mètres plus haut. Nous ne disposons d'aucune valeur de débit, tous les limnimètres ayant été détruits.

Quelle est la récurrence d'un tel événement ?

En termes de gestion de crise, de mesures de protection et de décisions lorsqu'il s'agit de reconstruire après une telle catastrophe naturelle, il est primordial de savoir si ce type d'événement s'est déjà produit dans le passé et quelle est sa fréquence de retour. Selon un nombre croissant d'experts, ces crues exceptionnelles (au même titre que les périodes de sécheresse qui frappent de manière récurrente, asséchant chaque année la Lomme à l'aval de Rochefort pendant plusieurs mois) sont au moins en partie liées au changement climatique. Ceci impliquerait que leur fréquence et même leur intensité augmentent à l'avenir... et que d'exceptionnel, le phénomène le devienne de moins en moins !

À ce stade, nous avons peu d'éléments : pas de récit de crues similaires, pas de marques témoins de crues passées sur les bâtiments à ces hauteurs.

Il faut cependant garder à l'esprit que les plaines alluviales qui occupent le fond des vallées se constituent par dépôt d'alluvions et donc par ennoissements récurrents, même s'ils sont peu fréquents. Une rivière peut réoccuper son lit majeur de temps à autre, même en l'absence de barrages de castors. C'est là une situation hydrologique normale, qui peut virer au drame si le lit majeur a été imprudemment urbanisé.

Impacts directs sur le karst

A l'heure d'écrire ces lignes, il semble que la crue n'ait pas ouvert de nouvelles cavités, ni colmaté d'entrées majeures connues dans le bassin de la Lomme. Même aux endroits sensibles, comme par exemple la

perte de la route de Han, dans laquelle la rivière avait disparu en 1972 avec une partie de la route, rien ne semble avoir bougé.

Une petite exception toutefois, due à un concours de circonstances : emporté par la rivière, un container coincé sous le pont du RAVeL (fig. 2) en amont de Rochefort, a forcé le courant à passer en rive gauche, éventrant la digue et la berge sur une dizaine de mètres et répandant son contenu dans la prairie. Après la crue, une petite perte capable d'absorber quelques litres par seconde y est apparue. La situation a été rétablie au 28 novembre ; la berge a été reconstruite, sans la digue.

À l'intérieur des cavités, peu de choses également à signaler : un talus d'alluvions qui flue dans la salle terminale de la **Fosse aux Ours** - 593-035 (communication orale de Geert De Sadelaer), un amas de blocs qui est descendu sur un chemin touristique dans la Salle du Sabbat de la **grotte de Lorette** - 593-044...

Effets collatéraux

La crue et la hauteur d'eau exceptionnelle ont eu aussi des effets indirects :

Dans les **grottes touristiques de Han et Lorette**, des équipements (notamment électriques) habituellement hors crue ont été submergés ; leur remise en état a nécessité 5 jours d'inactivité touristique à Han et 17 jours à Lorette, en plein cœur de la haute saison.



Fig. 2. Container coincé au pont du RAVeL, qui a fonctionné comme un barrage, provoquant une hausse locale des eaux et entraînant la destruction de la berge et de la digue.



Fig. 3. Déchets en tout genre et "contenu" du magasin d'électro-ménager, accrochés à la passerelle (elle-même arrachée), à hauteur de la station d'épuration à l'aval de Rochefort.

Ces dernières années, avec la prise de conscience en faveur de la protection du milieu et les opérations de nettoyage des berges, on pouvait noter une diminution des déchets anthropiques terminant leur course dans les grottes.

La crue de cet été a complètement changé la donne en balayant des zones anthropisées et emportant tout sur son passage. Il y a par exemple un magasin d'électroménager entre Rochefort et Jemelle qui venait d'ouvrir ; tout son stock s'est retrouvé éparpillé en aval (fig. 3).

Citons aussi les **hydrocarbures** de diverses cuves à mazout et peut-être de stations-service (fig. 4) qui sont partis "dans la nature".

Au lendemain de la crue, toute la vallée était imprégnée d'une forte odeur d'hydro-

carbure. Il ne fait pas de doute qu'une partie de ces déchets est entrée sous terre, via les pertes et porches de cavités en bordure de la Lomme.

La **grotte du Pré-au-Tonneau** 593-057 a été finalement peu affectée car elle est protégée par le talus du RAVeL et par le petit gabarit de l'aqueduc qui l'alimente.

La **grotte du Nou Maulin** 593-045, par contre, est en première ligne. Cependant deux éléments y ont limité les dégâts :

- *primo*, la grotte est équipée d'une grille qui retient une partie des déchets près de l'entrée.
- *secundo* et surtout, au moment des très hautes eaux, tout le système était déjà en charge jusqu'à la résurgence d'Eprave, limitant le débit que la grotte pouvait encore absorber ; en outre, tout



Fig. 4. Hydrocarbures visibles dans le collecteur de la rue de France, dont le trop-plein est évacué vers le bien nommé « Trou de l'Égout ».

ce qui flottait ne pouvait entrer dans la grotte, le porche étant complètement sous eau.

Avant la crue, le tronc et les grumes d'un grand peuplier abattu étaient entreposés devant le porche. Lors de la crue, une partie des grumes est entrée dans la grotte (fig. 5), une autre partie et le tronc ont vogué à travers la ville, entraînés par la Lomme déchaînée. On imagine les dégâts que de tels béliers emportés par le courant ont pu faire...

Dans le Nou Maulin même, l'évacuation des déchets, le nettoyage de la grille, le débitage et l'évacuation des grumes ont nécessité de nombreuses séances. L'odeur d'hydrocarbures a persisté longtemps dans la grotte et est encore très légèrement perceptible dans le porche. L'effet sur la faune cavernicole n'est pas connu.



Fig. 5. Les grumes de bois et bien d'autres matériaux qui avaient été entreposés près des berges de la Lomme ont été emportés par les crues. On en retrouve une partie, coincée sur la grille du Nou Maulin, qui a évité un colmatage du réseau plus profond.

Quelles leçons en tirer ?

Cet épisode rappelle bien sûr le danger qu'il y a à multiplier les constructions dans les plaines alluviales et à tenter de les protéger par des aménagements qui confinent la rivière dans son lit mineur.

Plus spécifiquement à Rochefort, il pointe le danger de laisser traîner près des berges des objets encombrants qui, en temps de crue, se transforment en béliers, à l'instar du container, du tronc d'arbre ou, en 2011, d'une citerne de butane/propane qui avait traversé la ville.

Marc LEGROS

Spéléo-club Les Fistuleuses



DES CRUES LIQUIDES ET “SOLIDES” JUSQUE DANS LA DOLINE DU TROU D’HAQUIN !

Introduction

Le Trou d'Haquin (534-009) n'a pas été épargné par les précipitations exceptionnelles de juillet 2021. La force de l'eau a créé une nouvelle entrée, 3 mètres à droite de l'accès précédemment emprunté par les spéléologues...

Lors d'une telle crue, l'eau a une capacité de transport et de mobilisation de matériaux en suspension très importante. Dans la doline de l'Haquin, une épaisse couche de sédiments est venue recouvrir complètement l'entrée « classique » de la grotte.

Avec l'aide de l'imagerie numérique et d'un lidar (laser scan), nous avons voulu essayer de déterminer le volume de remplissage de la doline amené par cette crue mémorable.

Une comparaison avant / après

Le Groupe de Recherches et de Photographie en Spéléologie (www.grps.be) travaille depuis quelque temps sur une monographie du Trou d'Haquin.

La pièce maitresse de ce travail sera une toute nouvelle topographie de la grotte.

En appui à ce projet, durant l'hiver 2020, la grotte a été scannée avec un lidar Faro M70, depuis l'entrée jusqu'à la Salle de l'Attente. Ce travail au laser scan a pris deux jours, pour respectivement 72 (01/11/2020) et 60 (10/01/2021) scans, soit un total de 132 scans de 44 millions de points chacun. Le balayage de l'Eboulis, en particulier, fut un véritable casse-tête.

Le 13/12/2020, la doline a également été cartographiée (fig. 4). Ceci a nécessité 46 scans. Après filtrage, le nuage de points final contient 600 millions de points et montre la grotte et une partie de son développement dans ses moindres détails (fig. 1).

Deux mois après la méga crue de juillet, le 22 septembre 2021, nous sommes retournés dans la doline pour la scanner à nouveau. Nous nous focalisons ici uniquement sur le remplissage de la doline, pour tenter non seulement de représenter cet amas de terre et de blocs, mais aussi en calculer le volume.

Les sédiments accumulés dans la doline de l'Haquin sont principalement constitués de petits blocs et graviers de grès, provenant de l'amont de la rivière.

Si on remonte le lit du ruisseau de l'Haquin vers l'amont, on constate qu'à plusieurs endroits, le lit de la rivière s'est



Fig. 2. En amont de l'Haquin, les rives érodées du cours d'eau laissent voir les blocs de grès.

élargi et approfondi (fig. 2). Le matériau piégé dans les fissures et les incisions verticales des berges du ruisseau est constitué majoritairement de grès caractéristiques du bassin versant.

À cause de l'érosion des sédiments qui occupaient le lit de la rivière, les pentes de la vallée ont été modifiées localement et présentent une série de “marches d'escalier”. On peut donc s'attendre à une érosion accélérée du vallon dans un avenir proche ; chaque nouvelle crue pourrait dès lors entraîner un nouveau remplissage de la doline et du Trou d'Haquin lui-même...

Calcul du volume de sédiments déposés dans la doline

Suite aux calculs et scans réalisés fin septembre, nous disposons de deux modèles de la doline, réalisés avant et après la crue. Après avoir enregistré les nuages de points dans "Scene" from Faro (<https://www.faro.com/>), ceux-ci sont exportés sous forme de fichier pts et importés dans *CloudCompare* (<http://www.cloudcompare.org/>), un logiciel avancé et gratuit qui convient particulièrement bien au traitement des nuages de points.

Après avoir aligné les deux modèles, tous les arbres et la végétation sont supprimés numériquement, afin d'éviter des erreurs grossières. Les scans ayant été réalisés respectivement en hiver et à la fin de l'été,

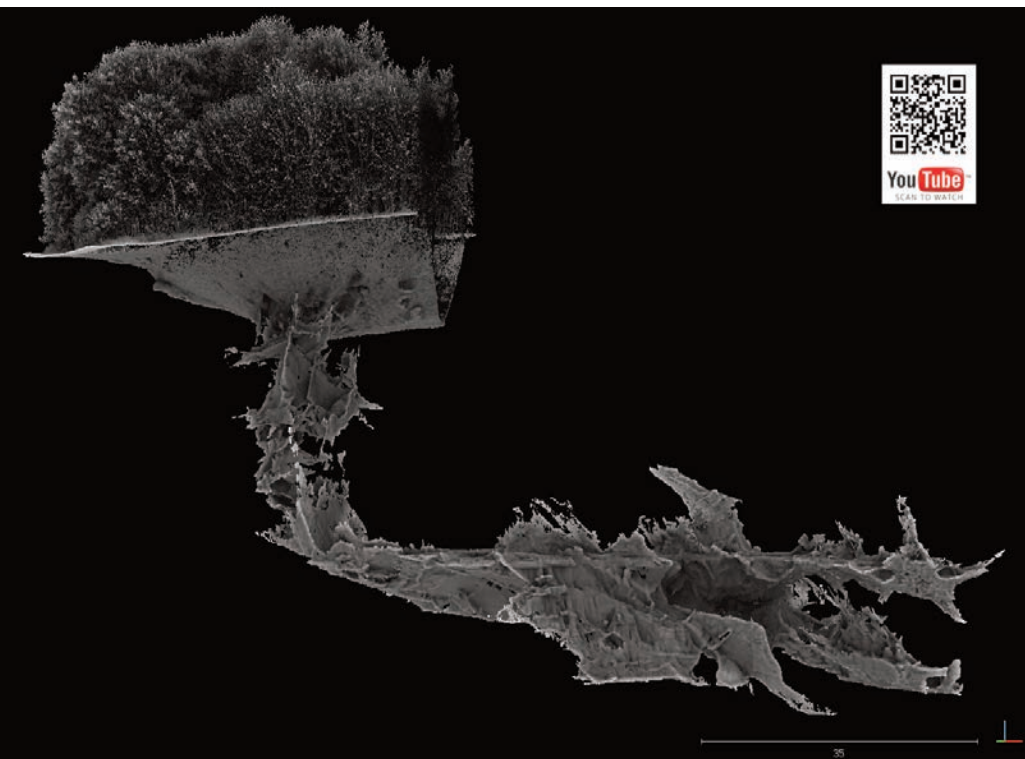


Fig. 1. Image reconstituée du Trou d'Haquin sur base du Laser scan, avec la doline boisée dans le haut et le développement souterrain de la cavité par dessous.

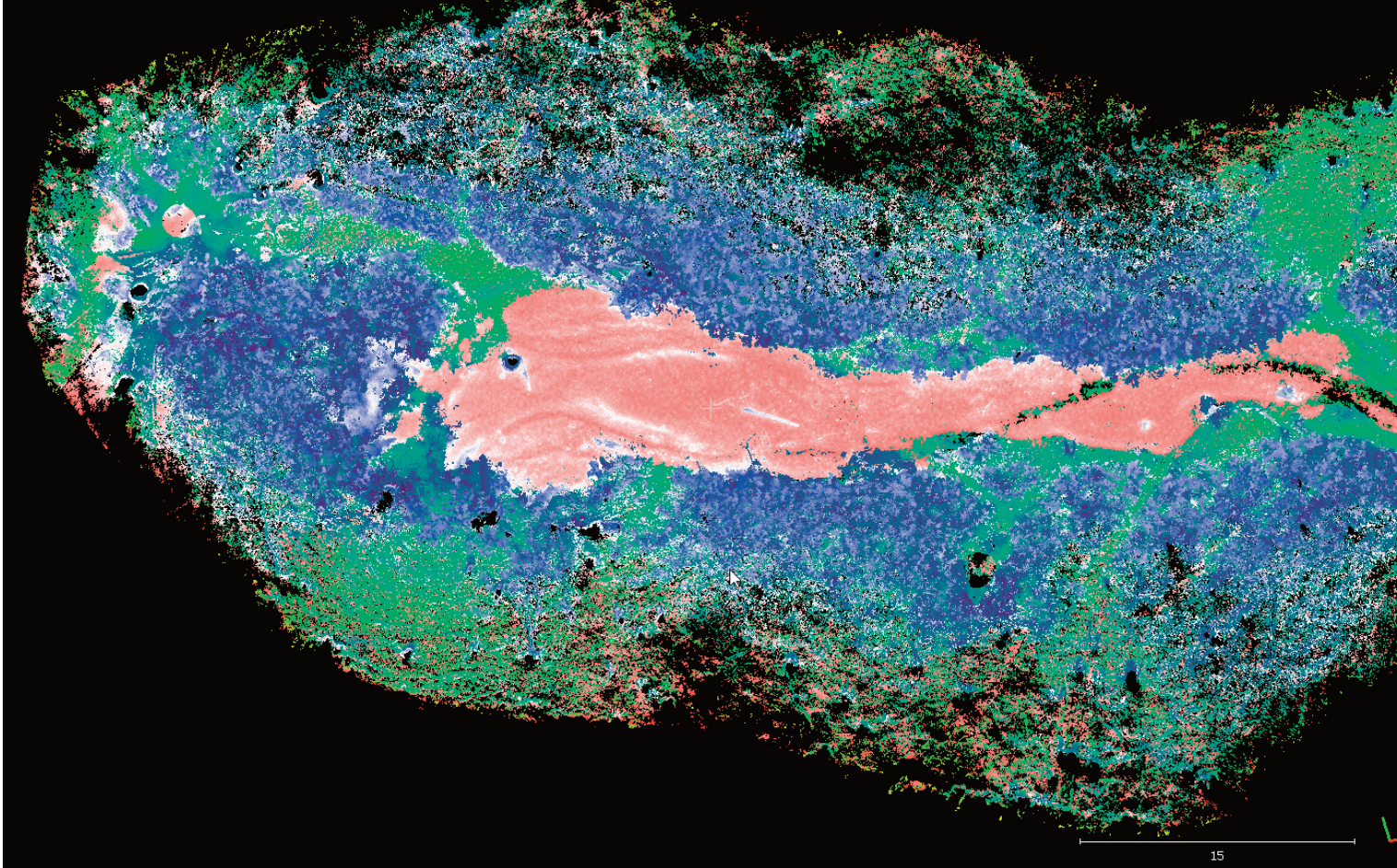


Fig. 3. Vue depuis le haut de la doline. La couleur rouge / orange correspond remplissage apporté par la crue.

la végétation supplémentaire pourrait sérieusement "fausser" les calculs.

Le calcul de la différence de volume entre deux nuages de points est relativement simple, grâce à l'outil "Compute 2.5D Volume" de CloudCompare. Le résultat obtenu est de **230 m³** de remblai (fig. 3).

Ce résultat m'a tout d'abord semblé énorme, et j'ai suspecté une possible erreur de calcul ou d'interprétation dans nos nuages de points. J'ai donc recalculé manuellement ce volume, en prenant plusieurs sections à une distance d'un mètre les unes des autres à travers le remplissage. Ensuite, les surfaces de ces sections ont été calculées avec "ImageJ" (un peu comme les calculs d'intégrales à l'école !).

La somme de toutes les sections permet d'obtenir le volume total du remblai. Le volume calculé de cette manière empirique est presque égal au volume obtenu avec la méthode précédente. La surface du remplissage est de 278 m², avec une hauteur moyenne de remplissage de 0,8 m.

Conclusion

Cet "exercice" réalisé à l'Haquin, confirme qu'il est parfaitement possible d'utiliser la technique du laser scan pour calculer un volume de remblais. Cela fonctionnerait aussi dans l'autre sens, s'il fallait évaluer l'importance de l'approfondissement d'un effondrement par exemple. A partir de deux images d'un même "objet", on peut faire ressortir toutes les différences et les évolutions et ainsi mettre en évidence un processus dynamique affectant un milieu tel que le karst.

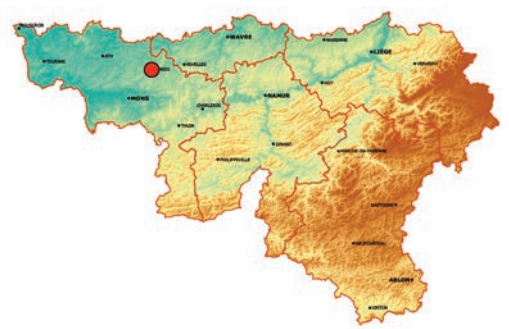
Enfin, dans le cas particulier de l'Haquin, on constate que les crues sont des épisodes qui peuvent avoir une influence majeure sur la morphologie d'un site. Ce sont ici pas moins de 230 m³, soit près de 500 tonnes de pierres et de sédiments qui ont été déplacées par l'eau pour venir en partie colmater le chantoir. Il ne faudrait pas que ce flux de grès descende plus bas et bouche la cavité, au risque d'imposer aux spéléos un monstrueux chantier de dégagement et de désobstruction !



Fig. 4. Prises de vue au Lidar dans la doline (depuis l'amont vers l'entrée du trou d'Haquin) le 13/12/2020.

Guy Van Rentergem
Club spéléo SC33 (Courtrai)

APRÈS LA PLUIE... L'EFFONDREMENT. INONDATION ET FANTÔME DE ROCHE À SOIGNIES



Introduction

Au début du mois de juillet 2021, un effondrement majeur, d'origine karstique, a emporté brutalement une bonne partie de la route nationale N524 à Neufvilles (Soignies). Le 7 juillet, l'effondrement atteignait 50 m dans sa grande longueur, pour près de 3 m de profondeur.

À cet endroit, la route croise le ruisseau des Prés à Rabisse, canalisé sous la voirie via une conduite en béton. À la suite de l'affaissement, la canalisation s'est rompue et le ruisseau tombe en cascade dans le fond de la dépression. L'effondrement a également recoupé et sectionné l'adduction d'eau de la SWDE, orientée parallèlement à la chaussée et enterrée environ 1,5 m sous le tablier de la route.

Bien que la roche calcaire n'apparaisse nulle part dans l'effondrement, il ne semble faire aucun doute qu'un effondrement d'une telle ampleur est lié à la présence d'un karst sous-jacent. Les très forts orages qui ont frappé le Hainaut à la fin du mois de juin, ont provoqué un apport d'eau important par le petit cours d'eau,

les caniveaux et le ruissellement, et sont à l'origine d'un soutirage massif. Celui-ci a pu mobiliser une partie des éléments meubles, terrains de remplissage et/ou altérites résiduelles constituant un fantôme, libérant un vide dans le toit du calcaire. Ce soutirage a provoqué la rupture des canalisations sous la route, ce qui a augmenté considérablement l'apport d'eau en cet endroit et a fini de vider le karst. Enfin, la « remontée » de cette poche (processus de fontis) a fini par provoquer cet effondrement impressionnant.

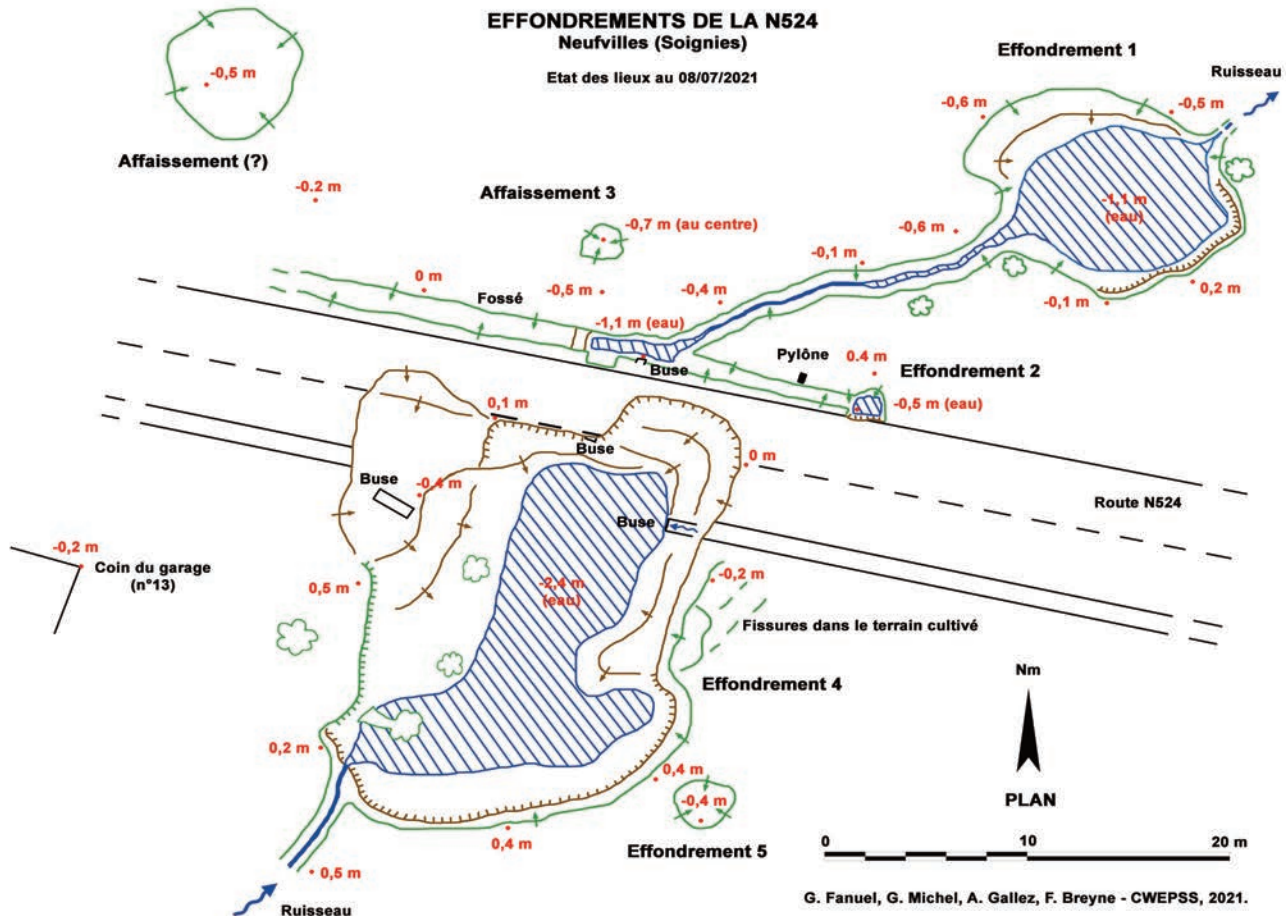
Dans les jours suivants, la situation a continué à évoluer, étant loin d'être stabilisée. L'effondrement principal s'est encore étendu et ses parois terreuses se sont affaissées. La route elle-même, recoupée par l'effondrement, a continué à s'affaisser en raison du vide qui s'étendait sous elle. Autour de l'effondrement principal et sur les deux rives du cours d'eau, la formation d'affaissements secondaires témoignait de l'extension de la zone déstabilisée.

Lors de nos premières observations, un débit important provenant du ruisseau et de la canalisation SWDE continuait à se déverser dans l'effondrement principal.

Cette conduite a pu être fermée au bout de quelques jours et une grosse pompe, provenant d'une carrière voisine, placée pour évacuer l'eau vers l'aval. Ce dispositif a été complété quelques jours plus tard par une déviation du ru des Prés à Rabisse et des eaux de ruissellement, afin de limiter au maximum l'apport d'eau et ainsi désamorcer le processus de soutirage risquant de propager la zone d'effondrement.

Lors d'une visite récente sur place, le 30 novembre, nous avons pu constater que l'ensemble du dispositif mis en place a permis de tarir l'arrivée d'eau dans le ruisseau et que parallèlement, la conduite SWDE avait été hermétiquement fermée et détournée par un tuyau en surface.

Ainsi, le niveau d'eau dans les effondrements a fortement baissé et le risque qu'un effondrement de très grande taille puisse réunir tout l'ensemble paraît donc pour l'instant écarté.



G. Fanuel, G. Michel, A. Gallez, F. Breyne - CWEPS, 2021.

Fig. 1. Le plan détaillé des effondrements montre l'extension et la profondeur des multiples affaissements autour de la route. Synthèse réalisée par G. Fanuel (CWEPS) sur base de visées du 08/07/2021.

Description sommaire des affaissements karstiques relevés le 08/07/2021

Le 8 juillet 2021, afin de mieux délimiter l'extension de la zone déstabilisée, de définir une zone de contraintes et de fixer l'extension du périmètre à soumettre à des investigations géophysiques complémentaires, la CWEPPS a dressé un plan précis des différents affaissements de part et d'autre de la route. Ce levé a été calé par rapport à des points de référence pour pouvoir suivre l'évolution à plus long terme, revoir cette topographie et quantifier la poursuite du soutirage.

Affaissement n°1 : effondrement du Cerisier (388-016)

Situé au N-E de la route, sur le cours du ruisseau, cet affaissement se serait formé fin juin. Il a emporté deux volumineux saules (en alignement) qui ont totalement disparu, et asséché le cours d'eau vers l'aval. Le point de perte en son centre s'est colmaté ; une vasque d'eau stagnante occupe son fond (fig. 2). Un tourbillon formé au centre de cette cuvette l'aurait totalement vidée.

Affaissement n°2 : affouillement du Pylône

En bordure nord de la route, ce petit affaissement tout en longueur se prolonge sous le revêtement. Il a emporté une partie du soubassement de la voirie et menacé un pylône d'ORES qui a été enlevé. La chaussée a bougé bien au-delà de l'effondrement et est déstabilisée sur une certaine longueur.

Affaissement n°3 : fontis en rive gauche du ruisseau

Un second ensemble de petits affaissements, près du fossé de la route, côté nord.

Affaissement n°4 : effondrement principal de la conduite SWDE (388-017)

Cet effondrement a emporté la route de Montignies. Il est situé au croisement de la conduite SWDE et de la canalisation du ruisseau des Prés à Rabisse. L'eau provenant des deux conduites et les violents orages de début juillet ont déstabilisé l'ensemble et provoqué un soutirage très important, aboutissant à la formation d'un effondrement majeur qui continue à s'étendre (fig. 3).



Fig. 2. Effondrement du Cerisier. Le versant sud-est, subvertical, domine l'eau de 1,30 m (photo 07/07/2021).

Le compte-rendu établi par le Service Géologique de Wallonie qui a coordonné le suivi et les travaux de stabilisation de la zone, nous donne une idée assez précise de l'évolution de la situation.

Un petit effondrement karstique s'est ouvert vers la mi-juin dans le lit du ruisseau en amont de la RN 524. Il semble s'agir de la réactivation d'un chantoir ancien. En effet, l'effondrement a d'abord recoupé une maçonnerie assise sur des calcaires altérés et karstifiés, formant un puits d'environ 1 m de diamètre. Le ruisseau, de faible débit, y coulait et les eaux disparaissaient directement dans les calcaires.

Suite aux précipitations exceptionnelles du lundi 28/06, le chantoir a totalement saturé. Les eaux sont montées dans l'affaissement karstique pour former un étang, qui s'est agrandi progressivement en amont de la route. Il a fini par emporter une partie de celle-ci, qui s'est effondrée totalement la nuit du 29 au 30/06.



Fig. 3. Vue générale de l'effondrement principal (n° 4) depuis l'axe de la route nationale (côté sud). À l'arrière-plan, le bâtiment en briques correspond au n°13 de la rue de Montignies (photo CWEPPS 08/07/2021).



Fig. 4. L'effondrement a recoupé deux canalisations. Celle de gauche permettait à l'eau du ruisseau de franchir la route. Celle de droite (parallèle à la route) est une conduite d'adduction d'eau de la SWDE.

L'effondrement final est dû à un second point d'absorption situé sous la voirie, dans lequel se formait un tourbillon d'eau.

Le 2 juillet, l'excavation principale, alignée sur le ruisseau, mesurait 50 x 30 m pour 2 à 5 m de profondeur, soit un volume de 3.000 à 5.000 m³.

Géologiquement, le secteur est calcaire, sous un recouvrement de 3 à 5 m de limons, au niveau d'une faille est-ouest de tracé hypothétique, définie sur base de quelques sondages et d'après les axes des vallons. Un apport d'eau massif sur les parties altérées du calcaire peut provoquer l'effondrement de l'altérite résiduelle sur elle-même. L'aspect altéré de la roche

est visible sur place et la description d'un sondage plus à l'est le long de cette faille, le montre également.

Affaissement n°5 : cône d'affaissement du champ de blé

Dans le champ voisin, un affaissement circulaire de 2 m de diamètre pour 0,6 m de profondeur s'est ouvert à moins de 2,5 m du bord Est de l'effondrement principal.

Affaissement ?

Dans la pâture face à la maison n°13, une zone légèrement déprimée dans laquelle un peu d'eau s'est accumulée est visible. Son origine karstique reste à démontrer.

Commentaires

La gestion des eaux aboutissant dans l'effondrement principal est une priorité, tant du point de vue de l'enrayement du processus de décolmatage du karst (soutirage) que pour des questions de pollution.

Envisager un traçage depuis l'affaissement principal (à condition que les points de perte au sein de celui-ci soient actifs et non colmatés) pourrait être intéressant pour mieux appréhender la dynamique à l'origine de l'affaissement. Un suivi devrait être fait dans les captages avoisinants, dans l'exhaure des carrières actives, de même que dans le réseau hydrographique de surface en aval (fig. 5).

Arrivées d'eau et assèchement de l'effondrement principal

Début juillet, une pompe tournait jour et nuit pour assécher le site.

Une venue d'eau provenant d'en-dessous de la conduite SWDE (fig. 4) a été analysée le 07/07/2021. Il s'agissait clairement d'eau de distribution traitée, alors que la conduite devait être fermée. Le système de vanne ne semblait donc pas étanche !

L'eau ne sortait pas du tuyau même, mais par dessous celui-ci... Il devait donc y avoir une fuite sur cette canalisation plus en amont, en direction du château d'eau situé entre Neufvilles et Soignies.

Qualité des eaux et risques de pollution de la nappe

Le ruisseau des Prés à Rabisse est fortement pollué ; il est regrettable qu'une mai-



PROFIL ALTIMÉTRIQUE

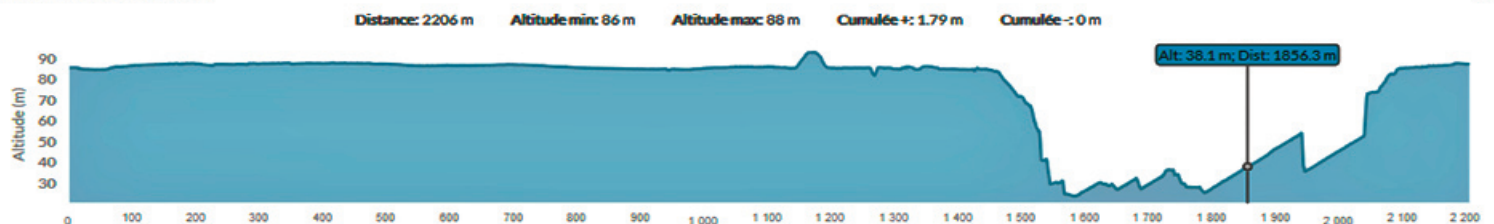


Fig. 5. Profil altimétrique selon un axe N-E reliant la zone effondrée de Neufvilles à la carrière du Clypot. Le terrain est très plat (entre 80 et 90 m d'altitude) alors que le fond d'exploitation est à moins de 30 m. Le cône de rabattement de la nappe lié à cette exploitation a possiblement une influence sur le dénoyage et la karstification qui s'est produite.

son de repos de grande taille ainsi que d'autres maisons individuelles situées à proximité y rejettent des eaux usées sans traitement préalable.

Le risque est donc non négligeable pour la nappe... surtout si on tient compte de la présence de plusieurs captages exploitant cet aquifère.

Témoignages concernant des affaissements plus anciens

Pendant deux jours sur site, nous avons pu récolter quelques témoignages auprès de riverains, indiquant que d'autres affaissements se seraient produits à proximité dans le passé (fig 6, carrés oranges).

Ces témoignages sont intéressants pour mieux délimiter la zone « à risque » et appréhender la genèse de ce vaste effondrement. Les données recueillies restent néanmoins approximatives et doivent donc être examinées avec prudence

A/ Affaissement du magasin de vélo

Il se serait ouvert juste devant les maisons, il y a une quinzaine d'années. Trou assez étroit (1 à 2 m de diamètre) mais profond.

B/ Effondrement de la pâture Nord de la rivière

10 m au nord du ruisseau, une cuvette allongée parallèle à la rivière se serait formée dans la pâture, il y a une dizaine d'années ; plusieurs bennes de terres et de gravats ont été nécessaires pour la combler.

C/ Dépression de la haie aval

Un peu plus tard que l'effondrement B, en aval dans la pâture, à hauteur de la haie de saule, un affaissement (1 m d'eau) a été rempli par 3 bennes de terre.

Un **autre affaissement** s'est aussi produit à la suite des fortes pluies de la fin juin, dans un champ en bordure du **chemin des Horrutois**, en face de l'ancienne carrière Saint-Nicolas (complexe d'exploitation du Clypot), à +/- 1500 m de la zone d'effondrements de Neufvilles. Ici aussi, les conditions climatiques ont joué un rôle évident, en favorisant le soutirage et le débouillage du karst. La proximité de la carrière et le dénoyage lié à l'exhaure doivent également être pris en compte (fig. 5).

Evolution de la situation

Nous sommes retournés sur place fin novembre pour examiner les changements intervenus depuis l'été.

Les effondrements n'ont pratiquement plus bougé ; le niveau d'eau au fond de ceux-ci a notablement baissé, il est maintenant très bas malgré les pluies récentes.

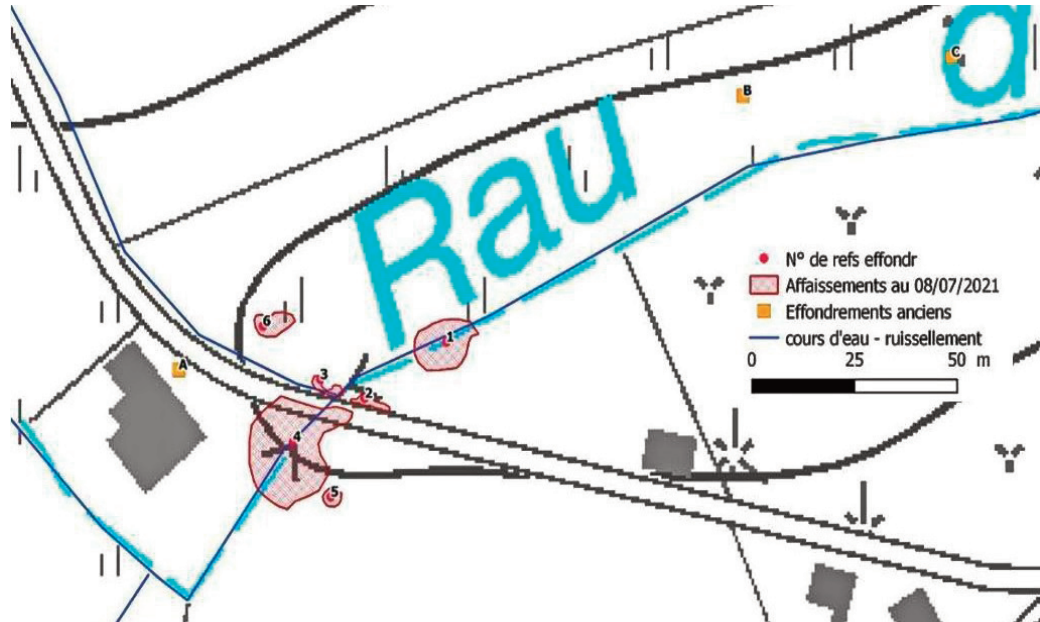


Fig. 6. Plan général des effondrements observés le 08/07/2021 (polygones rouges n° 1 à 6) et des affaissements anciens renseignés par les riverains (A, B et C).

Quelques morceaux supplémentaires du revêtement de la route, fissurés et déjà déstabilisés par le soutirage, se sont affaissés. Le dispositif mis en place par les services de voirie et distribution d'eau a donc été efficace (fig. 7). La pollution importante du ru des Prés à Rabisse venant de l'amont coule à nouveau quelques centaines de mètres en aval, à la sortie des buses mises en place !

Les petits affaissements dans les champs ont déjà été partiellement nivelés lors des

moissons, comme par ailleurs une bonne partie de l'affaissement du chemin des Horrutois.

On peut cependant penser que la réparation définitive de la route (la fig. 8 montre l'extension impressionnante de la zone à réparer) nécessitera une étude d'infrastructure sérieuse, dès l'instant où l'on sait qu'il y a là-dessous un vide important et saturé d'eau. Un simple remblai ne suffira sans doute pas pour sécuriser une telle surface !



Fig. 7. Afin d'enrayer le processus de soutirage, le ruisseau des Prés de Rabisse (canalisation orange) et l'adduction d'eau de la SWDE (socorex noir de grand diamètre) ont été déviés au sud-ouest de la ferme. Ces réparations sont temporaires ; tout le réaménagement de la chaussée et la gestion des eaux devront être repensés à l'avenir, avec de nombreux intervenants à coordonner (vue par drone, 02/12/2021 - J.-B. Schram).

Conclusion

Cet évènement montre tout d'abord qu'au début du mois de juillet, les sols étaient déjà gorgés d'eau à cause d'une abondante pluviosité. À ce moment, tout apport supplémentaire est très vite devenu problématique, dans une région pourtant largement moins exposée au risque de crue que celles qui ont été fortement impactées par la montée des eaux de la mi-juillet.

Il est manifeste que la gestion des risques liés aux apports d'eau, quels qu'ils soient, est plus que jamais essentielle, que les zones délimitées et les mesures préconisées doivent être respectées avec rigueur.

Ici, il aura suffi d'un apport complémentaire d'importance limitée, sans doute par une fuite dans la conduite du réseau de distribution et/ou les conduites d'eau de ruissellement pour provoquer des effondrements spectaculaires par la vidange d'un karst sous-jacent, très probablement par soutirage d'un fantôme de roche.

La connaissance du karst est donc tout aussi indispensable là où il n'est pas apparent en dehors des sites carriers.

Lors d'un évènement comme celui-ci, on se rend compte que dans ces zones agricoles, les « traces » d'affaissements de petite taille, rapidement nivelées, restent rarement inventoriées.

La couverture de ce karst par une importante couche imperméable donne en outre une fausse impression de sécurité pour les eaux souterraines. Un « petit égout » à ciel ouvert n'y semble pas un problème urgent à résoudre... Pourtant, l'évènement prouve qu'il faut aujourd'hui « peu de choses » pour que le karst sous-jacent, sans doute en connexion directe avec la nappe, soit directement activé et conséquemment impacté par un apport d'eau inimaginable... jusqu'à cet été !

Plus que jamais, en tous lieux, il faut prendre la mesure des évènements et des changements en cours ; il faut assumer les erreurs du passé de tous ordres qui ont favorisé l'écoulement au lieu de le freiner... Il faut prendre en compte la situation des lotissements, constructions, routes, etc. et le manque d'entretien de ces infrastructures trop nombreuses, dans de nombreuses zones où l'eau, puissante, intenable quand elle se déchaîne, emporte ou détruit tout ce que l'homme a pu édifier en travers de son passage.

Gérald FANUEL & Georges MICHEL

CWEPSS

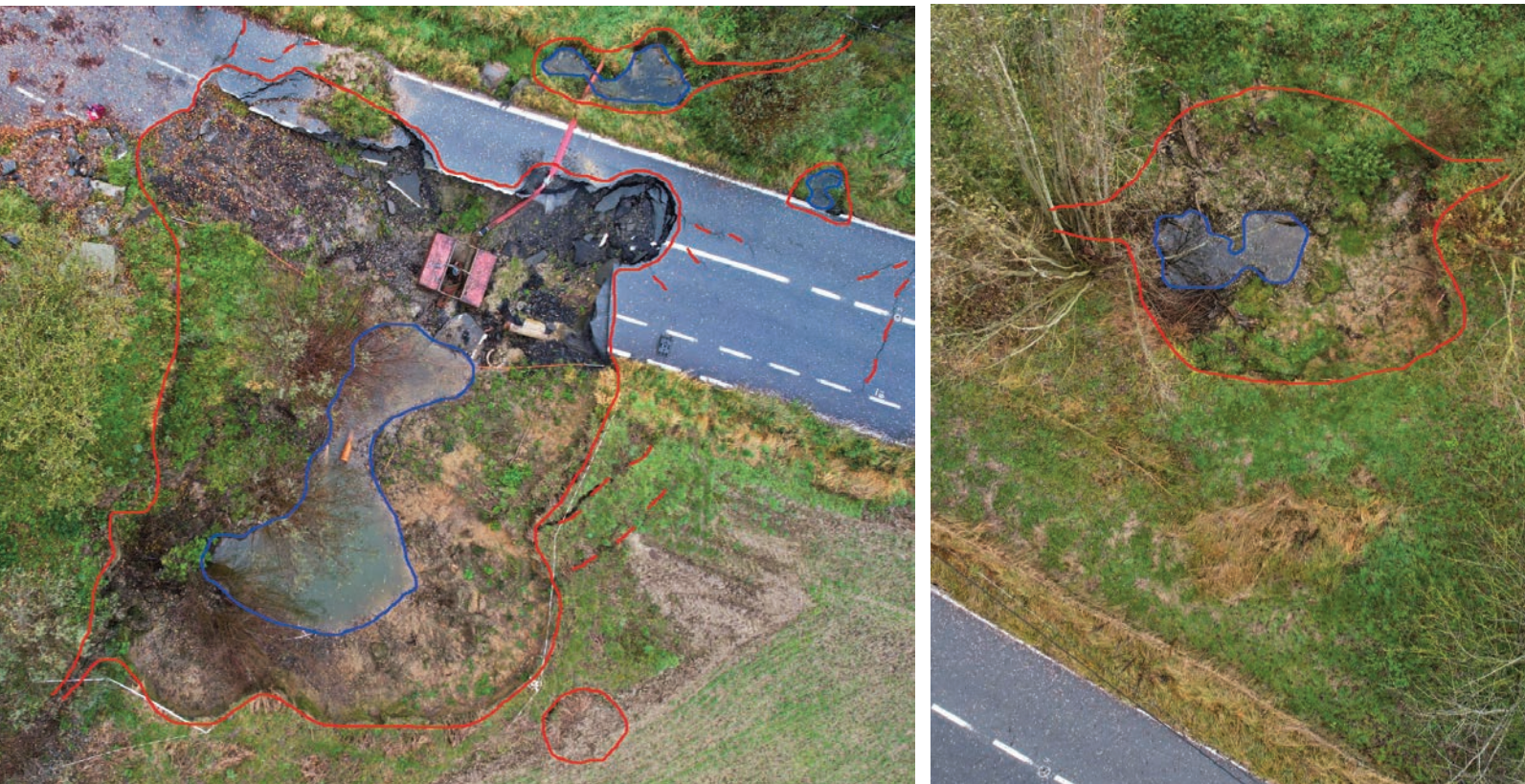


Fig.8. Vue aérienne des deux effondrements principaux (n°1 Cerisier et n°4 Conduite SWDE). En rouge, l'extension des effondrements ; en bleu, l'extension des nappes d'eau le 30/11/2021. Si on y superpose la topographie dressée début juillet (fig. 1), on constate qu'ils se sont assez peu étendus mais la situation reste néanmoins instable (photo CWEPSS).

INVENTAIRE DES CAVITÉS AFFECTÉES PAR LES INONDATIONS

Un outil collaboratif pour l'accès, l'entretien et la sécurité dans les grottes affectées par les crues

Introduction

L'année 2021 aura été marquée par les événements climatiques extrêmes qui ont impacté une bonne partie du pays. Le karst a évidemment subi ces événements qui n'ont pas été sans conséquences. Il y a bien sûr l'épisode exceptionnel de la mi-juillet mais aussi des orages localisés et violents en juin et fin juillet, aggravés par une pluviométrie déjà importante toute l'année, ce qui a saturé les sols et l'épikarst. Ces phénomènes pris isolément mais qui peuvent localement s'additionner ont impacté le karst dans son ensemble, dans des proportions très diverses d'un site à l'autre.

Les constats sur et sous le terrain

Au sein de la communauté spéléologique, les conséquences des inondations de la mi-juillet ne seront partagées que plusieurs jours après l'événement. Malgré la passion des spéléos pour le monde souterrain, dans l'immédiat, les priorités étaient d'un autre ordre !

La Maison de la Spéléologie et du Patrimoine Souterrain (MaSePaS asbl) a rassemblé quelques observations. Fin juillet, Paul De Bie établit une liste de la centaine de cavités les plus importantes de Wallonie. Il propose une classification sur base d'une évaluation des risques potentiels de mise en charge et de dégâts. Se rendant en expédition à l'étranger à la fin de l'été, il propose alors à la Maison de la Spéléo de reprendre son tableau et de commencer à le compléter. À celui-ci sera ajoutée une colonne pour rassembler les observations pour chaque site et un code couleur pour rendre visible d'un seul coup d'œil l'état des lieux.

Logiquement, les premières données récoltées concernent les accès aux cavités. De nombreuses entrées (des pertes en particulier) sont obstruées ou bouchées par des amas de troncs, de branches, et de déchets de toutes natures. Dans certains cas, les dépôts sont si importants que le relief des sites a été chamboulé, les entrées disparaissant sous les sédiments. Ce sont des données utiles pour la pratique de la spéléo qui sont collectées dans un premier temps. Dans les semaines qui suivront, des comptes-rendus de visites dans les cavités les plus emblématiques apporteront des informations plus précises sur la manière dont elles ont été affectées par les crues.

Partir à la chasse aux données

Les observations de terrain ne sont pas systématiquement transmises à la Maison de la Spéléo. Nous devons donc suivre les publications des clubs sur les pages et groupes des réseaux sociaux, sur les blogs ou sites internet, sur les listes de discussions... sans aucune garantie d'être exhaustif. Bien des informations qui circulent aujourd'hui très rapidement sur internet, notamment à propos des cavités, peuvent disparaître dans des délais très courts et sont rarement archivées. Comment éviter que ne se volatilisent des pans de plus en plus conséquents d'observations, de relevés, ou de découvertes, qui ne feront jamais l'objet d'un article dans une revue spéléo ? Comment les conserver et les transmettre ? C'est une question qui reste encore sans réponse à notre échelle. Pourtant, toutes ces observations de terrain sont essentielles pour analyser et comprendre comment le karst réagit face à des crues exceptionnelles.

Nous compilons ensuite ces données dans un simple tableau Excel, qui résume l'essentiel des informations pour les cavités qui ont pu faire l'objet d'un état des lieux depuis les crues de juillet. L'outil reste sommaire et très partiel, mais il a l'avantage d'être facile à utiliser.

Les informations reçues à la Maison de la Spéléo sont très diversement documentées. Certaines sont lacunaires et demandent à être vérifiées ou complétées. D'autres sont particulièrement détaillées et ne peuvent être reprises entièrement dans les mises à jour du fichier. Ces informations sont cependant précieusement conservées au centre de documentation.

Les données récoltées

6 mois après ces événements, peut-on tirer des conclusions ? A ce stade, c'est encore bien trop prématuré. Près de 40 % des cavités majeures n'ont pas encore fait l'objet d'un compte-rendu. Et une bonne partie des cavités visitées ne l'ont été que partiellement. Contrairement à ce qu'on pourrait imaginer, la fréquentation des grottes par les spéléologues est bien inférieure à ce que certains prétendent... La plupart des sites ne sont que très rarement visités et les mesures liées à la pandémie ne favorisent pas les activités.

Sur base de ces informations encore partielles, nous pouvons catégoriser plusieurs types d'effets des crues :

- Obstruction de l'entrée de beaucoup de pertes par l'accumulation de branchages ou autres objets emportés par l'eau (p. ex. dans le vallon des Chantoirs).
- Modification du relief de dolines ou chantoirs par d'importants apports de sédiments, (p.ex. doline de l'Haquin),

Légende des risques potentiels						Légende des dégâts observés		
	Risque de mise en charge importante ou complète et de dégâts importants						Cavité inaccessible, entrée colmatée	
	Risque de mise en charge limitée et dégâts limités possible						Dégâts importants, zones colmatées, beaucoup de sédiments, pollution, zones instables...	
	Risque de petite mise en charge, peu de risque de dégâts						Dégâts limités, dépôts de boue (parfois en quantité), déchets...	
	Risque inconnu						Pas de dégâts ou impacts identiques aux crues saisonnières	
Av	Nr	NOM/NAAM	LIEU/PLAATS	Prov	Dév.	Prof.	Ap	Etat des lieux
	40	BERNARD (Trou)	Assesse	NA	1010			16/07 L'eau a bien circulé dans la doline. Elle coulait en arrosant abondamment le premier puits. Une courte intervention a résolu le problème. Beaucoup de boue signalée (Pieter)
	12	BERON-RY (Chantoir de)	Aywaille (Remouchamps)	LG	3089			19/07 L'entrée est bouchée ! Difficile de savoir de combien sur combien de mètres mais ça a l'air compact. Le ruisseau ne coule plus jusque là et ne se perd plus à droite mais s'est frayé un chemin pour aller se perdre dans la profonde dépression terreuse existante à gauche, elle aussi supré colmatée (London J) <i>entrée colmatée - pas d'infos sur l'intérieur</i>
	69	BOHON-RENARD (Système)	Durbuy	LU	589			18/07 L'Ourthe est montée plus haut que le seuil de la grotte. Dépôt de boue et l'eau a circulé dans la galerie supérieure (rarissime) (Bernard C) <i>pas d'infos sur le reste de la cavité (visite incomplète, niveau d'eau encore élevé)</i>

Fig.1. Extrait de la base de données des principales cavités belges potentiellement touchées par les inondations de juillet 2021.

- Affaissements ou glissements de terrain (p. ex. la doline de Grandchamps).
- Pollution par l'introduction de macro-déchets de toutes natures dans le milieu souterrain (p. ex. les barquettes de beurre dans le porche de Bellevaux à Nasproué).
- Pollution chimique & hydrocarbures affectant directement les eaux souterraines (p.ex. au Trou Maulin).

C'est dans les cavités actives (c'est-à-dire parcourues par un cours d'eau souterrain) que les observations sont les plus spectaculaires :

- o Dépôts de boue particulièrement volumineux et à des altitudes surprenantes (à l'Haquin ou au Noû Bleû).
- o Déplacement de sédiments dans les rivières souterraines, décapage de la boue faisant réapparaître la roche en place ou un lit de galets. Disparition de remplissages (Fosse-aux-Ours).
- o Colmatages de galeries (Sècheval).
- o Remplissage partiel de siphon (Wuinant).
- o Modifications de l'hydrologie, ouverture de nouvelles pertes, apparition de nouvelles circulations souterraines (Chawresse) ou de siphons (Haquin, Nou Maulin).
- o Traces de mise en charge à des hauteurs inimaginables (40 m à Comblain).
- o Déstabilisation de remplissages ou d'éboulis (Sainte-Anne, Haquin, Noû Bleû, Lorette).



Fig 3. Entrée du trou de l'Eglise (Mont-Godinne), complètement bouchée par les sédiments et les blocs de grès enmenés dans la doline par la crue.



Fig 2. Dégagement du porche du chantoir de Sècheval par les spéléos de Continent 7, pour rendre à cette importante perte sa fonction absorbante (25 juillet 2021).

Dégâts, bilan et... réactions

En plus de ces dégâts « naturels », il faut ajouter les portes, grilles et cadenas endommagés, les dispositifs de protection arrachés (balisages), du matériel spéléo ou scientifique emporté, etc. Certaines cavités aménagées pour le tourisme ont également subi des dommages, principalement à leurs installations électriques.

Sur le terrain, les spéléologues se sont déjà mobilisés et quelques sites ont fait l'objet de séances de dépollution ou de désobstruction, mais le travail restant est encore colossal.

Il n'est pas toujours aisé d'attribuer les « dégâts » dans une cavité à un seul phénomène et uniquement à l'épisode des crues de juillet 2021. Ainsi, les dégâts spectaculaires au trou d'Haquin sont consécutifs aux orages de juin. Et l'épisode de juillet est venu aggraver la situation. L'ampleur du phénomène ne peut s'expliquer par un simple orage, fusse-t-il violent. L'origine de ce coup d'eau spectaculaire est probablement à rechercher du côté de la rupture d'une digue en amont, ce qui expliquerait en partie la violence du phénomène. Comme on le constate, les observations sont multiples mais leur interprétation demandera une analyse plus poussée.

Accessibilité et usage de ces informations

La collecte des informations « crues et grottes » se poursuit et va demander une structure plus précise, surtout pour le relevé des niveaux d'eau atteints dans les cavités concernées. Une fiche d'observation est en cours d'élaboration pour collecter ces données dans un format archivable et exploitable dans le futur.

Les données sont disponibles à la Maison de la Spéléo et pourront être publiées sur

le site internet de l'UBS. Les pages dédiées aux cavités seront développées prochainement.

Quels enseignements tirer de ces crues exceptionnelles ?

Cet été, le karst a joué son rôle de drain souterrain, mais l'ampleur des crues a saturé cet environnement absorbant. Le débordement de pertes a, en bien des endroits, entraîné des inondations en aval, voire en amont de celles-ci. L'apport massif de sédiments et de branchages par les eaux peut colmater complètement l'entrée d'une perte, même importante, obligeant l'eau à reprendre un parcours aérien.

L'intérieur des cavités n'a pas échappé à des modifications sérieuses. Indépendamment des galeries rendues inaccessibles ou profondément remaniées, après des phénomènes de cette ampleur, la stabilité de quelques passages a été durement éprouvée et les spéléos doivent redoubler de prudence.

L'ampleur des phénomènes de cet été et les conséquences observées localement interpellent. Quand on constate des dépôts de boue sur des planchers cristallisés depuis plusieurs centaines ou milliers d'années, on peut raisonnablement se poser la question de l'impact des activités humaines et de l'aménagement chaotique du territoire en amont de ces systèmes. Espérons que les observations réalisées par les spéléologues sous terre puissent alimenter la réflexion et contribuer à une meilleure compréhension du fonctionnement du karst.

Loran HAESSEN

Maison de la Spéléologie
et du Patrimoine Souterrain

STOP BÉTON. POUR EN FINIR AVEC L'ARTIFICIALISATION DU TERRITOIRE

Notre territoire est de plus en plus fragile face aux catastrophes climatiques. Il le montre à chaque fois qu'il pleut et, dans certains quartiers, à chaque fois qu'il pleut. Mais nous traitons les symptômes, en détournant les coulées de boue vers des zones non bâties, en construisant des bassins d'orage et des digues, comme d'aucuns érigent des murs... au lieu de nous attaquer aux causes de cette fragilité : l'urbanisation, qui imperméabilise des surfaces toujours croissantes en s'éparpillant dans les campagnes.

La villa quatre-façades constitue encore aujourd'hui l'idéal pour de nombreuses personnes, notamment pour les acteurs du marché immobilier. Or, ce mode de logement provoque un éparpillement de l'urbanisation, dénoncé depuis des décennies par les associations de défense de l'environnement. A force d'ignorer le régime des eaux, de casser les liens naturels et sociaux, les conséquences néfastes de ce mode d'urbanisation finissent par alarmer bien au-delà des rangs environnementalistes.

Bonjour la voiture, bye-bye la mixité

L'éparpillement de l'urbanisation repose sur la voiture individuelle qui a remodelé notre région sous forme de lieux spécialisés largement pourvus en espaces de parking. Tout nouvel équipement privilégie des terrains « neufs », à savoir des prairies agricoles et des terrains naturels, meilleur marché et extérieurs, augmentant à chaque fois un peu plus l'urbanisation et l'éclatement des fonctions. L'espace s'est morcelé en différentes unités : on loge, on travaille, on va à l'école, on fait ses courses, on bénéficie de services et on « consomme du loisir », chaque fois dans des endroits différents, distants les uns des autres. Seule la voiture privée rend le grand air vivable !

Alors que plus de 70% de l'espace public total est consacré à la voiture (circulation et stationnement), et que plus de 84% du transport de marchandises se fait par route, cet encombrement se poursuit dans la sphère privée, le volume d'un garage étant souvent supérieur à celui d'une chambre à coucher.

Précieux espace, bradé au profit de quelques-uns

Cet éparpillement est continu depuis plus de soixante ans. Il n'est pas abusif d'affirmer que tout le monde paie pour les quatre-façades et les nouveaux quartiers. Ce sont les deniers publics qui permettent de « viabiliser » un terrain, c'est-à-dire de l'équiper, de le raccorder aux réseaux et de le rendre accessible par une voie car-

rossable, au profit de peu de bénéficiaires, puisque cette artificialisation correspond à des surfaces de plus en plus grandes pour chaque habitant.

C'est la collectivité qui assumera les coûts en cas d'inondations, de coulées de boue, ou d'impacts sanitaires, par exemple. De là à dire que l'argent du contribuable et la répartition des budgets ont contribué depuis des années à diminuer notre capacité de résilience face aux intempéries, il n'y a qu'un tout petit pas... En Wallonie, la densité représente moins un problème de promiscuité qu'un problème de gaspillage des ressources.

A l'échelle de la région comme à l'échelle locale, l'emprise de l'urbanisation réduit les biens communs et les services écosystémiques qu'ils pourraient rendre. Le service **Science for Environment Policy** de la Commission Européenne, insistait dès 2016 sur la gravité des processus à l'œuvre :

“Les bénéfices de l'usage du sol vont à un seul citoyen ou une seule société commerciale, tandis que les nuisances qui découlent de cet usage sont partagées par la collectivité.”

“Les sols européens subissent des pressions causées par l'agriculture intensive et par l'accroissement de la place dévolue aux infrastructures, ce qui signifie que des services indispensables à la vie humaine sont perdus de manière irréversible.”

“On construit sur des terres agricoles de qualité, le sol est remplacé en surface par des structures étanches, la majeure partie de ses fonctions écologiques sont détruites. Les coûts de réseau, la distance domicile-travail et le bruit augmentent à mesure que disparaissent les puits de carbone, les paysages ouverts et les hot spots de biodiversité. Dans les aires urbanisées avec peu de densité, le coût de l'énergie pour les déplacements est démultiplié (...). Tant que l'allocation de l'espace et l'usage du sol à des fins autres que la vie sauvage ne seront pas mieux organisés, toutes les tentatives de résilience et de durabilité resteront vaines”.

Aujourd'hui, plus d'un dixième de la superficie de la Wallonie se compose de terrains artificialisés. Plus d'un tiers des terrains artificialisés l'a été durant les 35 dernières années.

Parmi les types de terrains artificialisés, l'expansion du résidentiel a connu une augmentation en flèche (fig. 2), puisque sa surface est passée de 723 km² en 1985 à 1 060 km² en 2015, soit 46,6% en plus.

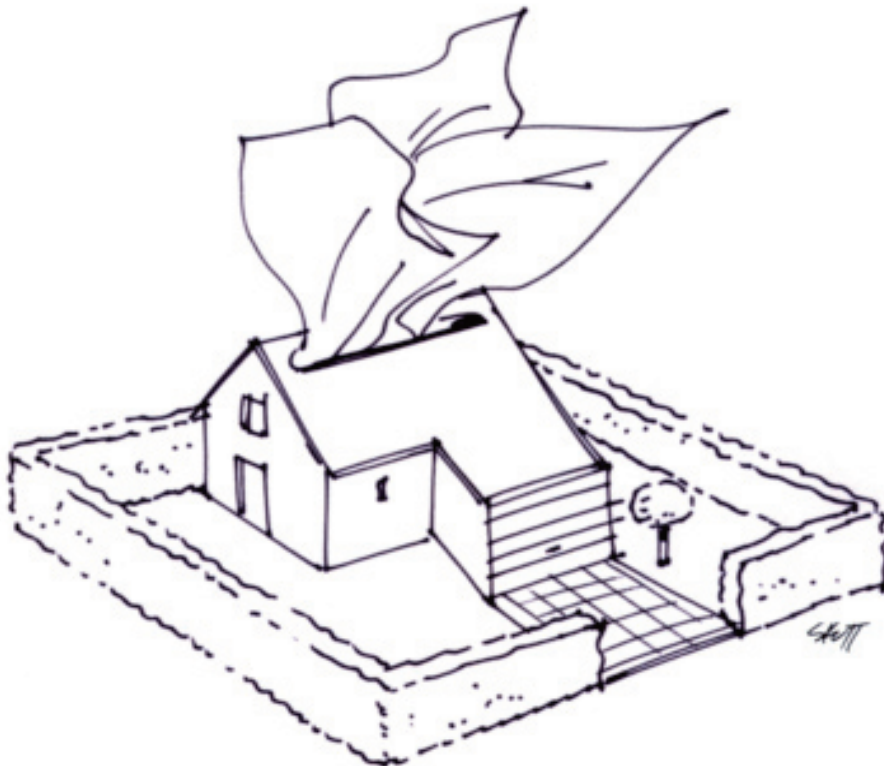


Fig. 1. Notre région est atteinte du « Syndrome Kleenex » : au lieu de prendre soin de l'existant et de le rénover, nous construisons toujours plus. Illustration par Joël Scuttenaire, dit Skutt.

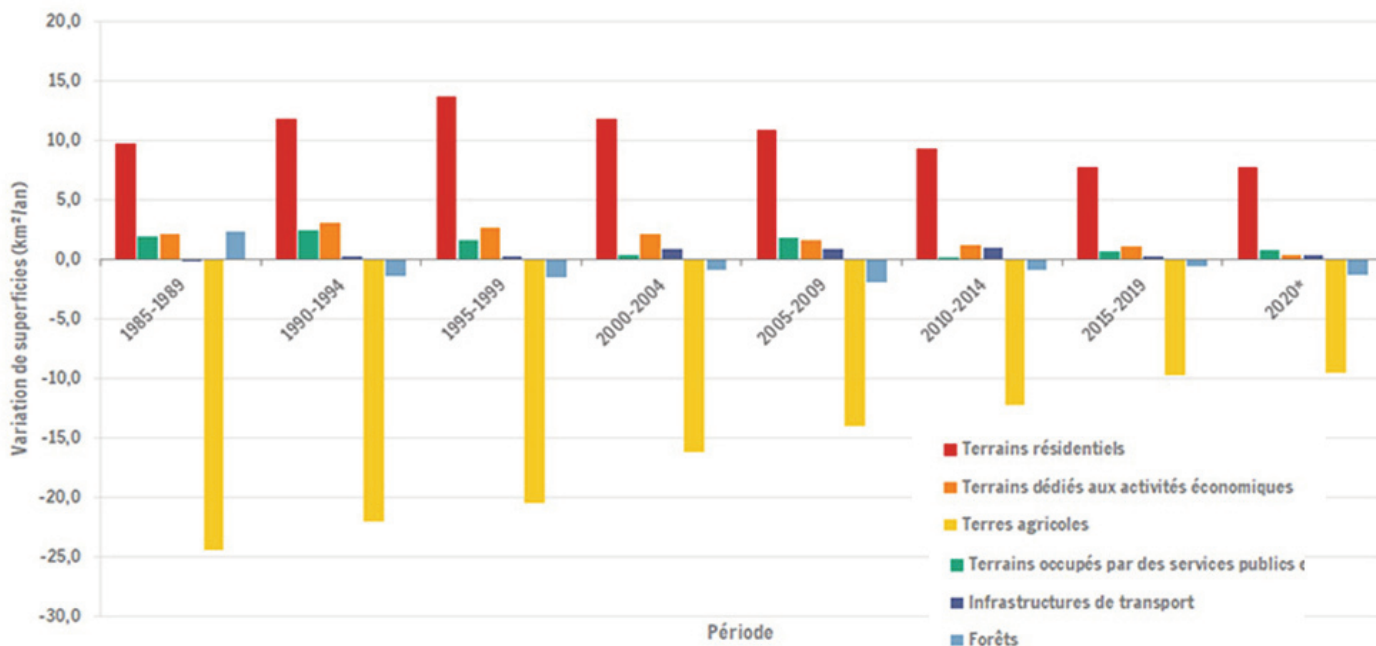


Fig. 2. Graphique de l'IWEPS illustrant l'augmentation de la part de terrains artificialisés en Wallonie. Sous l'axe des X, les fonctions qui « donnent » des hectares ; au-dessus de l'axe, les fonctions qui « prennent » des hectares. Sans grande surprise, l'agriculture contribue énormément, et la fonction résidentielle ponctionne énormément.

Et on n'est pas sortis de l'auberge : alors que, depuis 2015, l'IWEPS enregistrait une légère baisse du taux annuel d'artificialisation, le phénomène est reparti à la hausse. Les derniers chiffres publiés par l'IWEPS ont de quoi donner des sueurs froides.

L'eau, une ressource menacée par l'urbanisation

Notre région est particulièrement riche en eau. Mais c'est une ressource fortement sollicitée. Les sols étanches et l'absence d'épuration des eaux usées constituent deux menaces majeures, tant pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines wallonnes. Quand l'eau ne s'infiltrer plus, les masses d'eau souterraines ne se rechargent pas. L'eau se déverse telle quelle dans les eaux de surface, ce qui accentue les phénomènes de pic de crue en cas de fortes précipitations et provoque des inondations.

Quand l'eau qui s'infiltrer est chargée de polluants, les nappes phréatiques en sont affectées (fig. 3). En bout de course, ce sont toutes les fonctions élémentaires de notre vie quotidienne qui sont menacées.

“Une large part des prélèvements effectués dans les eaux de surface (2600 millions de m³) et souterraines (370 millions de m³) retourne dans le circuit hydrologique sous forme de rejets dans les rivières (2730 millions de m³). Une fraction non négligeable, estimée à 80 millions de m³, n'est pas restituée, soit parce qu'elle est évaporée, notamment dans des processus de fabrication, soit parce qu'elle est incorporée dans des produits de l'industrie ou consommée.

Une partie de l'eau prélevée (de l'ordre de 160 millions de m³) correspond aux volumes d'eau destinée à la distribution publique d'eau potable, transférés vers les régions bruxelloise et flamande.” (Atlas de l'Eau en Région Wallonne).

Nos ruisseaux, nos rivières, nos fleuves ne viennent pas de nulle part. Ils commencent tout petits, sur les hauteurs de notre pas-si-plat pays, et sur les hauteurs des pays voisins. Ils ont été canalisés, redressés, détournés pour drainer des terrains et les rendre constructibles et cultivables.

Artificialiser les cours d'eau comme on le fait depuis des années en Wallonie, supprimer la végétation existante, les anciens arbres, les haies, construire sur les étendues naturelles, cela revient à signer un chèque en blanc pour des crues de plus en plus violentes. Qui blessent en premier lieu les habitants des fonds de vallées.

L'urbanisation sur les crêtes, les versants, les capillaires et dans les zones vulnérables, a réduit notre capacité de résilience face à des situations météorologiques difficiles.

Tant que ce mode d'urbanisation aura présence sur le bon aménagement des lieux, il y aura des dégâts en aval, sur d'autres riverains.

Bob l'Éponge vous le confirmera : en cas d'inondation, pour savoir qui est en faute, il ne faut pas toujours regarder qui est mouillé. Il faut regarder plus haut : on s'est permis de construire en dur partout, sans

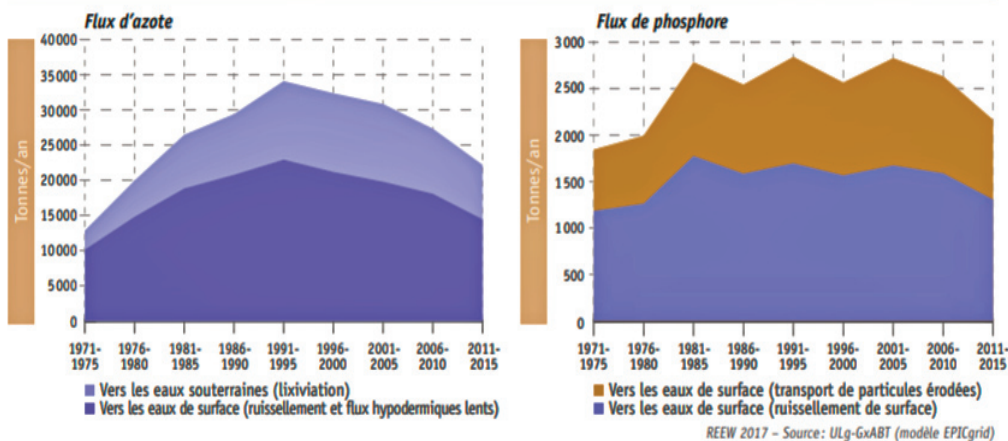


Fig. 3. Une autre sorte de lessive, pas très propre celle-là : flux d'azote et de phosphore des sols agricoles vers les eaux de surface et les eaux souterraines en Wallonie, également appelés « lessivage ». Graphique extrait du « Rapport sur l'État de l'Environnement » publié par la Wallonie en 2017.

réfléchir aux conséquences. La nature est notre meilleure alliée pour résister aux changements climatiques, il faut en prendre conscience. Quand un projet individuel ou public fait disparaître la nature, des paysages ou des écosystèmes, c'est une perte pour l'ensemble des citoyens.

On ne peut plus dire « après moi les mouches », il faut désormais considérer chaque projet comme LA goutte qui pourrait faire déborder le vase. Avoir conscience des effets délétères de l'imperméabilisation ne peut plus être une préoccupation par à-coups, au gré d'épisodes orageux effrayants. Une gestion responsable du territoire, basée sur une vision claire des sources et des exutoires, est indispensable.

Chaque demande de permis doit être l'occasion d'une réflexion :

- sur la localisation du projet par rapport au réseau de surface.
- sur la localisation du projet par rapport au réseau souterrain.
- sur l'emprise au sol des surfaces imperméabilisées du projet.

Se servir des inondations dramatiques de juillet 2021 comme levier de changement

En début de législature 2019-2024, le gouvernement wallon s'était engagé à freiner l'étalement urbain pour atteindre le " Stop Béton " recommandé par l'Europe. Suite aux inondations catastrophiques de juillet 2021, il s'est vu interpellé par de nombreux citoyens : " **Qu'attendons-nous ? Bétonner la Wallonie, ce n'est pas une fatalité** "... Et encore moins une solution !

Des contraintes sur l'urbanisme et la gestion du territoire peuvent être acceptées du moment qu'elles fassent sens. Cette cohérence d'action se traduit par le slogan " **Stop béton** ", qui en dit long sur le besoin vital de laisser respirer la terre et les gens. En Belgique, les Régions ont le devoir d'aménager le territoire afin d'assurer la qualité de vie des habitants et l'attractivité économique. Elles ont le devoir moral de l'aménager dans une vision à très long terme et pour le bien de tous. Elles doivent prendre conscience que la destruction des éléments naturels et l'imperméabilisation des sols accentuent notre vulnérabilité face aux inondations, à la sécheresse et aux périodes de canicule.

L'aménagement du territoire et l'urbanisme sont le résultat de tendances sociétales et de choix financiers, mais ce sont aussi des disciplines qui peuvent améliorer les projets pour qu'ils soient davantage en phase avec l'environnement et plus épa-nouissants pour les citoyens qui les fréquenteront. La Wallonie doit prendre enfin les décisions politiques qui s'imposent, même si elles sont considérées comme impopulaires.

La difficulté à les implémenter est sans commune mesure avec les difficultés auxquelles la population sera exposée si rien n'est entrepris.

Manifeste « No Nature , No Future »

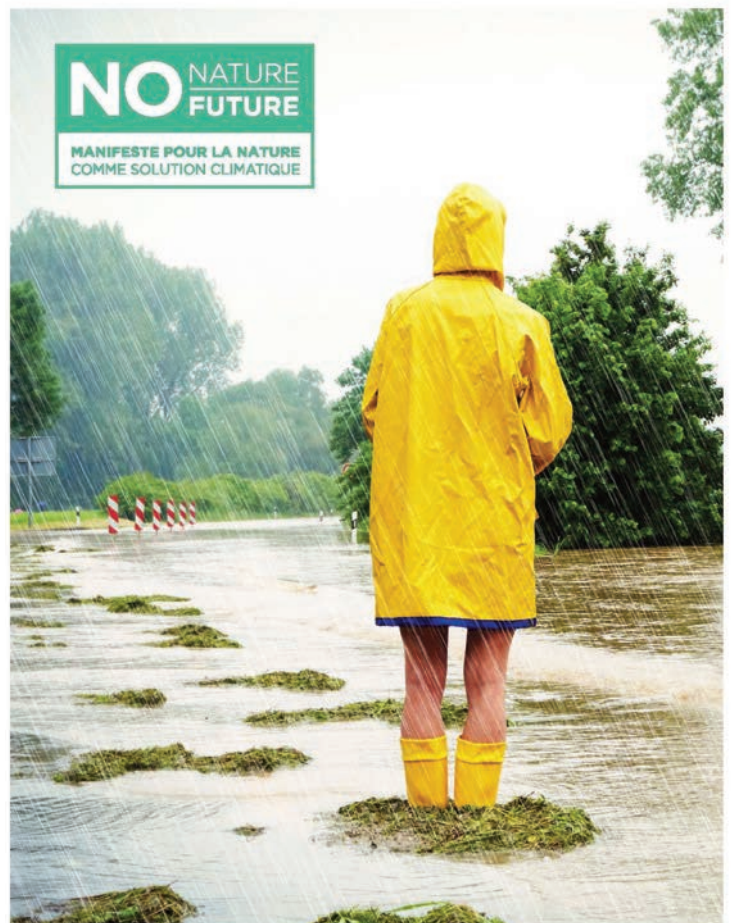
WWF, Natagora et IEW ont coécrit un manifeste intitulé « No Nature, No Future » - « Sans nature, pas de futur », destiné au Gouvernement wallon. Ce texte demande de prendre des me-



Fig. 4. Une telle nouvelle maison isolée, construite à cheval sur des terres agricoles et forestières, avec une importante superficie imperméabilisée au sol, représente un coût important pour la collectivité (en termes de raccordement) et peut contribuer au ruissellement qui impactera les zones situées à l'aval (photo CWEPPS - Mettet, 11/2021).

sures fortes en faveur de la nature, endéans la législature actuelle, à travers trois axes de travail : aménagement du territoire, agriculture, forêts et zones humides.

Au-delà du cri d'alarme sur l'état de la nature en Wallonie et la perte vertigineuse de biodiversité, ce manifeste met en évidence les services irremplaçables rendus aux sociétés humaines par la



nature et les écosystèmes. Les inondations sont évidemment en ligne de mire, pour souligner la façon dont le milieu naturel aide à amortir les coups d'eaux et les conséquences des crues.



Fig. 5. Un quartier résidentiel inondé par les eaux de ruissellement et envahi par la boue. Une gestion anticipative, qui tiendrait enfin compte des recommandations de la cellule GISER, devrait permettre d'éviter de telles situations.

En matière d'aménagement du territoire, les mesures présentées au Gouvernement wallon sont :

1. Amorcer la **révision des plans de secteur** pour réduire les surfaces à bâtir et revoir les zones où l'urbanisation est souhaitable. Trouver un meilleur équilibre entre le droit de la collectivité à disposer d'un territoire résilient aux événements climatiques extrêmes et le droit de propriété privé de bâtir sur des terrains ayant été classés constructibles il y a parfois plus de 50 ans...
2. Définir, au niveau régional, les **balises contraignantes lorsqu'il s'agit de délivrer des permis** d'urbanisation et/ou permis unique. Neuf permis sur dix sont délivrés par les communes, souvent sans avis de la Région ni vision stratégique du développement du territoire. Il importe que la Région puisse, par ces balises contraignantes, coordonner l'action des différentes autorités locales tout en respectant leurs compétences propres.
3. Modifier le Code du développement territorial (CoDT) pour privilégier systématiquement l'infiltration des eaux dans le sol, imposer la consultation de l'organisme d'assainissement, rendre contraignants les **avis de la cellule GISER** (Gestion Intégrée Sol – Érosion – Ruissellement), afin de limiter, voire **interdire, la construction et l'imperméabilisation des sols en zone inondable**, à la source des cours d'eau, en zone humide et en zone d'épanchement des cours d'eau.

Tout le monde est invité à signer le manifeste "Sans nature, pas de futur". Plusieurs institutions ont accepté de porter le message, qui sera mieux entendu par nos dirigeants et décideurs s'il est soutenu par le plus large panel de citoyens et d'acteurs de notre cadre de vie.

Hélène ANCION

Inter-Environnement Wallonie
Chargée de mission "Aménagement du Territoire"

Fig. 6. La gestion durable de l'environnement et du territoire, devra passer par une utilisation plus parcimonieuse de l'espace. Cette ressource est loin d'être infinie. La "bétonisation" se fait au détriment de la nature, mais aussi des services éco-fonctionnels de celle-ci, parmi lesquels un certain nombre de processus qui contrôlent et limitent l'impact des inondations. Illustration par Joël Scuttenaire, dit Skutt.



RECOMMANDATIONS ET RÉSILIENCE SUITE AUX CRUES SANS PRÉCÉDENT

Alerte rouge sur le climat

Les volumes de précipitation ahurissants tombés en 24 heures lors de l'épisode météorologique qui a frappé la Wallonie à la mi-juillet 2021, confirment le caractère exceptionnel de cet événement, en particulier dans l'est de la Belgique. Cette situation et ses conséquences catastrophiques s'inscrivent dans l'évolution rapide et apparemment inexorable de **notre climat**. Depuis 25 ans maintenant, cette évolution se caractérise par des extrêmes de plus en plus marqués et cela ne devrait pas s'arranger !

Selon tous les scénarios, et vu l'inertie du système climatique qui a été dérégulé (notamment du fait des concentrations en CO₂), cette tendance va certainement se poursuivre, sonnante et frôlée du caractère tempéré du climat de nos régions

D'après les projections généralement avancées et admises par la grande majorité des climatologues et chercheurs, les précipitations hivernales extrêmes mesurées à Namur pourraient passer dans les 10 prochaines années de 27,6 mm/h (moyenne concernant la période de 1967 à 2005) à 35,9 voire 45,8 mm suivant un scénario de réchauffement aggravé. En parallèle à d'autres moments de l'année, les périodes de déficit hydrique devraient s'intensifier et très nettement se prolonger.

Du point de vue de l'eau comme ressource vitale, mais aussi comme menace en termes d'inondations, la prise en compte de cette réalité et **l'adaptation à ces minima et maxima** constitue un enjeu majeur pour le développement futur de nos territoires. Une région, un pays, voire même un continent et une puissance économique comme l'Europe se montrent incapables jusqu'à maintenant d'avoir une influence réelle sur l'évolution climatique. Cependant, à l'échelle locale et régionale, nos dirigeants se doivent d'anticiper ces changements et d'adapter le pays à leurs conséquences.

Or, du point de vue des inondations, le **territoire wallon est vulnérable**. L'Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable (ICEDD) a ainsi estimé que :

- Pas moins de 524.000 personnes en Wallonie habitent actuellement en zone inondable. Au sein de cette population, les personnes plus fragiles (niveaux socio-économiques faibles à très faibles) sont nettement sur-représentées...

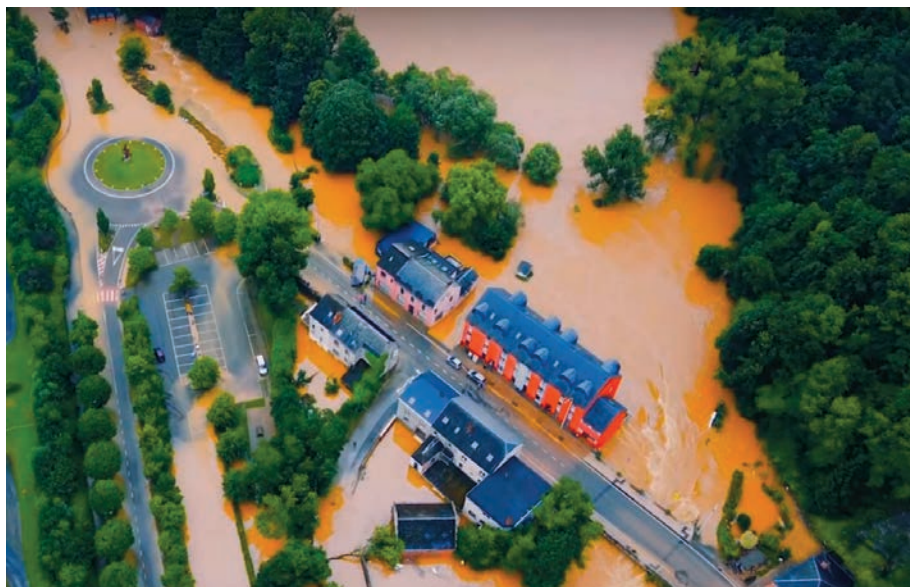


Fig. 1. À Rochefort, construction récente les pieds dans l'eau, juste en face du Nou Maulin. La zone a pourtant été reprise en aléa d'inondation dès la première version des cartes de risque.

comme on l'a vu de manière dramatique dans les quartiers les plus impactés à Pepinster ou à Verviers cet été. La fracture sociale se combine donc à la surexposition aux risques climatiques.

- Un bâtiment « à risque » sur dix se trouve en zone d'aléa d'inondation. Il s'agit principalement d'écoles, d'hôpitaux, de maisons de repos, mais aussi de campings résidentiels abritant des résidents à l'année. Là encore, les crues successives mettent à mal des structures sociales et éducatives, pourtant vitales pour des populations précarisées...
- Au total en juillet 2021, 203 communes wallonnes (sur un total de 262 entités) ont été impactées par les inondations, à des degrés très divers. Cette proportion illustre bien combien cette contrainte est générale et transversale sur le territoire régional. D'ailleurs, toutes les communes de Wallonie ont sur leur territoire au moins une zone potentiellement inondable, que ce soit par débordement de cours d'eau ou par ruissellement.

Repenser la gestion de nos territoires

Si l'intensité des pluies et, de manière plus générale, le réchauffement climatique, sont à l'origine des crues qui ont frappé la Wallonie cet été, il existe un ensemble de facteurs aggravants, quant à leurs conséquences directement liés à l'aménagement du territoire. Sur ces facteurs-là, il est de notre responsabilité et en particulier de celle de nos élus et de l'Administration, d'agir sans plus tergiverser. Or le constat n'est pas rose :

L'artificialisation du territoire est une tendance lourde et continue depuis plus de 25 ans. Les terres (principalement agricoles) ont été « détournées » de leur fonction initiale pour faire l'objet de lotissements, de zonings et autres usages « plus rentables » contribuant grandement à l'imperméabilisation des sols et au risque de ruissellement. Entre 2012 et 2021, ce sont à peu près 12 km² par an qui ont été ainsi « artificialisés ». Dans la dernière déclaration gouvernementale, il est précisé que « la Wallonie s'est donné comme objectif de ramener ce rythme à 6 km² par an en 2030 pour atteindre l'objectif de zéro artificialisation nette à l'horizon 2050 », comme imposé par l'Union Européenne. On doit espérer que cette ligne de conduite soit respectée, et que tout soit fait pour avancer l'échéance de 2050... mais la tendance actuelle ne va guère dans ce sens.

D'après l'Union des Villes et des Communes de Wallonie, on estime entre 3.000 et 4.000 le nombre de **demandes de permis** par an pour des projets qui seront exposés à un risque d'inondation par débordement des cours d'eau ou par ruissellement concentré... soit autant de parcelles situées **dans un périmètre d'aléa d'inondation**.

On comprend assez mal comment ces périmètres d'aléas sont seulement consultatifs pour les pouvoirs délivrant les permis ; ces recommandations devraient impérativement devenir contraignantes dans l'aménagement du territoire. Ce principe qui était encore considéré comme une entrave inacceptable à l'autonomie des communes (qui délivrent la grande majorité de ces permis), pourrait s'imposer suite aux conséquences dramatiques des inondations de juillet 2021.

Pris positivement, il déchargerait l'échelon local d'une lourde responsabilité face au « futur climatique », dès l'instant où, maintenant, on sait !

Lorsqu'il s'agit de se protéger contre les crues, les premières mesures consistent à **construire des digues**, des murs anti-crues ou des bassins d'orage en vue de mettre à l'abri des « zones à risque » (généralement urbanisées) contre la montée des eaux. Ce genre de constructions se justifie et sont essentielles notamment pour protéger des centres-villes en bord de rivière ; ce type d'aménagement n'a toutefois qu'un effet très local et tend à déplacer... voire à aggraver le problème vers l'aval.

De plus, la construction de ces digues, généralement conçues pour résister à une crue centennale, induisent chez les habitants un faux sentiment de sécurité par rapport à la possible montée des eaux. Lors des inondations de juillet 2021, un certain nombre de ces murs anti-crues ont été submergés par la montée des eaux (dans les boucles de l'Ourthe entre Comblain et Liège par exemple - fig. 2) ; des quartiers entiers furent sous eaux derrière ces murs. Enfin, lorsque le ruissellement provenant des versants devient trop important, l'eau bloquée par la « face interne » du mur peut également inonder les habitants, qui se retrouvent piégés par leurs propres digues !

La gestion des ruissellements et des débordements de cours d'eau doit absolu-

ment être pensée à l'échelle du bassin d'alimentation, depuis l'amont et les sources d'un cours d'eau, jusqu'à la confluence avec la rivière plus importante.

Préserver, voire étendre des **zones de débordement** et des plaines qui peuvent temporairement être noyées, a tout son sens pour étaler les pics de crue et limiter la montée des eaux dans les zones plus sensibles. En plus de créer des zones humides à haute valeur écologique, ces espaces rendus à la nature et temporairement à l'eau, sont éco-fonctionnels et fournissent bien des services aux communautés situées à l'aval. C'est aussi le cas des zones d'infiltration diffuse (particulièrement efficaces en terrain calcaire) qui doivent absolument être maintenues pour limiter le ruissellement et les coulées de boue.

Freiner l'eau dans sa progression dans des espaces naturels et **favoriser l'infiltration vers les nappes aquifères** est essentiel pour soutenir la recharge de la réserve en eau souterraine potabilisable... en prévision des périodes de sécheresse qui alternent inéluctablement avec les périodes de très forte pluviosité.

Des projets sont actuellement à l'étude pour réinjecter vers les nappes les eaux trop abondantes en période de crue. Si cette approche fait sens du point de vue quantitatif, il faut cependant se montrer très prudent quant aux impacts sur la qualité des eaux et le transfert « facilité » de certains polluants vers la nappe.

Planification, risques et aléas

Des déclarations telles que : « *Il n'y a pas de culture du risque en Belgique* », ou encore « *Quand tout va bien, on ne se doute pas que tout peut basculer très rapidement et il faut malheureusement une catastrophe pour qu'on s'en rende compte* » se sont multipliées après cette terrible crue. Les premières heures de la crise ont laissé une image de total désarroi, avec le bilan humain très lourd et inacceptable qu'on connaît aujourd'hui.

Pourtant, avec ses **cartes d'aléas et de risque d'inondation**, la Wallonie dispose de documents précis qui, dès avant la catastrophe, délimitaient les zones les plus vulnérables, qui furent effectivement frappées par la crue. Ces cartes sont des documents précieux auxquels les autorités devraient avoir recours de manière plus systématique. Ces documents prédictifs peuvent servir comme outil de gestion du risque, notamment en urbanisme, pour limiter les implantations d'infrastructures sensibles dans des zones potentiellement sous la menace des eaux. Sur base de ces cartes, une planification des secours pourrait également être pensée à l'avance, permettant ainsi de se déployer sans retard et efficacement lorsqu'une crue se produit.

Les zones d'aléas (et leur degré fort – moyen – faible) sont basées sur le **temps de retour** des précipitations ou des débits causant l'inondation. C'est donc une carte qui se base sur la récurrence d'événements passés pour estimer les « dangers à venir ». La pertinence de données climatiques historiques dans le contexte du changement climatique et d'un territoire de plus en plus urbanisé et sujet au ruissellement pose question. La prise en compte de ces changements dans le modèle prédictif est en cours et devrait modifier assez fortement les cartes d'aléas dans leur prochaine version en cours d'étude.

Meilleure valorisation des observations de terrain

Les enquêtes de terrain, les données historiques et les observations directes sont indispensables pour caler les modèles hydrologiques et permettre de vérifier « sur le terrain » l'impact d'une crue et/ou la manière dont un bassin a réagi à un certain volume de pluie. C'est d'autant plus important sur les cours d'eau de catégories secondaires, qui ne font généralement pas l'objet de modélisation hydrologique approfondie.

Dans la grande majorité des cas, les observations envoyées au SPW par des riverains, se concentrent sur les **dégâts**



Fig. 2. Construction d'un mur anti-crue le long de l'Ourthe à Comblain-au-Pont suite aux inondations de janvier 2011. Cet équipement a été totalement submergé lors des inondations de juillet 2021 (photo Contrat de Rivière Ourthe).



Fig. 3. Repérage des niveaux de crue sous terre, sur base des dépôts d'argile et de boue, bien visibles sur certaines parois. Grotte des Émotions, Ferrières (photo P. De Bie).

causés aux biens (maisons). Ils sont donc principalement localisés en zone urbanisable. Disposer d'observations complémentaires sur des zones plus rurales et/ou boisées, telles que peuvent en fournir les spéléologues par exemple, est utile pour **intégrer les amonts** dans la gestion des crues et mettre en place des aménagements fixant et retardant les eaux ("zones de stockage" et de débordement temporaires).

Enfin, en terrain karstique, pouvoir **relever les hauteurs d'eau directement dans les galeries et rivières souterraines** aiderait à mieux comprendre et gérer les inondations. Comme dans beaucoup d'autres domaines scientifiques, le karst et le milieu souterrain constituent de formidables archives. Il devrait être possible d'y retrouver des niveaux de crue plus anciens, en vue d'intégrer ces extrêmes climatiques dans le modèle prédictif et de gestion de l'aléa d'inondation.

Afin de structurer la collecte d'informations « crues » en terrain karstique, la CWEPESS propose (voir p. 17) une **fiche assez simple à compléter sur le terrain**. Celle-ci devrait idéalement s'accompagner de photos, de schémas et d'extraits de carte, afin de fournir l'information la plus objective possible. L'ensemble de ces données pourra utilement être communiqué à la Direction des Cours d'Eau Non Navigables du SPW, pour être intégré dans la révision des cartes d'aléas.

Actions spécifiques en zones karstiques

Pour tenter de limiter les inondations ou en diminuer l'impact, il n'y a pas une solution unique ; il faut privilégier de nombreuses actions un peu partout sur le territoire, tant dans les fonds de vallées que sur les versants, à proximité des lignes de crêtes ou des sources.

Ces aménagements qui concernent différents secteurs d'activité et des terrains aux usages très différents, doivent notamment tenir compte de la géologie, de la topographie et de l'environnement naturel (ou artificialisé) pour tirer le meilleur parti des réalités locales. Le principe de base est de **freiner les vitesses d'écoulement**, et donc la montée des eaux, pour lisser et étaler les pics de crue, afin d'avoir des hauteurs d'eau moins importantes, moins de débordements et donc moins de dégâts.

Les zones calcaires, qui renferment des **aquifères karstifiés de grande capacité** et dont les sols se caractérisent par une **forte perméabilité**, sont de bons candidats pour « amortir » les crues.

Or, malgré ces qualités, à la mi-juillet, un grand nombre de pertes et de chantoires ont vu leur capacité d'absorption totalement dépassée. Les ruisseaux absorbés en temps normal par ces pertes, poursuivaient leur cours aérien (souvent torrentiel) bien au-delà, dans des vallons secs où l'eau ne s'était parfois plus écoulee depuis des dizaines d'années. Ces afflux extraordinaires sont venus s'ajouter aux autres cours aériens déjà bien gonflés, amplifiant les problèmes dans les vallées.

Sous terre, l'eau s'écoule beaucoup plus lentement qu'en surface. Elle peut également remplir progressivement un aquifère, constituant une grande réserve qui fluera lentement et progressivement vers les sources ou les résurgences pour alimenter le réseau hydrographique. En termes de vitesse, pour une même distance, l'eau mettra quelques heures en surface, alors qu'il faudra plusieurs jours aux eaux souterraines, via les réseaux de conduits karstiques. On comprend dès lors pourquoi, en temps de crue, il est important qu'un maximum d'eau puisse pénétrer dans le karst, pour y être retenue afin de bénéficier de cet **effet retard**.

On constate par ailleurs qu'un grand nombre d'orifices de pertes et chantoires sont **régulièrement encombrés**, voire bouchés, par des matériaux et déchets de toutes sortes, généralement amenés par une crue précédente. Les plus courants sont les bois et les branchages qui provoquent une accumulation de sédiments jusqu'à former un barrage empêchant les eaux de s'écouler normalement. Il y a aussi des **comblements volontaires**. L'homme n'aime pas les trous ni les dépressions ; il tente de les boucher, surtout en milieu agricole (prairies et champs). Il en résulte que de nombreux points d'infiltration sont encombrés de remblais d'origine variée, dont les déchets de construction sont les plus nombreux. Tous ces encombrements **limitent fortement la perméabilité des sols et la capacité d'absorption** des zones calcaires.

Il serait intéressant d'inverser cette tendance et, à l'avenir, d'entretenir et de **dégager au maximum les points de perte** afin de faciliter l'entrée des eaux dans le karst. Nous proposons dès lors que soit mis en place de façon systématique, au niveau communal, le recensement, le dégagement et l'entretien de ces sites stratégiques.



Fig. 4. Exemple d'infiltration naturelle et très efficace des eaux de ruissellement dans des dépressions karstiques après une forte pluie. Chantoir de Crossée à Ouffet (photo Ch. Bernard).



Fig. 5. Nettoyage et dégagement de la grille du Nou Maulin (Rochefort) des déchets et encombrants flottés apportés par les crues. Cet entretien régulier, réalisé par les spéléos, permet non seulement de maintenir l'accès au réseau spéléologique, mais aussi d'assurer de bonnes capacités d'absorption à ce chantoir proche de la Lomme (photo Marc Legros).

Le recensement est facile, il existe déjà dans l'**Atlas du Karst Wallon** (inventaire des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie, réalisé par la CWEPSS à la demande et avec le soutien de la Région wallonne). Ces données sont mises à jour trimestriellement et accessibles par tous sur le portail cartographique Walonmap.

Les **communes**, via leur service des travaux, possèdent les moyens humains et matériels pour faire ces dégagements. On cure les fossés chaque année, pourquoi pas les chantoires ?

Dans certains cas plus « techniques », lorsque le dégagement doit se faire dans de vastes cavités actives et/ou directement sous terre, ce travail pourrait être

confié aux **spéléologues** qui disposent de toutes les qualités requises pour être partie prenante dans la gestion de ces sites particuliers.

La bonne capacité d'**infiltration diffuse** des eaux de pluie dans le sol (pour limiter au maximum le ruissellement et les coulées de boue) constitue une autre caractéristique des zones calcaires. C'est particulièrement vrai lorsque la couche de sol est peu épaisse et que le calcaire fissuré est proche de la surface ; cet "épikarst" va alors pouvoir absorber des volumes d'eau plus importants.

Artificialiser et imperméabiliser de tels sols aura des conséquences particulièrement néfastes concernant les ruissellements. Il faut donc être particulièrement prudent lors de tout projet et urbanisation sur ces terrains pour qu'ils conservent leur perméabilité et puissent continuer à rendre de précieux services éco-fonctionnels.

Georges MICHEL
Coordinateur CWEPSS



CWEPSS asbl

Secrétariat : av. G. Gilbert 20, 1050 Bruxelles

Tél: 02/647.54.90 - contact@cwepss.org

Siège social: Clos des Pommiers, 26 - 1310 La Hulpe

Cet **Eco Karst spécial** a bénéficié de l'aide et du soutien de très nombreuses personnes. Certaines observations et relevés ont été réalisés dans le cadre de missions de la CWEPS pour le **Service Géologique de Wallonie (SPW)**. L'**Union Belge de Spéléologie** nous a permis de le diffuser plus largement afin de partager nos observations liées aux dernières inondations.

Devenir membre de notre asbl

Cette fin d'année est l'occasion idéale de renouveler votre cotisation pour 2022. La **cotisation annuelle à la CWEPSS**, incluant l'envoi de 4 n° de l'Eco Karst, s'élève à :

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

Le paiement se fait par virement. Reprenez en communication **vos coordonnées complètes (adresse postale et e-mail)**, et la mention "Cotisation 2022".

Dons exonérés d'impôts

Notre association de protection de la Nature est 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.

Les dons sont à effectuer par virement, avec **vos coordonnées complètes et la mention "Don exonéré d'impôts"**.

IBAN : BE68 0011 5185 9034

BIC : GEABEBB

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 ne souhaitez plus recevoir notre périodique, merci de nous en informer par email (contact@cwepss.org).

Merci de continuer à nous soutenir !

