

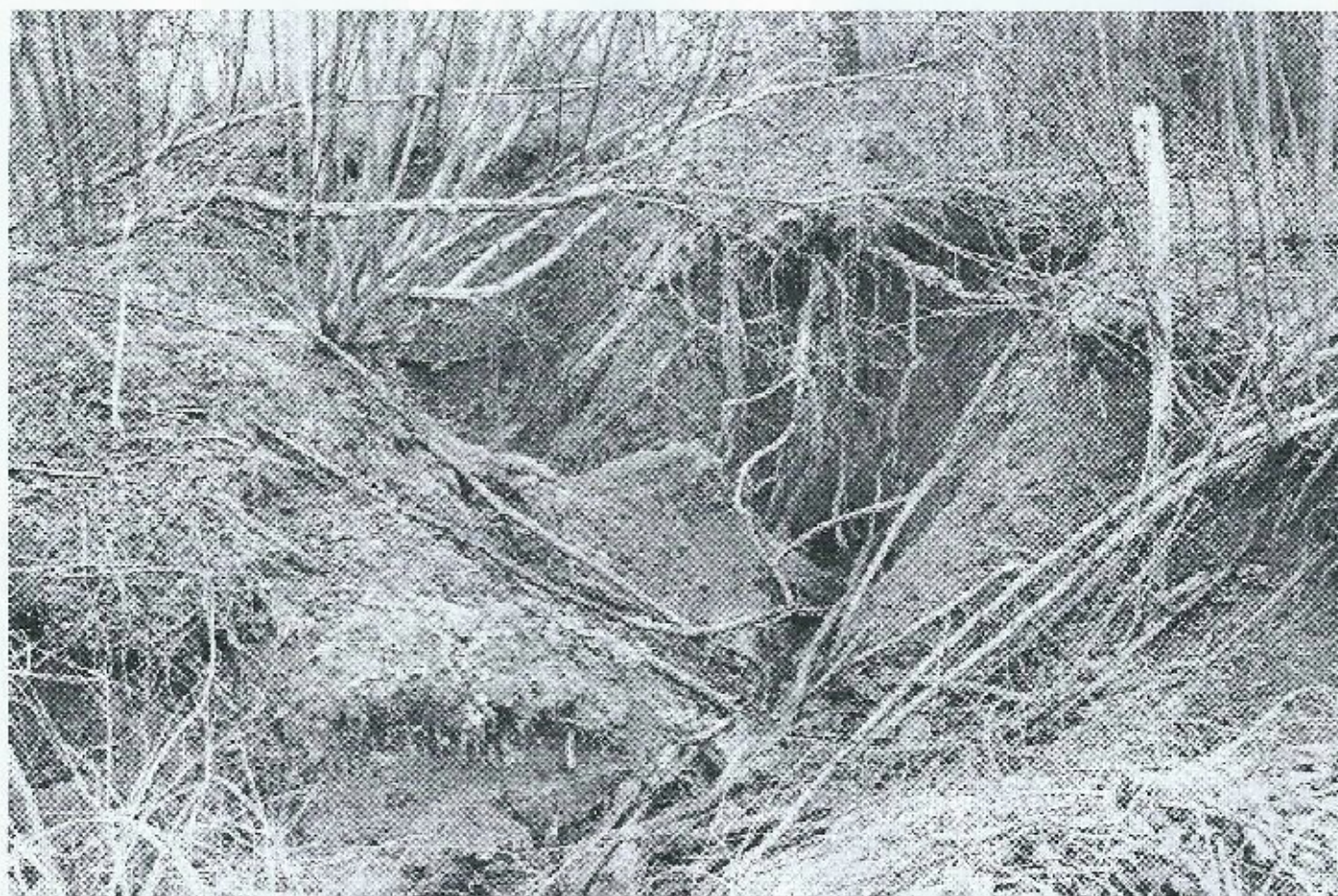


COMMISSION WALLONNE
D'ETUDE ET DE PROTECTION
DES SITES SOUTERRAINS

*Association sans but lucratif pour la sauvegarde
des sites karstiques et des eaux souterraines*

Assesse – Profondeville – Yvoir

Réflexions à propos de la construction d'une route au Fond d'Hestroy (CHU de Mont-Godinne)



Chantoir amont des Bouleaux. Site actif alimentant le réseau souterrain du Trou d'Haquin (photo avril 2018)

G. MICHEL & L. REMACLE

CWEPSS, le 29/05/2018

Analyse karstique réalisée à la demande et à l'usage du SPW DG01 – Direction de la Géotechnique

A/ Introduction

Le projet de construction d'une « route » devant relier la E411 et la N4, aux environs de Maillen, et le CHU de Mont à Yvoir est périodiquement remis à l'étude depuis plusieurs années. En mars 2018, le SPW – DGO1 – Direction de la Géotechnique a demandé à la CWPSS de confronter les itinéraires proposés aux données karstiques en sa possession, dans le but de voir dans quelle mesure un karst actif et bien développé pourrait interférer avec le futur axe routier. Cet aspect du sous-sol n'a pas été pris en compte initialement par les auteurs de projet, lors du tracé des 6 itinéraires proposés.

L'avis qui suit ne porte QUE sur l'aspect sous-sol et karst : la CWPSS n'est ni habilitée, ni compétente, pour juger des autres impacts et contraintes techniques, paysagères ou légales. Notre réflexion est guidée par :

- la volonté de garantir la protection de sites karstiques remarquables, qui pourraient être fortement affectés par la construction de la route ;
- la prise en compte des contraintes karstiques pour la stabilité de la future chaussée : risques d'effondrement, mais aussi surcoût à long terme de constructions « dans une zone qui bouge » (affectée par un karst actif) ;
- une réflexion plus générale sur les écoulements d'eau (en surface et souterrains), qui pourraient être affectés par la route, les importants remblais et les talus à construire pour le nouvel axe routier.



Fig. 1 : Vallon sec et modelé du terrain à l'aval du Trou d'Haquin sur lequel il était prévu de faire passer la route.

Pour son analyse, la CWPSS s'est contentée d'intégrer au mieux les données connues à propos des phénomènes karstiques du Fond d'Hestroy. Nous avons en particulier pu bénéficier des résultats des derniers traçages réalisés par l'UNamur (non encore publiés) à partir de chantoirs potentiellement concernés par le projet de route. Nos observations en surface (les 1^{er} mars, 20 mars et 4 avril 2018) ont permis de documenter la réalité karstique locale et son aspect dynamique. Aucun sondage ni relevé géophysique n'ont été réalisés jusqu'à présent.

B/ Description de la zone concernée par le projet de route

B.1/ Contextes géomorphologique & géologique

- A l'est, le plateau (culminant à des altitudes de 200-275 m) est entaillé par des vallées encaissées, aux pentes principalement dirigées vers l'ouest.
- Au centre, une colline se marque dans la topographie (sommet à 265 m) suite à la plus grande résistance à l'érosion des roches de son sous-sol (grès et conglomérats) par rapport aux vallées au nord et au sud, en terrain calcaire. Les pentes de cette colline, relativement escarpées, sont orientées vers le nord, l'ouest et le sud-est.
- L'ouest est barré du sud vers le nord par la Meuse, dont le talweg constitue le point bas de la zone étudiée (95 m d'altitude).

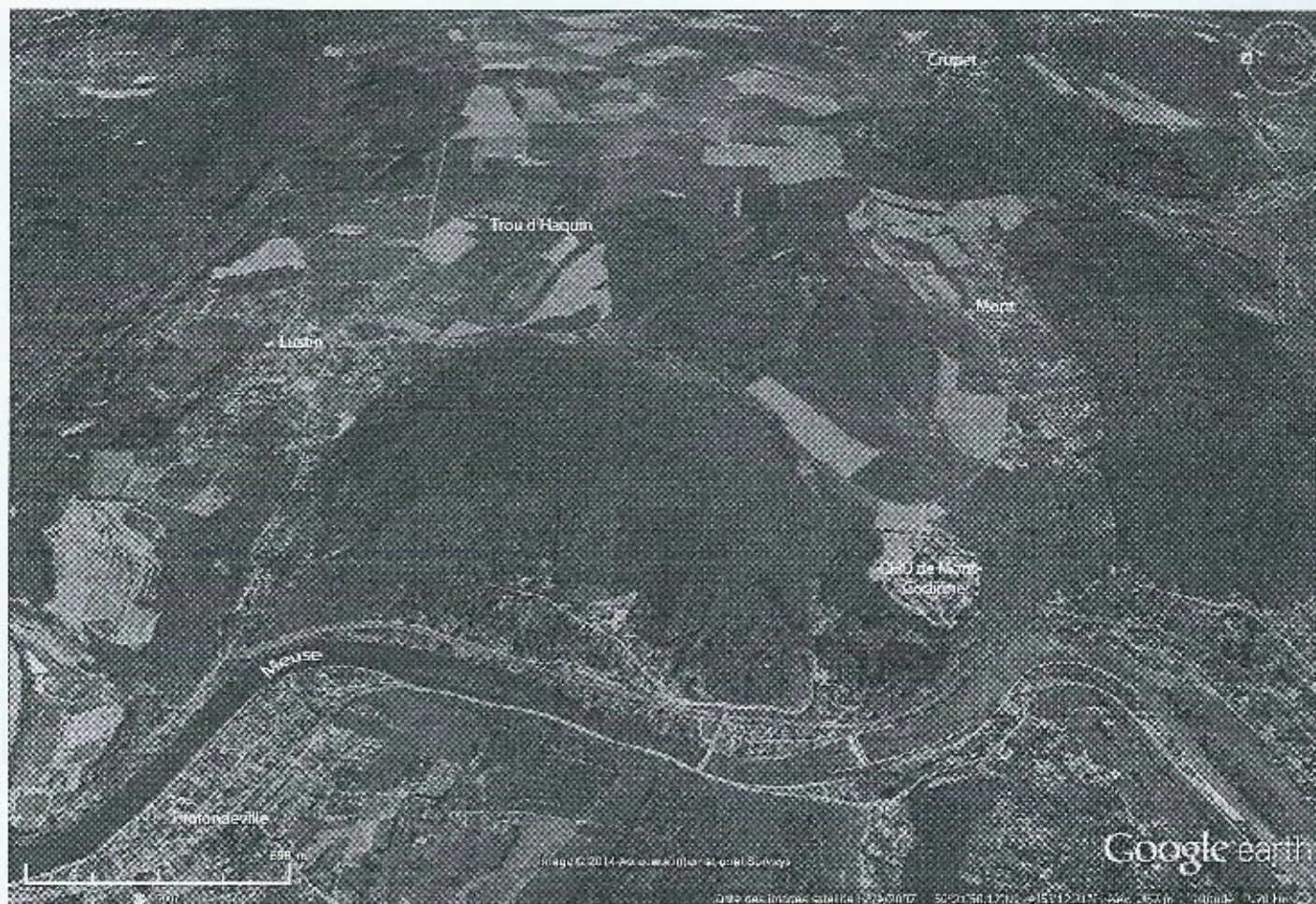


Fig. 2 : Vue Google Earth de la zone concernée par la route (NB : le nord est orienté à gauche).

Du point de vue géologique, on se situe sur le bord nord du Synclinorium de Dinant, sur des terrains allant du Dévonien inférieur au Dévonien supérieur, plus précisément de l'Emsien au Famennien (407,6 à 358,9 millions d'années). Ces roches ont été plissées lors de l'orogénèse hercynienne et charriées vers le nord par la Faille du Midi (Delcambre B. & Pingot, 2017). L'orientation des plis s'est faite majoritairement dans un axe NE – SW. La carte géologique décrit l'agencement des formations dans la zone qui nous intéresse (Fig. 3).

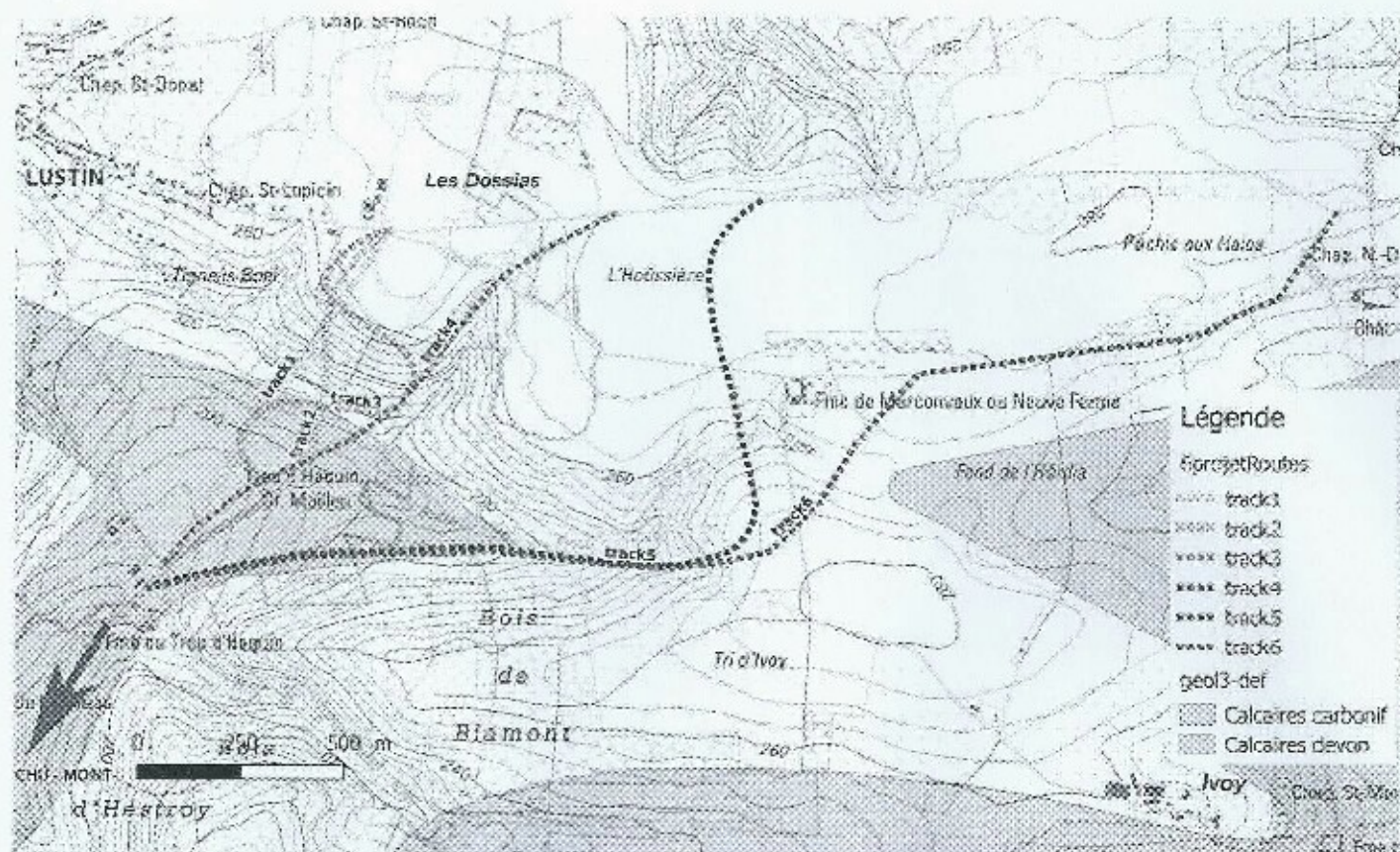


Fig. 4. Les 6 tracés étudiés par le Bureau d'Etudes pour le tronçon 4 autour du Trou d'Haquin.

Il convient également de tenir compte de la **dynamique** locale du karst. On est en présence d'un système actif (avec plusieurs points de perte) et un drainage concentré qui alimente un collecteur avec des réseaux souterrains fort développés et étendus. Les grottes pénétrables témoignent de la profonde altération des roches, de la présence de vides importants et de vastes zones d'éboulis. Ce système actif est en perpétuelle évolution et constitue un des réseaux souterrains le plus importants de Wallonie.

C.1/ Vision « ponctuelle » du karst d'Hestroy

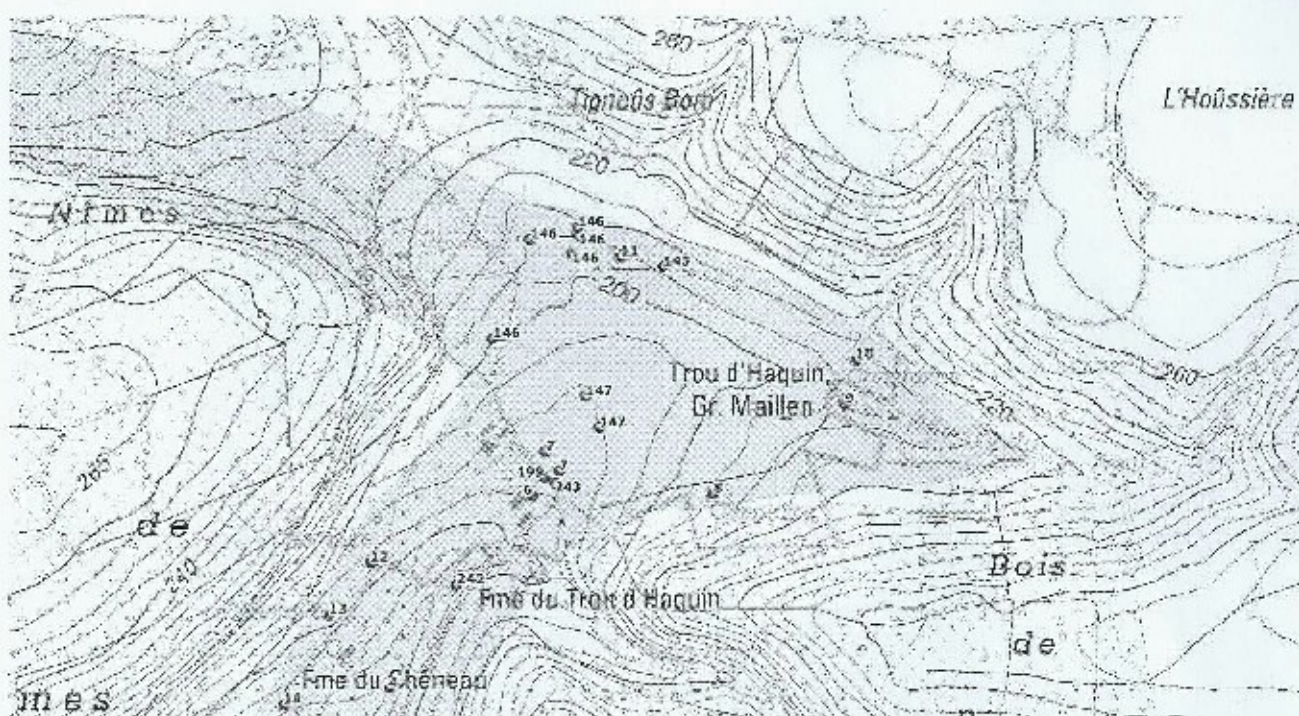


Fig. 5. Atlas du Karst Wallon 2018 – Report des sites karstiques autour du Trou d'Haquin (index et description en Annexe 1).

Sur la Fig. 5, on constate la densité élevée de sites karstiques (points rouges) se concentrant au contact avec les grès (en particulier pour les chantoirs). Le grès forme des conglomérats très résistants (en grande partie imperméables) qui occupent les plateaux suite à l'érosion différentielle, alors que le calcaire, plus altérable, constitue les fonds de vallée. Tout le drainage se fait depuis les plateaux en direction des vallons calcaires où le réseau hydrographique de surface disparaît au profit des écoulements souterrains. C'est là un schéma assez classique en zone karstique, qui induit un impluvium important et un apport d'eau massif en direction des réseaux souterrains.

Vu les pentes et le développement important des réseaux souterrains, l'eau infiltrée dans le calcaire va circuler à grande vitesse via un réseau de drains, élargis par la dissolution.

Site	Nom du site karstique	Lambert_x	Lambert_y
534-004	Chantoir du Chêneau	187767	117344
534-006	Chantoir de la maison Polet	188019	117687
534-007	Pertes de la ferme du Trou d' Haquin	188042	117765
534-007	Pertes de la ferme du Trou d' Haquin	188066	117732
534-008	Chantoir dit Fosse Roys	188340	117691
534-009	Trou d' Haquin	188570	117850
534-010	Chantoir du Pré Batard	188590	117930
534-011	Chantoir des Bouleaux	188174	118114
534-012	Chantoir n°1 de la ferme du Chêneau	187733	117569
534-013	Chantoir n°2 de la ferme du Chêneau	187660	117476
534-145	Chantoir amont des Bouleaux	188249	118097
534-146	Effondrements de Tigneus Boni	187948	117968
534-146	Effondrements de Tigneus Boni	188013	118144
534-146	Effondrements de Tigneus Boni	188087	118120
534-146	Effondrements de Tigneus Boni	188097	118167
534-146	Effondrements de Tigneus Boni	188099	118152
534-147	Dolines de la ferme du trou d' Haquin	188112	117864
534-147	Dolines de la ferme du trou d' Haquin	188137	117809
534-199	Effondr. de la route de l' Haquin	188040	117720
534-242	Perte laterale de l' Etang de la ferme d'Haquin	187886	117529
534-243	Affais. de la canalisation du Chemin d'Hestroy	188057	117710

Tab. 1 : Phénomènes karstiques inventoriés dans la partie amont du Fond d'Hestroy. En gras: phénomènes à prendre en compte du point de vue des contraintes et "risques" pour la route. Pour le descriptif complet des phénomènes, consulter *Maillonmap* (onglet sous-sol), ou se référer aux fiches descriptives reprises en *Annexe 3*.

C.2/ Réseau, circulations d'eau souterraines et extension de la zone karstifiée

La Fig. 6 reprend la localisation des sites karstiques ainsi que les axes de drainage souterrains mis en évidence par les traçages. La majorité de ces circulations ont été réétudiées par l'Université de Namur en 2014 et 2015.

Par rapport à la figure précédente, cette carte démontre combien l'extension des zones karstiques est plus importante que les seuls « points rouges » visibles en surface. Par ailleurs, en dehors du Trou d'Haquin, dont le développement² atteint près de 3000 m (représenté à l'aide d'un trait noir sur la fig. 6), il existe certainement d'autres réseaux souterrains, non accessibles ou découverts mais qui constituent des vides conséquents dans la roche carbonatée. Ils sont directement à mettre en liaison avec les circulations souterraines reconnues par les traçages et constituent autant d'axes de drainage et de dissolution prioritaires au sein du massif.

² Une nouvelle topographie du Trou d'Haquin est actuellement en cours de levé par les spéléos du GRPS. Elle devrait permettre d'avoir une vision plus précise de l'extension des galeries, mais aussi de leur profondeur par rapport à la surface. Ce document devra être consulté lors de tout nouveau projet dans la zone.

RIV S1. Rivière souterraine du Fond d'Hestroy (9) => liaison prouvée avec la résurgence de Chauvaux (fig 9. Site 21 + description en annexe 2), en bord de Meuse (SSN. 1989). Injection depuis le ruisseau du Trou d'Haquin : 1000 g d'Uranine. Temps de passage pour les 1790 m = 18 h soit une vitesse de 139 m/h (Guldentops, 1954). Ce même traçage a été refait à plusieurs reprises notamment par Coppenolle (années 1970), par la SSN et plus récemment par l'UNamur qui a pu quantifier plus précisément les vitesses de passage et les taux de restitution.

RIV S2. Chantoir des Bouleaux (11) => liaison prouvée avec la résurgence de Chauvaux (en bord de Meuse) par l'UNamur (A. Cotton, janv. 2014) après 19,2 h (pour 2620 m à vol d'oiseau) soit une vitesse de 136,5 m/h. Injection d'Uranine dans l'effondrement terreux fonctionnant comme perte totale du ruisseau intermittent (moins d'1l/sec) Vers l'aval, les eaux empruntent le même collecteur que l'Haquin (Fond d'Hestroy souterrain). Le taux de restitution est de 56%. Malgré un suivi attentif, pas de liaison avec le réseau de Frênes (Résurgence Lucienne).

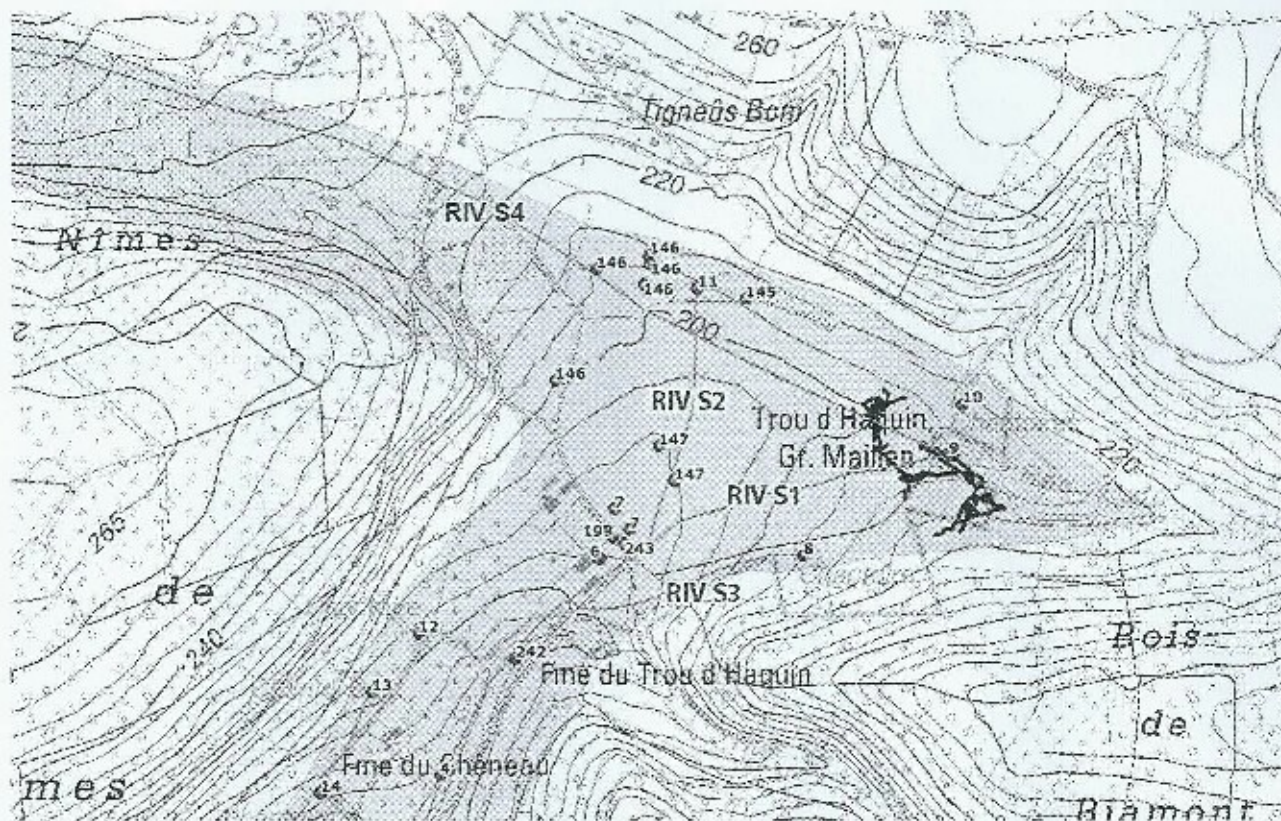


Fig. 6. Phénomènes karstiques du Fond d'Hestroy. En noir, report du réseau exploré de l'Haquin (près de 3000m de développement). Les traits oranges illustrent les circulations d'eau souterraines (Riv S1, S2, S3) mises en évidence par traçage.

RIV S3. Fosse Roy (8) => liaison prouvée avec la résurgence de Chauvaux (en bord de Meuse) ; traçage par l'UNamur (M. Peeters, mars 2015). Injection directement dans la perte de Fosse Roy (débit de 3-4 l/sec). Liaison établie avec Chauvaux après 13 h 40 (pour 2500 m à vol d'oiseau) soit une vitesse de 183 m/h. Il semblerait que les eaux empruntent le même collecteur que l'Haquin (Fond d'Hestroy souterrain). Le taux de restitution de 42% malgré une courbe très resserrée, suggère une diffuence vers d'autres émergences.

RIV S4. Haquin vers Réseau de Frênes =>. Liaison établie par traçage réalisé par M. Vanderlinden et SSN en novembre 1989 (basses eaux), complété par deux autres traçages en 1990 et 1991 dans le réseau de Frênes. Le colorant (fluorescéine) injecté 10 m en amont de l'entrée du trou d'Haquin est réapparu à l'aval de Frênes et à Chauvaux après 18 heures, mais après 24 h à l'amont (Siphon 6) du réseau. Les traçages de 1990 et 1991 ont confirmé la complexité des circulations aquifères dans et autour du réseau de Frênes. Ainsi un traçage au départ du fond de Nîmes en 1990 est réapparu aux siphons 6 et 3 mais pas au siphon 5, ni dans le tunnel. De plus, l'injection au siphon 6 en 1991 n'est jamais passée au siphon 3 (VANDERLINDEN 1991). Cette complexité toujours inexplicée pourrait justifier les divergences de résultats entre les traçages réalisés à différentes époques et saisons.

Vu la morphologie générale des calcaires à l'aval du Trou d'Haquin, il est probable que les eaux des différentes pertes rejoignent un même collecteur occupant le fond du vallon pour aboutir à la résurgence de Chauvaux en bord de Meuse. Les différences de vitesses observées lors des traçages entre les différents points de perte tiendraient alors dans le temps nécessaire à l'eau pour trouver son chemin jusqu'à ce collecteur.

Enfin, et c'est important pour la stabilité de la route, le collecteur de l'ensemble des pertes d'Hestroy est orienté dans le vallon sec, parallèlement, voire « sous » la route qui relie la Ferme de l'Haquin au CHU de Mont. Cet axe de drainage est à surveiller tout particulièrement, vu le soutirage qui s'y produit. Implanter la partie aval de la route vers Mont sur cet axe doit être considéré avec une grande prudence. Certains affaissements ont déjà affecté la route, comme le prouvent les nombreuses réparations qu'elle porte.

L'existence d'une circulation d'eau souterraine est-ouest (voir Riv S4) en direction de la Meuse à Frênes, induit des contraintes en terme de stabilité à l'ouest de l'Haquin, ainsi qu'une vulnérabilité (en cas de pollution) liée au transfert rapide vers la Meuse aboutissant juste en amont des captages de Tailfer.

C.3/ Classement et zone de contrainte karstique autour de l'Haquin

La Fig. 7 superpose à la carte précédente les périmètres du site classé du Trou d'Haquin (hachuré vert) ainsi que les zones de contraintes karstiques, définies à la demande de la DGO4 (Aménagement du territoire) entre 1998 et 2002 pour l'ensemble des zones calcaires de Wallonie.

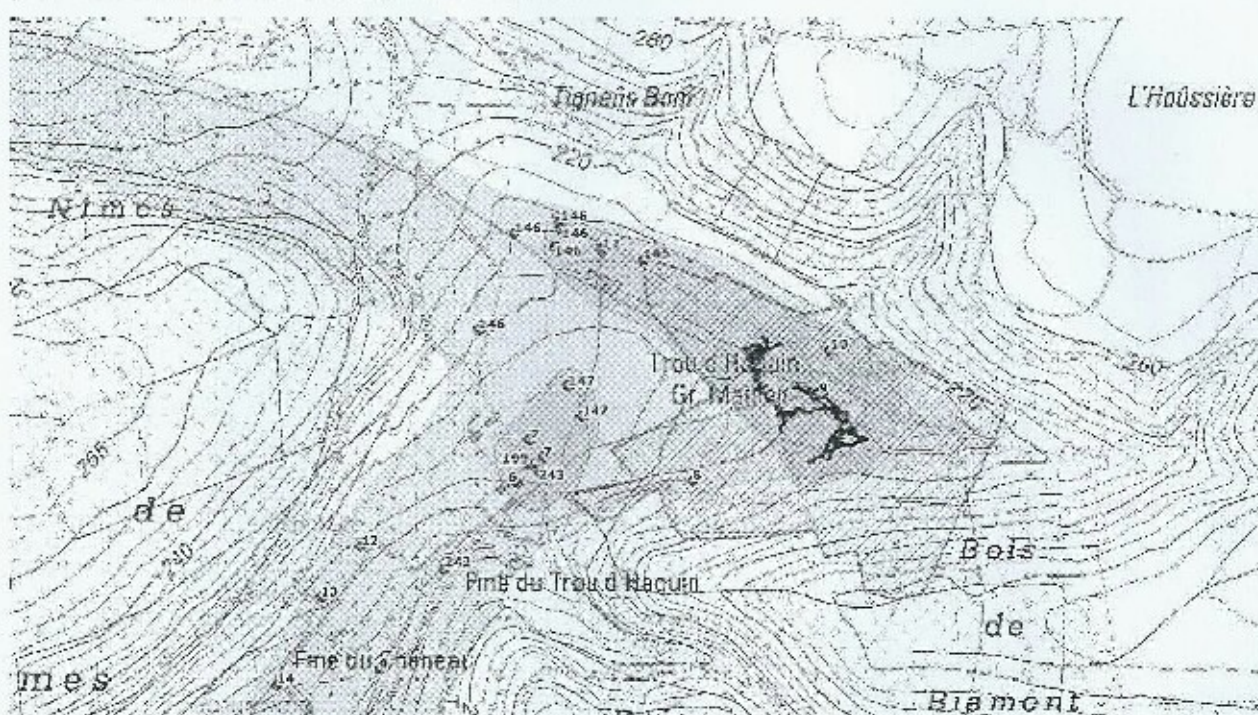


Fig. 7. Zones de contraintes karstiques (en orange) englobant les sites karstiques principaux et les plus actifs et site classé du Trou d'Haquin, lui-même arrêté en 1990.

Pour la zone de contrainte englobant le Trou d'Haquin (polygone orange le plus étendu et situé au nord), il est fait mention dans l'étude sur les zones de contraintes karstiques des éléments suivants :

EXTRAIT DE LA FICHE « CONTRAINTES KARSTIQUES » ETABLIE EN 2001

Description :

Le Trou d'Haquin (53/4-9) constitue la tête de deux réseaux karstiques distincts (en partie explorés). Le premier s'est développé vers le nord-ouest pour former le réseau de Frênes. Le second, vers le sud-ouest, forme le réseau du Fond d'Hestroy.

Le réseau de Frênes draine les eaux provenant du Trou d'Haquin et du bassin versant du Bois de Nîmes. Les eaux résurgent à la Résurgence Lucienne.

Dans le réseau de Fond d'Hestroy, la rivière souterraine est alimentée par le Trou d'Haquin et par les différentes pertes du vallon du Fond d'Hestroy. Les eaux résurgent au niveau de la Meuse à la Résurgence de Chauvaux (53/4-21).

État des lieux :

Lors de notre levé en 2001, de nouvelles dépressions ont été répertoriées (53/4-146 & 147). Les remblaiements partiel ou total de plusieurs dépressions (53/4-6, 146 & 147) ont été observés. Le chantoir de la maison Pollet (54/3-6) a été remblayé et une maison est construite au-dessus. Les habitations ont leurs égouts qui se déversent directement dans les chantoirs et dépressions.

Contraintes :

Deux zones de contraintes faibles sont établies.

La zone 53/4-k01 correspond à la tête de deux réseaux karstiques actifs ; les réseaux de Frênes et du Fond d'Hestroy. Elle couvre le réseau du «Trou d'Haquin» et les quatre chantoirs (53/4-9, 10, 11 & 145), sur le bord nord de la bande calcaire, dans lesquels se perdent, entre autres, les ruisseaux d'Haquin et du Fond d'Hestroy.

La zone 53/4-k02 couvre une grande dépression dans laquelle se trouvent deux dépressions (53/4-147) et trois pertes (53/4-6 & 7) qui sont remblayées. Il y a un risque que de nouvelles dépressions se développent par l'action érosive de la rivière souterraine.

Aménagements et recommandations :

Dans le périmètre de la zone de contrainte 53/4-k1, il est recommandé d'interdire toute construction à proximité immédiate (≈ 25 m) des phénomènes karstiques. Il sera interdit tout déversement, épandage ou stockage de produits polluants dans le périmètre établi mais également sur l'ensemble de la bande calcaire.

Dans le périmètre de la zone de contrainte 53/4-k2, il est déconseillé d'édifier toute nouvelle construction. Si une construction est envisagée, il sera réalisé préalablement une étude de stabilité du sol. Il sera interdit le déversement, l'épandage ou le stockage de matériaux polluants. Les remblaiements des dépressions seront évités, sinon limités à des matériaux inertes.

En cas de nouvelles constructions, un réseau de collecte d'égouts devra être réalisé afin d'éviter l'amplification des problèmes de pollution. Il est à noter que la construction bâtie au-dessus du chantoir de la maison Pollet (53/4-6) pourrait montrer des signes d'instabilité s'il n'a pas été tenu compte, lors de son édification, de la possibilité de la réactivation du chantoir.

Les visites réalisées depuis confirment le côté dynamique du karst. En particulier, la zone de contrainte karstique définie autour de l'Haquin devrait être étendue, pour y inclure le chantoir dit « Fosse Roy » (53/4-008) qui constitue un point de perte actif, en évolution et prolongé par un réseau souterrain pénétrable qui se développe sur plus de 100 m.

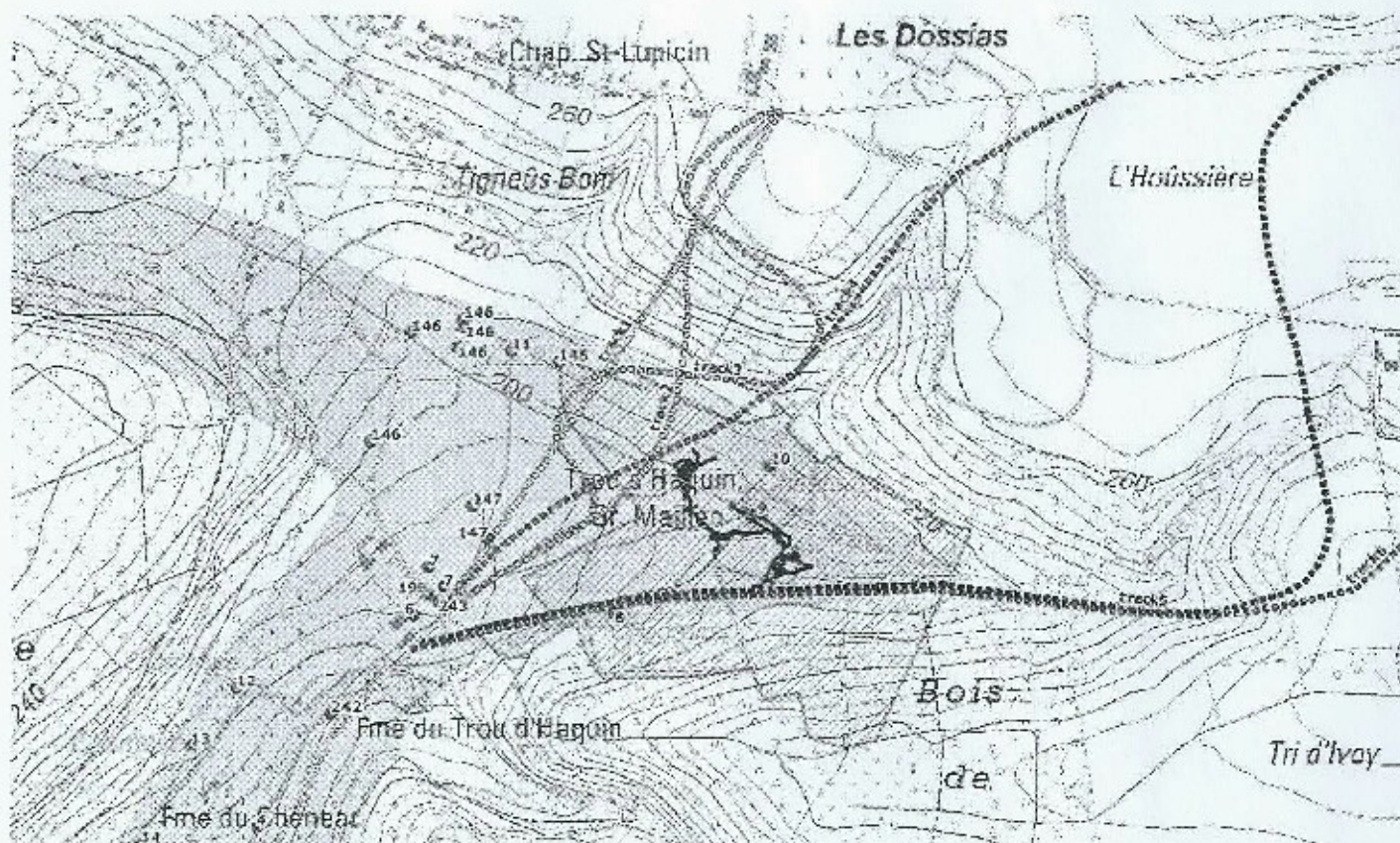


Fig. 8. Carte de synthèse reportant le karst, les circulations d'eau souterraine et le site classé, en regard des 6 itinéraires présélectionnés par le bureau chargé de l'étude du tracé de la route autour de l'Haquin.

L'arrêté de classement du 23 octobre 1989 du site de l'Haquin, précise (extrait ci-dessous) :

Est classé comme site, en raison de sa valeur esthétique et scientifique, le Trou d'Haquin à Lustin...

Art 2. Afin de sauvegarder l'intérêt du bien, il est interdit aux propriétaires ... d'apporter ou de laisser apporter au bien aucun changement définitif qui en modifie l'aspect et en particulier :

2° d'effectuer tous travaux de terrassement, construction, sondages, creusements de puits et en général d'effectuer tous travaux de nature à modifier l'aspect du terrain ou de sa végétation ; les fouilles spéléologiques & recherches scientifiques dans la grotte restent autorisées...

7° d'ériger toute construction ou installation nouvelle, même à titre provisoire, sans que les plans n'aient été au préalable soumis à l'avis de la Commission royale des monuments et des sites et au Collège échevinal, puis approuvés par arrêté par l'exécutif

8° de porter atteinte à la grotte...

9° de mettre en stationnement tout véhicule à l'exception des engins agricoles.

Les attendus de l'arrêté de classement sont incompatibles avec les travaux importants nécessaires pour l'implantation d'une route, autant que par la route elle-même, modifiant profondément l'aspect du site. Les démarches pour obtenir une autorisation et un arrêté pour déroger à ce classement, voire un déclassement de la zone, sont longues et nous semblent hasardeuses. Dans l'hypothèse où elles aboutiraient, elles offriraient le flanc à des possibilités de recours aux opposants à la route, qui pourront s'appuyer sur le déclassement comme argument fort pour remettre en cause le projet.

D/ Recommandations et proposition d'un tracé alternatif

Les projets de tracés de route autour et au sud-est de l'Haquin (Tracks 1 à 6 sur la fig. 8) ont été proposés par le bureau chargé de l'étude en analysant les coûts de construction et les critères techniques tels que la courbure maximale des routes, les pentes ou les hauteurs de remblais. L'impact du sous-sol, la présence de zones de contraintes karstiques et d'un site classé ne semblent pas avoir été pris en compte dans leur analyse.

Or ces 6 propositions passent toutes sur des zones très sensibles du point de vue du sous-sol, au regard :

- *de la densité élevée de phénomènes karstiques qui affectent l'extrémité des calcaires dévonien autour du Trou d'Haquin ;*
- *de l'aspect actif et dynamique de ce karst, confirmé par les nombreux effondrements qui se forment régulièrement et qui sont ensuite remblayés par l'homme, et par la présence de chantoirs actifs, affectant en particulier les zones de contacts entre les calcaires et les grès ;*
- *de vides souterrains importants, pénétrables et explorés (Trou d'Haquin et Fosse Roy en cours d'exploration), laissant voir des cheminées remontant à proximité de la surface et des zones d'éboulis très importantes ;*
- *de la présence de plusieurs circulations d'eau souterraines pouvant atteindre des vitesses de près de 200 m/h, constituant des drains majeurs et des axes de karstification qui affectent non seulement la zone de l'Haquin mais également le fond de vallon en aval en direction du CHU ;*
- *de l'intérêt paysager (esthétique) et scientifique que constitue la zone du Trou d'Haquin ;*
- *du statut de site classé octroyé à une assez vaste zone autour du Trou d'Haquin ,*
- *de la vulnérabilité de la zone face aux risques de pollutions et de rejets vers les eaux de ruissellement se retrouvant directement dans le calcaire ;*
- *des fortes pentes qui par endroits (en particulier pour les projets 1 à 4), imposeraient la construction de talus de près de 20 m de haut.*

Pour ces différentes raisons, nous pensons que les projets des 6 tracés proposés posent problème du point de vue du sous-sol. Il est donc vivement conseillé d'étudier un tracé alternatif, qui tienne compte dès le départ de la nature très particulière du sous-sol et de son degré de karstification.

En zone karstifiée, l'étude de la portabilité des terrains et leur vulnérabilité mérite d'être intégrée dès les pré-études lors de grands travaux d'infrastructures telle que la construction d'une route. Ceci en vue d'éviter les problèmes

techniques et les surcoûts qui peuvent être très élevés au moment de la construction pour « ponter » ou « remplir » (solution déconseillée en zone karstique car elle peut profondément modifier les écoulements souterrains) à risque en zone les vides souterrains qui seraient découverts une fois le chantier démarré².

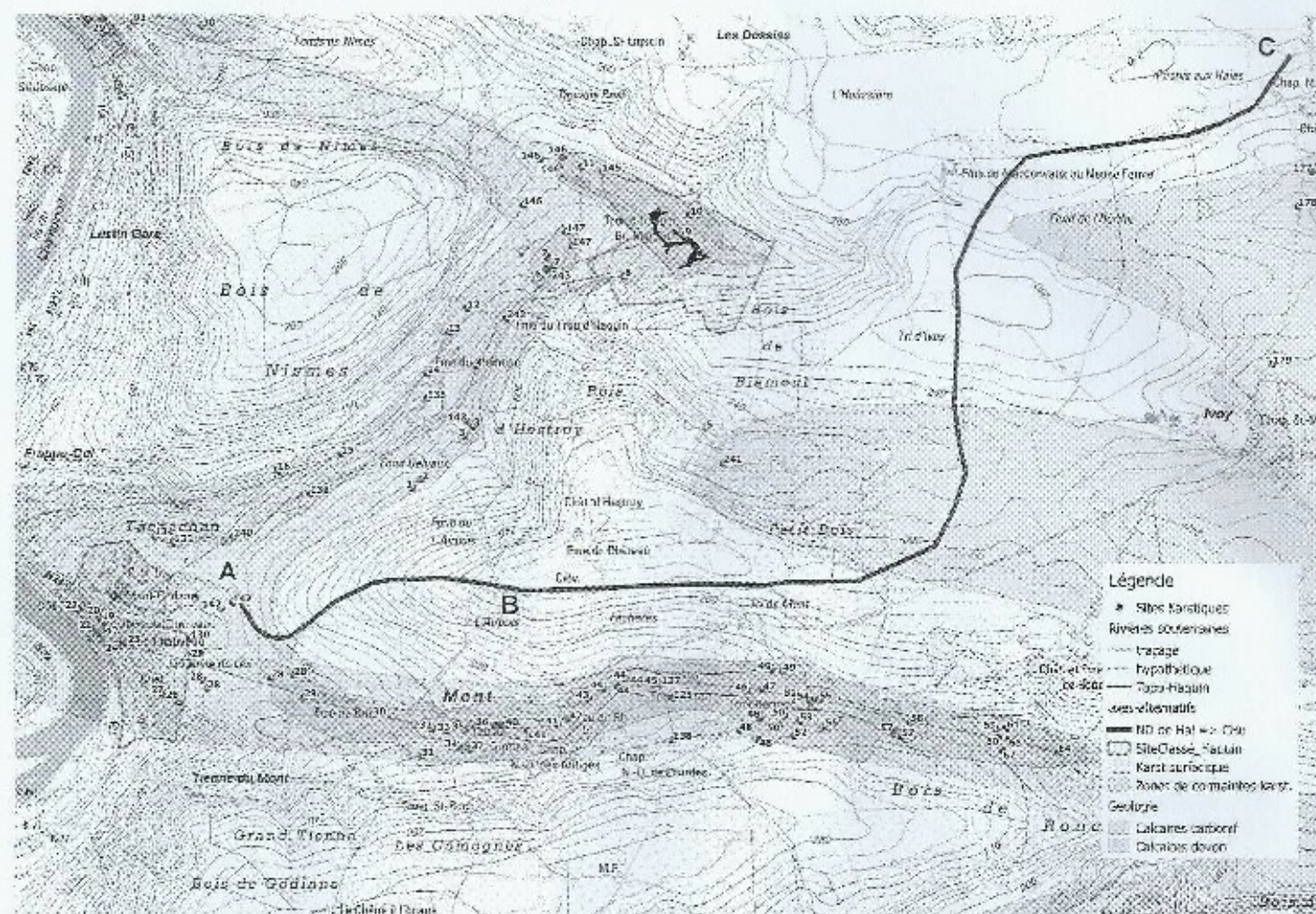


Fig. 9. Proposition de tracé alternatif (trait rouge) permettant de relier la route de Maillen (à hauteur de la Ferme-château d'Arche) au CHU de Mont, en évitant les zones karstiques problématiques.

Notre proposition de tracé alternatif est une simple ébauche qui ne tient compte QUE de la présence de deux zones karstiques très dynamiques : le Fond d'Hestroy et, plus au sud, le vallon sec de Mont où s'alignent plusieurs dizaines d'autres phénomènes karstiques. Ces deux périmètres sont, à nos yeux, absolument à éviter. Le tracé suggéré (trait rouge en fig. 9) permet, comme c'est prévu dans le projet initial de route, de relier la chaussée à l'ouest de Maillen, à proximité de la Ferme Château d'Arche, au CHU de Mont.

Ce cheminement évite donc totalement le Fond d'Hestroy et son vallon sec et ne reprend pas la portion existante de la N931 entre l'Haquin et l'hôpital ; dont la position en fond de vallon sur un drain karstique majeur peut s'avérer problématique. Le tracé proposé (figurant en rouge sur les fig. 9 et 10 et en annexe 2) suit au maximum voiries et chemins publics existants. La pente dans sa partie ouest (reliant le CHU de Mont au plateau à hauteur du Château d'Hestroy – section entre A et B) est de l'ordre de 9,5%. Cette pente pourrait (si nécessaire) être légèrement diminuée en faisant passer la route un peu plus au sud à mi versant. Le reste du tracé (de B à C) se situe sur le plateau agricole, évite les vallées profondes et présente de très faibles pentes (simplifiant les travaux d'infrastructure liés à la construction d'une route).

² Récemment, la Direction des routes a été confrontée à un tel cas dans les travaux du contournement routier de Couvin, où la découverte d'une grande chambre karstique sous le tracé de la future 4 bandes a imposé des travaux très importants pour garantir la stabilité du futur édifice.

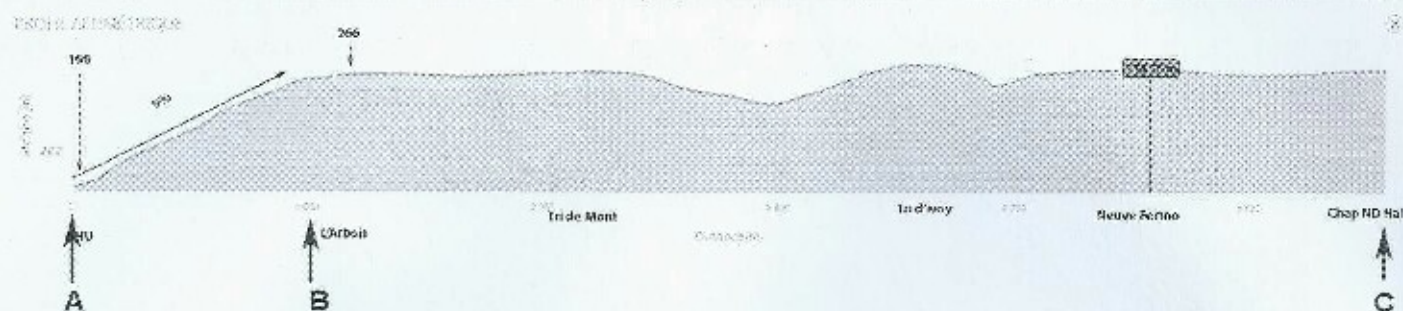


Fig. 10. Profil altimétrique (défini sur Walon'map) du tracé alternatif proposé. La section A=>B présente une pente marquée pour quitter le fond de la vallée d'Hestroy) et rejoindre le plateau. Le reste de l'itinéraire est quasi horizontal.

La faisabilité d'un tel tracé doit bien évidemment être confrontée à toutes les autres contraintes techniques, juridiques et de statuts. Du point de vue karstique tout le moins, le cheminement alternatif qui est proposé, permet d'éviter et de contourner les zones karstiques potentiellement problématiques. Il évite également la zone classée de l'Haquin dans laquelle l'édification d'un ouvrage comme ce projet de route imposerait des autorisations supplémentaires. Nous espérons avec ces quelques remarques et suggestions, avoir pu utilement contribuer à la discussion sur le choix de l'itinéraire pour le projet de route RN 931, tout en préservant la zone du Trou d'Haquin présentant un grand intérêt.

E/ Références bibliographiques consultées

- CENTRE ROUTIER SPELEO.** 1975. Le nouveau réseau de l'Haquin. *Résurgence*. 57: 1-6
- COPPENOLLE, J.-C.** 1982b. Le système karstique des vallons de Mont et du Fond d'Hestroy, commune d'Yvoir: exemple de vulnérabilité et de pollution sur calcaire. *Journée d'Etude sur la Protection des Eaux Karstiques SNDE - CNPSS*. 65-75
- COTTON, A.** 2014. Etude hydrogéologique du système karstique du Trou d'Haquin. *Travail de fin de Baccalauréat - Université de Namur. Département de Géologie*. 34 pp
- DALEMANS, Th.** 1978. La région de Godinne. Etude de photolithologie et de géomorphologie karstique. *Mémoire de Licence en Sciences Géographiques - Université de Liège*. 90 pp
- DE BIE, P.** 1999. Trou d'Haquin: réseau X. *Bulletin d'information de la Fédération Spéléologique de Belgique*. 57: 5-6
- DE BOURNONVILLE, D.** 1954. Contribution à l'hydrologie du Vallon Sec du Fond d'Hestroy à Lustin. *Bulletin d'information de la Fédération Spéléologique de Belgique*. 6: 3pp
- DE BROYER Cl., THYS, G., FAIRON, J., MICHEL, G.** 1999. Atlas du Karst Wallon. Haute Meuse, Province de Namur. *Région Wallonne - CWEPS*.
- DE BROYER, C. & COPPENOLLE, J.-C.** 1971. Rapport sur la protection de la région spéléologique Mont-Godinne/ Maillen/ Lustin. *Spéleo-Flash*. 50: 8-14
- DUBOIS, Y.** 2002. Relation entre la fracturation, l'organisation des écoulements et la morphologie des conduits à Mont Godinne (Belgique). *Geologica Belgica (Karst and Tectonics)*. 2001(4) (3-4): 231-240
- DELCAMBRE, B. & PINGOT, J.-L.** 2017. Carte géologique de Wallonie – 47/7-8 Malonne – Nalinne. Notice explicative. SPW Edition.
- FANUEL, G.** 2012a. Crue au Trou d'Haquin et intervention de Spéleo-Secours. *Bulletin de la Société Spéléologique de Namur*. 2012: 29-30
- FASTRES, T.** 1989b. Week-end de dépollution au Trou d'Haquin organisé par le C.S.L. et la C.N.P.S.S. *Pharfouilleur (Le)*. 4 :45-46.

- KAISIN, F. & DE PIERPONT, E.** 1939. Hydrogéologie des calcaires de la Belgique. *Société Scientifique Bruxelles, Monographie Sciences Naturelles, Leuven*. 4: 109 pp
- LAMBINON, J.** 1962. Inventaire des sites. Province de Namur. *Administration de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire. Survey national*. T. 7
- LESSIRE, P.** 2010. Trou d'Haquin: réseau des CRS et réseau de la désob persuasive. *Bulletin de la Société Spéléologique de Namur*. 70: 23-25
- PEETERS, M.** 2015. Etude hydrogéologique du vallon sec de Lustin. *Travail de fin de Baccalauréat - Université de Namur. Département de Géologie*. 52 pp
- ROCHEZ, G.** 2017. Trou d'Haquin. Plus de 3km topographiés et c'est loin d'être terminé!. *Regards*. 83: 42-43
- VAN ASTEN, M.** 1991. Structure, paléoenvironnement et hydrologie, facteurs du développement d'un système karstique: Le Réseau de Frênes (Province de Namur). *Mémoire de Licence en Sciences Géographiques - Université de Liège*. 126 pp.
- VANDERLINDEN, M.** 1991. Expériences de traçages 1989-1990 & 1991. *Bulletin de la Société Spéléologique de Namur, n° spécial Frênes*. 41-61

Pour la CWEPSS,
Georges MICHEL, Chargé de mission
La Hulpe, le 22 mai 2018.

ANNEXES :

Annexe 1 : fiches descriptives et photos des principaux sites karstiques autour du Trou d'Haquin.

Annexe 2 : tracé alternatif proposé par la CWEPSS (fig. 9) en grand format.