Municipalité de Saint-Imier
Services techniques

Syndicat pour l'alimentation des Franches-Montagnes
en eau potable

SOURCES DE CORMORET



La combe argovienne des Grandes Crosettes, avec son construit diversifié et ses forts ruissellements temporaires (le 16.12.20)

Délimitation des zones de protection sur la commune de la Chaux-de-Fonds

Le 2 septembre 2025

HydroGEOS

Expertises eau et sous-sol sarl
Village 212 CH-2406 La Brévine
Tél.:032 855 12 70 Mobile : 076 280 23 53
E-mail :s.gogniat@hydrogeos.ch
Site web: www.hydrogeos.ch

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 8

1.1 MANDAT 8
1.2 PROBLÉMATIQUE 8
1.3 CONTEXTE DE LA PRÉSENTE ÉTUDE ET INVESTIGATIONS CONNEXES 8
1.4 ETAT DES INVESTIGATIONS DE L'ÉTAPE 1 9
1.4.1 Investigations déjà effectuées 9
1.4.2 Investigations partiellement effectuées ou en cours 9
1.5 PÉRIMÈTRE TRAITÉ 9
1.6 DIFFICULTÉS 10
1.6.1 Au niveau des directives 10
1.6.2 Au niveau de la procédure 11
1.6.3 Au niveau de la connaissance du site 11

2 CONTEXTES RÉGIONAUX 11

2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE 11
2.1.1 Formations affleurantes 11
Bedrock 11
Couverture quaternaire 11
2.1.2 Tectonique 13
Structure 13
Le décrochement de la Ferrière et ses conséquences sur les structures 13
Cartographie non exhaustive des failles 14
Dislocations régionales 15
2.2 CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE 15
2.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE 15
2.3.1 Points d'eau principaux 15
2.3.2 Nappes principales du Malm, exutoires principaux et bassins versants théoriques 17
2.3.3 Directions d'écoulement et essais de traçage 18
Résultats de l'essai W1bis 18

3 LIMITES ACTUELLES DU BAH SUR TERRITOIRE NEUCHÂTELOIS 19

3.1 PRINCIPES 19
3.2 DESCRIPTIONS DES LIMITES 19
3.2.1 Les Reprises - Bas Monsieur (yc décrochement de la Ferrière pro parte) 19
Limite N 19
Limite W 19
Limites S et E 19
3.2.2 Mont Cornu - Petites Crosettes 19
Limite NW 19
Limite S 20
Limite E 20
3.2.3 Décrochement de la Ferrière, yc les secteurs où la Suze est au contact du Malm (perte supposée des eaux issues des Convers, gouffre du Hameau) 20
Limite N 20
Limite W 20
Limite S et E 20
3.2.4 Partie NE du Flanc NW Vallée de la Sagne - Mont Sagne, yc partie haute de la Vallée de la Sagne, yc perte de Boinod 20
Limite NW 20

Limite S et E 20
3.2.5 Partie extrême NE du Flanc SE de la Vallée de la Sagne, sans combe marneuse 20
Limite NW 20
Limite SW et SE 20
3.2.6 Grandes Crosettes (yc bassin supérieur non traité mais indiqué pour mémoire) 20
Limite N, S et E 20
Limite W 20
4 CONTEXTES LOCAUX 21
4.1 LES REPRISES - BAS MONSIEUR (YC DÉCROCHEMENT DE LA FERRIÈRE PRO PARTE) 21
4.1.1 Contexte hydrologique 21
4.1.2 Contexte géomorphologique 21
4.1.3 Contexte géologique et tectonique 21
4.1.4 Contexte hydrogéologique 21
4.2 MONT CORNU - PETITES CROSETTES 21
4.2.1 Contexte hydrologique 21
4.2.2 Contexte géomorphologique 21
4.2.3 Contexte géologique et tectonique 22
4.2.4 Contexte hydrogéologique 22
4.3 DÉCROCHEMENT DE LA FERRIÈRE, YC LES SECTEURS OÙ LA SUZE EST AU CONTACT DU MALM (PERTE SUPPOSÉE DES EAUX ISSUES DES CONVERS, GOUFFRE DU HAMEAU) 22
4.3.1 Contexte hydrologique 22
Partie N 22
Partie S 22
4.3.2 Contexte géomorphologique 23
4.3.3 Contexte géologique et tectonique 24
4.3.4 Contexte hydrogéologique 24
Gouffre du Hameau 24
Autres secteurs 24
4.4 PARTIE NE DU FLANC NW VALLÉE DE LA SAGNE - MONT SAGNE, YC PERTE DE BOINOD 25
4.4.1 Contexte hydrologique 25
4.4.2 Contexte géomorphologique 25
4.4.3 Contexte géologique et tectonique 25
4.4.4 Contexte hydrogéologique 26
Perte de Boinod 26
Autres pertes 27
4.5 PARTIE EXTRÊME NE DU FLANC SE DE LA VALLÉE DE LA SAGNE, SANS COMBE MARNEUSE 27
4.5.1 Contexte hydrologique 27
4.5.2 Contexte géomorphologique 27
4.5.3 Contexte géologique et tectonique 27
4.5.4 Contexte hydrogéologique 27
4.6 GRANDES CROSETTES (YC BASSIN SUPÉRIEUR NON TRAITÉ MAIS INDIQUÉ POUR MÉMOIRE) 28
5 DÉLIMITATION DES ZONES DE PROTECTION 28
5.1 DÉFINITION LÉGALE DES ZONES 28
5.2 MÉTHODE EPIK 2.0 32
5.2.1 Philosophie 32
5.2.2 Conditions pour mettre une perte en S1 33
5.2.3 Principes d'application choisis par nous et remarques sur la méthode 34
Critère I 34

Critère P 34
Critère E 34
Critère K 34
Limite Sh-Sm 35
Définition de géozones d'infiltration-types 35
5.3 RÉSULTATS DE LA CARTOGRAPHIE 36
5.3.1 Critère I 36
Bassins versants des pertes 36
Roche karstique 37
5.3.2 Critère P 39
Description de la couverture 39
Eléments reportés sur la carte 39
5.3.3 Critère E 40
Description de l'épikarst 40
Eléments reportés sur la carte 40
5.4 CALCUL DU TOTAL DES POINTS DE PROTECTION 41
5.5 ZONES RETENUES 41
Conversion des points totaux en zones de protection 41
Carte des zones de protection 42
5.6 RÈGLEMENT D'APPLICATION ET SANCTION 42
6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 42
Réalisation et fiabilité des résultats obtenus 42
A propos de la méthode EPIK 2.0 42
Zones les plus vulnérables 42
Grandes Crosettes 43

FIGURES

Figure 1 : Bassin d'alimentation type en terrain karstique (repris de {R11}). 10
Figure 2 : MNT dans la région des Convers (à gauche) et de La Corbatière (à droite - étoile = bloc erratique Le Grison), avec indication des possibles signatures de glaciaire local récent. 12
Figure 3 : Moraine rissienne à Miéville, avec galet de quartzite (à Gauche). Argile de décalcificationrecouverte de terre végétale à Vers chez le Brand, vallée de la Brévine (au centre). Epikarst colmaté d'argile de décalcification au-dessus de la Collière (S des Grandes Crosettes, à droite). 13
Figure 4 : Failles subverticales mises à jour dans la paroi SE de la carrière de la combe des Moulins à la Chaux-de-Fonds (le 8.2.21). 14
Figure 5 : Détail du secteur de la carrière de la combe des Moulins, sur fond MNT/carte géologique, avec report des galeries et gouffres des Anciens Moulins et de la fracturation observée. 15
Figure 6 : Situation des sources décrites dans le vallon de St-Imier (tiré de {R10}, avec rajout de l'encart zoomé sur les Dou tiré de {R16} et des sources et de la station de pompage / Puits de Villeret). 16
Figure 7 : Coupe géologique NW-SE par le puits des Sauges (SON1) et l'autre forage de reconnaissance SON2 (tiré de {R16}). 17
Figure 8 : Ruisseau de la Suze relevé en 1870-1892 (tiré de la carte Siegfried du géoportail cantonal). 23
Figure 9 : Vue du MNT sur le pied de la décharge de Prés de Suze et de son bassin (tiré du géoportail SITN). 25
Figure 10 : Coupe géologique par la Corbatière, avec indication de la perte de Boinod par une flèche (tiré de {R1}) 26

Figure 11 : Situation de la perte de Boinod avec limite estimée du bassin d'alimentation. 27
Figure 12 : Situtaion des nouveaux aménagements écologques effectuées aux Grandes Crosettes (reçu de biol conseils). 28
Figure 13 : Schéma type d'application des différentes zones en domaine karstique (tiré de {R20}). ..31
Figure 14:: Tableau résumant les différents types de zones de protection depuis le 1.1.2016 (tiré de {R20}). 31
Figure 15 : Représentation graphique des vitesses d'essais de traçage disponible en fonction des conditions hydrologiques (BE : basses eaux – ME : Moyennes eaux – HE : Hautes eaux) 35
Figure 16 : Critère I : Zoom sur perte inférieure des Grandes Crosettes. 37
Figure 17 : Critère I : Zoom sur perte de Boinod. 38
Figure 18 : Critère I : Zoom sur perte du Gouffre du Hameau. 38
Figure 19 : Comparaison des points de protection des trois pertes du BAH étudié. 43

TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des caractéristiques principales des essais de Traçages positifs avec les sources de Cormoret (valeurs pour la Dou). 18
Tableau 2: Conversion des points de protection en zones et secteurs de protection des eaux d'un captage (tiré de {R21}). 33
Tableau 3 : Points de protection liés à la couverture protectrice (P). Les points de protection sont obtenus par l'addition de la classe estimée pour le sol et pour la couverture. En présence d'une couverture extrêmement perméable (éboulis, blocs non recouverts de sol) le nombre de points attribués pourrait être encore diminué (p.ex. max 3 pts au total, tiré de {R21}).. 33
Tableau 4 : Géozones d'infiltration-types utilisées. 36
Tableau 5 : Résumé des minima et maxima de points par secteur. 41

ANNEXES

Annexe 1 Vue d'ensemble des secteurs du BAH débordant sur territoire neuchâtelois.
Annexe 2 Détail sur la commune de la Chaux-de-Fonds, avec essais proposées à l'étape 1a et secteurs d'étude.
Annexe 3 Situation sur fond de cartes géologiques (tiré de {R1}{R2}, légende en Annexe 5), avec traces des coupes géologiques examinées et limites du BAH (apports internes) et de la commune.
Annexe 4 Situation sur fond de carte tectonique (tiré de {R1}, légende en Annexe 5), avec traces des coupes géologiques examinées et limites du BAH (apports internes) et de la commune.
Annexe 5 Légendes stratigraphique (combinaison selon {R1} et {R2}) et tectonique.
Annexe 6 Coupes géologiques sélectionnées du SW vers le NE (traces de coupe sur Annexe 3 et Annexe 4).
Annexe 7 Situation géomorphologique, avec éléments tectoniques et limites du BAH (apports internes) et de la commune. Carte des aléats.
Annexe 8 Situation géomorphologique, avec éléments tectoniques et limites du BAH (apports internes) et de la commune, et aléas de ruissellement.
Annexe 9 Bassins d'alimentation régionaux théoriques du Malm.
Annexe 10 Essais de traçages existants.
Annexe 11 Synthèse des résultats de l'essai W1bis.
Annexe 12 Plan de l'échangeur routier des Convers (reçu des Ponts et Chaussées) avec colorisation des différents types d'eau évacuées en direction de la Suze.
Annexe 13 Situation de la région des Convers – Prés de Suze.

Annexe 14 Plan du gouffre du Hameau, les Convers (tiré de {R3}).
Annexe 15 Démarche EPIK 2.0 (tiré de {R21}).
Annexe 16 Plage de points de protection attribués aux critères P et E selon les géozones d'infiltration-types.
Annexe 17 Carte des endroits des photographies, avec délimitation des secteurs d'étude.
Annexe 18 Carte des classes d'infiltration (critère I).
Annexe 19 Carte des points de protection pour le critère P avec sondages.
Annexe 20 Carte des points de protection pour le critère E avec sondages.
Annexe 21 Tableau de calcul des points, secteur par secteur.
Annexe 22 Représentation graphique du calcul des points selon les géozones d'infiltration-types, secteur par secteur.
Annexe 23 Carte du total des points de protection.
Annexe 24 Carte d'ensemble des zones de protection.
Annexe 25 Carte des zones de protection provisoire pour le secteur des Grandes Crosettes.
Annexe 26 Dossier photographique.

BIBLIOGRAPHIE

{R1} BOURQUIN PH. ET AL (1968) : Carte géologique au 1:25'000 Val-de-Ruz et notice explicative (par H. Suter et al.).

{R2} BOURQUIN PH. ET AL. (1946) : Carte géologique au 1:25'000 Les Bois et notice explicative.

{R3} BUREAU J.F. MAGES (1999) : Injection dans le gouffre du Hameau. Les Convers (NE). Etude hydrogéologique. Service des Ponts et Chaussées Neuchâtel.

{R4} CREGE (2008) : Evaluation du potentiel géothermique du canton de Neuchâtel – PNG.

{R5} DESOR E., GRESSLY A. (1859) : Etudes géologiques sur le Jura neuchâtelois. Mém. Soc. Neuchâtel. Sci. Nat., vol. 4, 1e part., p. VIII-159.

{R6} EICHENBERGER, U., MOJON, P.-O., GOGNIAT, S., PICTET, A., BLANT, D., LOCATELLI D. , METRAL, V. & MORARD, A. (2020): Feuille 1143 Le Locle, avec partie de la feuille 1123 Le Russey. – Atlas géol. Suisse 1: 25 000, Notice expl. *172*.

{R7} FAVRE (1911) : Description géologique des environs du Locle et de la Chaux-de-Fonds, in Eclogae geologicae Helvetitiae XI, avril 1911.

{R8} GRAF A., AKÇAR N., IVY-OCHS S., STRASKY S., KUBIK P. W., CHRISTL M., BURKHARD M., WIELER R., SCHLÜUCHTER C. (2015) : Multiple advances of Alpine glaciers into the Jura Montains in the Northwestern Switerland.

{R9} GRÉTILLAT P.A (1986) : Etude pour l'établissement d'une décharge cantonale de classe III dans la région des Convers (NE). Essai de coloration été-automne 1985. CHYN.

{R10} GROUPEMENT HYDROGEOS - ISSKA (2019) : H18 Evitement Est de la Chaux-de-Fonds. Rapport d'impact sur l'environnement. Chapitre « Eaux souterraines ».

{R11} HYDROGEOS (2023) : Sources de Cormoret. Délimitation du bassin d'alimentation sur territoire neuchâtelois, y compris révision des limites globales – Etape 1a.

{R12} HYDROGEOS (2024) : Sources de Cormoret. Délimitation provisoire des zones de protection de la combe des Grandes Crosettes à la Chaux-de-Fonds.

{R13} HYDROGEOS (en cours) : Sources de Cormoret. Délimitation du bassin d'alimentation sur territoire neuchâtelois, y compris révision des limites globales – Etape 1b-1. Essais de traçage W1-W6 et SE3-SE5.

{R14} ISSKA-HYDROGEOS (2014) : Capacité d'infiltration et traçage des eaux de l'emposieu des Grandes Crosettes. H20 Evitements du Locle et de la Chaux-de-Fonds.

{R15} KIRALY L. (1973) : Carte hydrogéologique du Canton de Neuchâtel.

{R16} MFR Géologie-Géotechnique (1998) : Prospection d'eau souterraine par forages profonds dans le vallon de St.-Imier. Office de l'économie hydraulique et énergétique du canton de Berne.

{R17} OFEFP (1998) : Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques (méthode EPIK).

{R18} OFEFP (2004) : Dimensionnement des aires d'alimentation. Document de base. Documents environnement N°183. Protection des eaux.

{R19} OFEV (2022) : Protection des eaux souterraines : aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes.

{R20} OFEV (2024) : Site OFEV / Protection des eaux souterraines / Eaux souterraines utilisées comme eau potable.

{R21} OFEV (2025) : Méthode de cartographie de la vulnérabilité. Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu karstique. EPIK 2.0.

{R22} SCHAER J.-P. (1998) : Les géologues et le développement de la géologie en pays de Neuchâtel. Muséum d'histoire naturelle.

{R23} SCHURCH D. (2003 ?) : Gouffre du Hameau Les Convers.

{R24} SCHURCH D., Rotzer F. (2000) : Le gouffre du Hameau, les Convers. Contribution à l'inventaire spéléologique du canton de Neuchâtel. Caverne n° 20.

{R25} SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES (1984): Tunnel de la Vue des Alpes. Géologie. Profil en long 1:5000-500. Plan n° 7866/72/2055 du 17.2.84.

1 INTRODUCTION

1.1 Mandat

Dans l'optique de la sanction toute prochaine du PGGE de la commune de la Chaux-de-Fonds, les services techniques de la Municipalité de St-Imier (repr. par M. P. Adatte) et le syndicat pour l'alimentation des Franches-Montagnes en eau potable (SEF, repr. par M. B. Boillat), appuyés par le SENE (repr. par Mme I. Butty), nous ont demandé — courant juin 2025 — d'établir la délimitation des zones de protection touchant la dite commune.

1.2 Problématique

Bien que des études des années '80 en aient suggéré la possibilité, ce n'est qu'en 2013, suite à l'essai de coloration qui y a été effectué {R14}, que la connexion hydrogéologique entre la doline inférieure des Grandes Crosettes avec les sources de Cormoret (Dou, Torrent, Raissette) a été prouvée.

C'est pourquoi les zones de protection sanctionnées de ces sources s'arrêtent, aujourd'hui encore, à la frontière cantonale.

Afin de palier cette lacune, une étude de délimitation des zones de protection de ces sources sur territoire neuchâtelois a été mis en œuvre (voir sous 1.3).

1.3 Contexte de la présente étude et investigations connexes

La délimitation proposée ici s'inscrit dans une étude beaucoup plus large ayant trait à la délimitation du bassin d'alimentation hydrogéologique (BAH) — sur territoire neuchâtelois — des sources de Cormoret devant servir ensuite à la délimitation des zones de protection de ces sources sur ce même territoire, organisée en plusieurs étapes distinctes :

- Etape 1a : Synthèse des nombreuses données existantes et proposition de limites du bassin d'alimentation (BAH) sur territoire neuchâtelois avec appréciation — le cas échéant — de besoins éventuels d'investigations complémentaires de terrain (essais de colorations et/ou autres) en cas d'incertitude persistantes pour certains secteurs;
- Etape 1b : Réalisation des investigations complémentaires éventuelles (essais de coloration et/ou autres) permettant de lever les éventuelles incertitudes qui subsisteraient à l'issue de l'étape 1a et validation finale des limites du BAH ;
- Etape 2 : Affectation du BAH en zones et périmètres de protection, y compris règlement d'application et sanction définitive.

L'étape 1 est encore en cours de réalisation (voir sous 1.4). La présente étude constitue donc l'étape 2a, car elle ne touche que la commune de la Chaux-de-Fonds. La procédure normale voudrait que soit d'abord finalisée l'étape 1b, à savoir la détermination finale des limites du BAH. Vu la synergie actuelle et les délais impartis, et en accord avec les MO et l'Autorité neuchâteloise, il n'est pas prévu de procéder ici dans le cadre de la présente étude

- Ni à d'autres essais de coloration, dont
  - Ceux inventorié lors de la phase 1a {R11}, en particulier «W0a-W0b / W2-W3 / W4 / W5-W7 permettant d'affiner les connaissances sur les limites de BAH (Annexe 2 et Annexe 10).
  - Ou d'autres destinés à connaître très localement la vulnérabilité d'un site, selon la procédure décrite dans EPIK 2.0.
- Ni à des sondages de reconnaissance, qu'ils soient directs (fouilles, forages) ou indirects (géophysique) ;

En cas de doute ou de désir de précision locales, ces investigations pourront localement être menées dans un second temps, après rendu du présent travail.

Cette façon de procéder implique comme hypothèses de base que les limites provisoires actuelles définies dans {R11} et décrites sous 3 soient reconnues comme sécuritaires en regard de la délimitation à effectuer ici (Annexe 1). Toutefois, il faut garder à l'esprit que l'appartenance du flanc SE du vallon de St-Imier est en cours de vérification (essai de multitraçage SE3-SE5 à venir sous peu, voir ci-après) et que, selon les résultats obtenus, ces limites pourraient localement — yc peut-être sur territoire neuchâtelois — être revues pour équilibrer le bilan hydrique des sources de Cormoret.

1.4 Etat des investigations de l'étape 1

1.4.1 Investigations déjà effectuées

L'étape 1a a déjà été effectuée et validée par l'autorité bernoise en juin 2023 {R11}. En cours d'étude, à cause de certaines difficultés rencontrées liées aux connaissances d'alors souvent incomplètes (débits, limites exactes du BAH, origine de pollutions récurrentes, …), il a fallu, pour répondre convenablement aux objectifs sur territoire neuchâtelois, étendre la réflexion aux bordures SE et NW du BAH et donc reconsidérer l'ensemble du BAH des sources (étape intermédiaire validé par les autorités compétentes), ce qui a considérablement augmenté le travail initial prévu.

A l'issue de cette étude, des propositions d'investigations complémentaires, correspondant essentiellement à des essais de coloration, ont été définies, secteur par secteur, avec un ordre de priorité selon les critères choisis et objectifs visés (étape 1b).

A noter que, à cause de demandes liées à différents projets en cours dans la combe des Grandes Crosettes (contournement N20, centre d'entretien cantonal, …), la combe des Grandes Crosettes a déjà fait l'objet :

- D'abord d'une analyse détaillée dans cette étape 1a (chapitre 5.1 du dit rapport) ;
- Puis d'une délimitation provisoire des zones de protection {R12}, qui figure actuellement sur le géoportail cantonal et dont les bases sont reprises ici.

1.4.2 Investigations partiellement effectuées ou en cours

L'étape 1b est en cours (adjudication du 5.7.24) et consiste en des essais de coloration sur les bordures W (Mont Cornu, Boinod) et SE du BAH, jugés les plus prioritaires en terme de bilan hydrique global. En effet, selon les résultats obtenus, l'étendue du BAH supposée actuellement sur territoire neuchâtelois pourrait devoir être complètement revue.

Parmi les nombreux essais de traçage proposés à l'issue de l'étape 1a, la priorité a été donnée aux essais W1-W6 et SE3-SE5 {R13}.

- Les premiers, qui ont déjà été effectués, devaient tester l'appartenance au BAH des secteurs neuchâtelois du Mont Cornu (W1) et du haut de la vallée de la Sagne (W6), appartenance qui a été clairement démontrée (voir détail sous 2.3.3) ;
- Les seconds, quant à eux, n'ont pas pu encore être effectués à cause du déficit hydrique observé depuis le début de l'année, doivent démontrer l'appartenance au BAH du flanc S bernois du vallon de St-Imier. Ils seront effectués dès que les conditions de moyennes eaux seront à nouveau effectives, donc prochainement probablement.

1.5 Périmètre traité

Seul le territoire de la commune de la Chaux-de-Fonds concerné par le bassin d'alimentation hydrogéologique (BAH) est traité ici (Annexe 1). Il a été divisé selon les secteurs suivants esquissés sur l'Annexe 2 et Annexe 17, selon la terminologie donnée résumée à la Figure 1:

Apports internes, du N au S:

- Les Reprises - Bas Monsieur (yc décrochement de la Ferrière pro parte) ;
- Mont Cornu - Petites Crosettes (essai W1bis effectué) ;

- Décrochement de la Ferrière, yc les secteurs où la Suze est au contact du Malm (perte des eaux issues des Convers, gouffre du Hameau) ;
- Partie NE du Flanc NW Vallée de la Sagne - Mont Sagne ;
- Partie haute de la Vallée de la Sagne, yc perte de Boinod (essai W6 effectué) ;
- Partie extrême NE du Flanc SE de la Vallée de la Sagne, sans combe marneuse.

Apports externes contigus:

- Grandes Crosettes (yc bassin supérieur non traité mais indiqué pour mémoire), yc reprise de la délimitation provisoire.

Ne seront pas traités dans la présente délimitation:

- Les apports vers les Convers de la région du Gurnigel (Grand Combe) et de la combe marneuse de Roc Mildeu ;
- Le secteur de Montperreux ;
- Les combes marneuses des Combes-Chaux d'Amin ;
- La partie S du décrochement de la Ferrière, yc le secteur de la décharge de Prés de Suze ;
- La majeure partie du Flanc SE de la Vallée de la Sagne, yc Dogger et combes marneuses (Manvets+Neigeux).

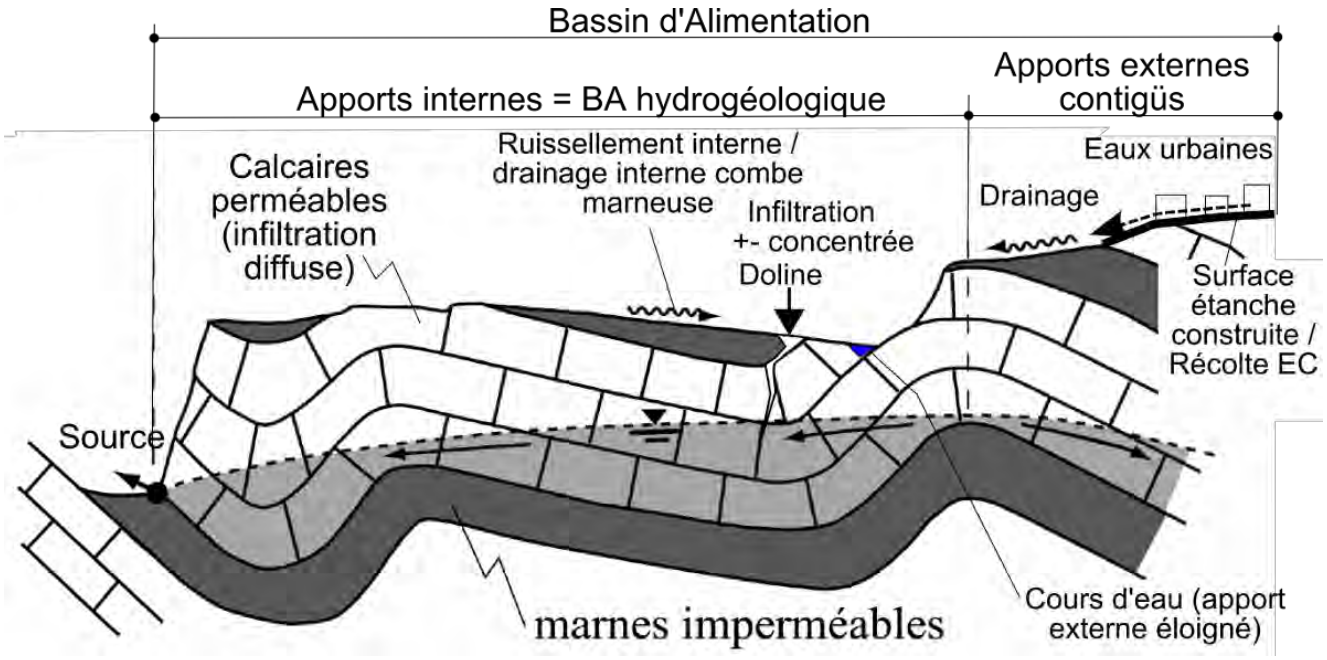


FIGURE 1 : BASSIN D'ALIMENTATION TYPE EN TERRAIN KARSTIQUE (REPRIS DE {R11}).

1.6 Difficultés

Plusieurs difficultés compliquent la présente délimitation.

1.6.1 Au niveau des directives

La définition des zones Sm et Sh avec explications des principes de leur application y compris mesures de protection et restriction d'utilisation selon le domaine d'activité existe et est donnée dans {R19}, Malheureusement, le cas des drainages sur combe marneuse n'y est pas identifié en tant que tel, ce qui laisse une grande marge d'appréciation.

La révision de la méthode EPIK (EPIK 1.0 {R17} en EPIK 2.0 {R21})— outil de base en milieu karstique qui permet de définir la vulnérabilité et de la mettre en relation avec les zones Sm et

Sh— est toutefois enfin sortie en début d'année. Les combes marneuses avec ruissellement y sont, cette fois-ci, prises en compte. Mais, selon nous il y a certaines petites lacunes, qui laissent une certaine latitude dans son application (voir sous 5.2.3). Par rapport à la version provisoire que nous avions pu nous procurer auprès de son auteur pour définir les zones de protection provisoires du secteur des Grandes Crostettes, il n'y a pas de changement majeur dans les concepts et méthodes avancés.

1.6.2 Au niveau de la procédure

Comme déjà dit plus haut, avant de délimiter les zones de protection, il faut en principe d'abord connaître la limite exacte du bassin versant concerné. Dans notre cas, ce n'est pas encore le cas, les investigations complémentaires proposées à l'étape 1b dans ce but n'ayant pas encore toutes été réalisées.

1.6.3 Au niveau de la connaissance du site

Comme déjà dit plus haut, il ne sera pas fait ici de reconnaissances complémentaires afin d'avoir une connaissance plus précise des couches de couvertures, ou pour connaître la profondeur des drainages ou leur extension précise. Il n'est pas possible, de toute façon, de connaître tous ces paramètres précisément, tant leur nombre et étendue est grande et diversifiée.

2 CONTEXTES RÉGIONAUX

2.1 Contexte géologique et tectonique

On donne en Annexe 3 une situation régionale sur fond de cartes géologiques (avec structures tectoniques), et en Annexe 6 une série de coupes géologiques régionales de différents auteurs et de différentes époques. On donne en Annexe 4 un schéma tectonique régional, avec report des failles cartographiées sur les cartes géologiques et celles supposées tirées de la lecture du MNT, ainsi que les axes anticlinaux.

2.1.1 Formations affleurantes

BEDROCK

Ces documents montrent que le territoire communal faisant partie du BAH est essentiellement composé par les calcaires du Malm (Kimméridgien et Portlandien), sauf

- En bordure des Petites Crosettes, du fait d'un chevauchement, où le Dogger affleure au contact de la combe marneuse argovienne ;
- Dans la combe des Grandes Crosettes, où ce sont les marnes argoviennes qui acheminent leurs eaux ruisselantes dans une doline située au contact du Malm dans lequel elle infiltre, à la faveur d'accidents qui se recoupent à cet endroit.
- Dans le haut de la vallée de la Sagne où affleure un synclinal crétacé recouvert de molasse.

COUVERTURE QUATERNAIRE

Historique succinct

Le glacier rissien (env. -140 ka) a recouvert tout le secteur étudié et possiblement laissé une vielle moraine de fond argileuse dans les dépressions, de couleur rougeâtre et pouvant contenir des blocs et cailloux alpins, essentiellement des quartzites car ayant mieux résisté à la dégradation liée au temps. Dans la vallée de la Sagne, à Miéville, nous avons pu observé et touché pareil dépôt (Figure 3, {R6}).

Le glacier alpin du dernier maximum glaciaire (LGM - Würm récent -24 ka) n'a pas franchi le Jura et est venu butté contre lui à une altitude d'env. 1080 msm. Localement cependant, des glaciers locaux ont pu se développer à des altitudes plus élevées sur les reliefs les plus élevés, ce qui

n'est pas encore clairement établi. L'examen du MNT suggère, par exemple, qu'un glacier local pouvait être présent dans la combe de Derrière Tête de Ran et déborder dans la vallée de la Sagne à la Corbatière, ou encore dans la région des Convers – Le Creux (Figure 2).

A -18 ka, les glaces s'étaient retirées du Jura après avoir pu, plus ou moins fortement et localement, remanier les dépôts originaux par les eaux de leur fonte. De tels dépôts (fluvio-glaciaire, moraine remaniée, …) sont, a priori, peu nombreux dans le périmètre étudié et mal identifiés.

Au post-glaciaire, les dépôts récents se sont mis en place (alluvions récentes de thalweg, éboulis, ….).

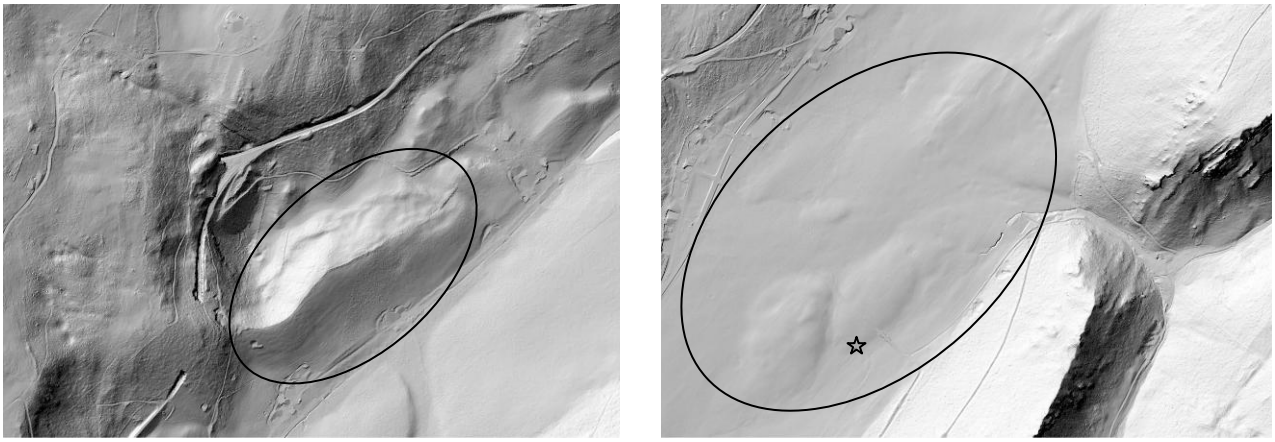


FIGURE 2 : MNT DANS LA RÉGION DES CONVERS (À GAUCHE) ET DE LA CORBATIÈRE (À DROITE - ÉTOILE = BLOC ERRATIQUE LE GRISON), AVEC INDICATION DES POSSIBLES SIGNATURES DE GLACIAIRE LOCAL RÉCENT.

Dépôts existants

Le bedrock décrit ci-dessus peut donc être, localement, recouvert par une couverture quaternaire qui est cependant assez disparate et constituée essentiellement de :

- Moraine :
  - La région de la Corbatière est recouverte d'une épaisse moraine attribuée, selon la carte géologique, au Riss. Selon nous, bien que sa présence basale ne soit pas remise en question, les vallums qu'on y observe doivent plus vraisemblablement être rattachés à une moraine frontale locale würmienne (Derrière Tête de Ran, cf historique ci-dessus), le bloc erratique du Grison (alt. 1090 msm) ayant été daté à 22.6 ka ± 1.7 ka ({R8}, Figure 2). On ignore la nature — qui doit cependant être assez grossière, car le ruisseau de la Corbatière s^'y infiltre — et l'épaisseur (qui doit cependant être importante) de ce dépôt ;
  - A l'E du Mont Cornu, au lieu-dit L'Ecouane, se trouve – d'après la notice de la carte géologique, « *un important lambeau de moraine de fond alpine rissienne où dominent les quartzites blancs* ». A noter qu'un bloc erratique alpin se situe juste à proximité du sommet de ce Mont, à une altitude 1'160 msm env. ;
  - Aux Convers (voir ci-dessus) ;
- D'argiles (lehm) d'altération et d'éluvion : elles sont cartographiées sur les cartes géologiques dans la région des Prises — Bas-Monsieur. D'après les notices {R1} et {R2}, il s'agit d'argiles résiduelles plus ou moins marneuses, limoneuses voire sableuses, le plus souvent brun-rouge, d'origine essentiellement glaciaire car identifiée par leur matériel (quartzite essentiellement). Cette interprétation peut, selon nous, porter à confusion. Au sens stricte, les argiles d'altération liées au calcaire proviennent de la décalcification de ceux-ci. Des argiles glaciaires peuvent toutefois avoir subi aussi une altération. Cette précision est importante selon nous, car l'étendue, l'épaisseur (voire la profondeur) et la

perméabilité du dépôt peut grandement varier. Il faut donc distinguer, selon nous, les dépôts argileux (voire limoneux et/ou sableux) d'altération suivants (Figure 3) :

- Les argiles résiduelles restant sur place après lessivage ou dissolution de la roche mère calcaire (décalcification), qui s'observent en placage de subsurface généralement peu épais, discontinus et qui peuvent aussi pénétrer l'épikarst ;
- Les vielles moraines de fond ou autres dépôts limono-argileux (yc sols) altérés par désagrégation et altération chimique par le temps, qui peuvent être bien plus étendues et épaisses, et aussi injecter — localement — l'épikarst ;
- Les dépôts de pente limono-argileux (colluvions et éluvions) et les loess très finement limoneux.

Ceci implique que les grandes zones de lehm d'altération indiquées sur les cartes géologiques correspondent plutôt à des placages altérés limono-argileux de vielle moraine.



FIGURE 3 : MORAINE RISSIENNE À MIÉVILLE, AVEC GALET DE QUARTZITE (À GAUCHE). ARGILE DE DÉCALCIFICATIONRECOUVERTE DE TERRE VÉGÉTALE À VERS CHEZ LE BRAND, VALLÉE DE LA BRÉVINE (AU CENTRE). EPIKARST COLMATÉ D'ARGILE DE DÉCALCIFICATION AU-DESSUS DE LA COLLIÈRE (S DES GRANDES CROSETTES, À DROITE).

- D'éboulis : ils tapissent les versant abruptes calcaires, comme au pied de la Petite Corbatière ou encore sur les flancs et le fond du décrochement de la Ferrière. Leur nature est, en général, théoriquement grossière, sauf si indurée. Leur épaisseur ne nous est pas connue ;
- D'un remplissage et/ou placage mal identifié : il peut être deviné par l'examen attentif du MNT aux endroits où le relief calcaire disparaît ou est émoussé.

2.1.2 Tectonique

STRUCTURE

La région étudiée comporte une succession de plis, constitués d'une alternance d'anticlinaux et synclinaux (plus ou moins développés selon les auteurs) orientés grosso modo WSW-ENE. Les anticlinaux chevauchent presque systématiquement les synclinaux sur leur bord SE.

LE DÉCROCHEMENT DE LA FERRIÈRE ET SES CONSÉQUENCES SUR LES STRUCTURES

Une importante dislocation, orientée grosso modo N-S — le décrochement sénestre de la Ferrière — affecte la série de plis et les sépare en 2 compartiments de part et d'autre, le compartiment NE s'étant déplacé de 1.5 km env. vers le N d'après {R2} par rapport à celui au

SW. Par exemple, le chevauchement du flanc SE du vallon de St.-Imier est décalé vers le N de 1.5 km de celui de la vallée de la Sagne et des Ponts ;

De ce fait, la continuité des plis n'est plus effective entre les deux compartiments. Par exemple, l'anticlinal de la Ferrière constitue la continuité de celui du Mont Cornu, et le synclinal de la Chaux d'Abel constitue celle du synclinal de la Chaux-de-Fonds. Celle des couches aquifères ne l'est plus non plus forcément ;

Cette dislocation affecte également la continuité du pendage des axes synclinaux. Par exemple, l'axe synclinal de la vallée des Ponts et de la Sagne présente un pendage vers le SW, alors que celui du vallon de St-Imier en présente un vers le NE.

Tout le massif est affecté d'une importante fracturation, qui s'organise en failles subverticales (Figure 4) selon 3 directions principales :

- tension I (subperpendiculaires à l'axe des plis, env. N140 à N155°),
- tension II (subparallèles à l'axe des plis, env. N47 à N53),
- cisaillement I et II (orientées à env. ± 30° par rapport aux précédentes).

CARTOGRAPHIE NON EXHAUSTIVE DES FAILLES

Les cartes géologiques indiquent les accidents majeurs, et le MNT peut faire apparaître, quand à lui, aussi les accidents mineurs (appelés « Faille MNT ou supposé » sur nos figures). Tous ces accidents ont été reportés sur les plans y relatifs de ce rapport.

Cependant, des failles peuvent échapper à cette analyse cartographique. Par exemple, au NE de la Chaux-de-Fonds, dans la paroi SE de la carrière Brechbühler située au bas du Chemin Blanc, une série importantes de failles subverticales est particulièrement bien visible (Figure 4). Une de ces failles (au centre de l'image) présente même, dans sa partie haute, le développement d'une importante cavité karstique. Pourtant, sur le MNT, ces failles importantes n'apparaissent pas sur la bordure SE du massif, ce qui indique que toutes ne peuvent pas être mises en évidence par ce biais (Figure 5).



FIGURE 4 : FAILLES SUBVERTICALES MISES À JOUR DANS LA PAROI SE DE LA CARRIÈRE DE LA COMBE DES MOULINS À LA CHAUX-DE-FONDS (LE 8.2.21).

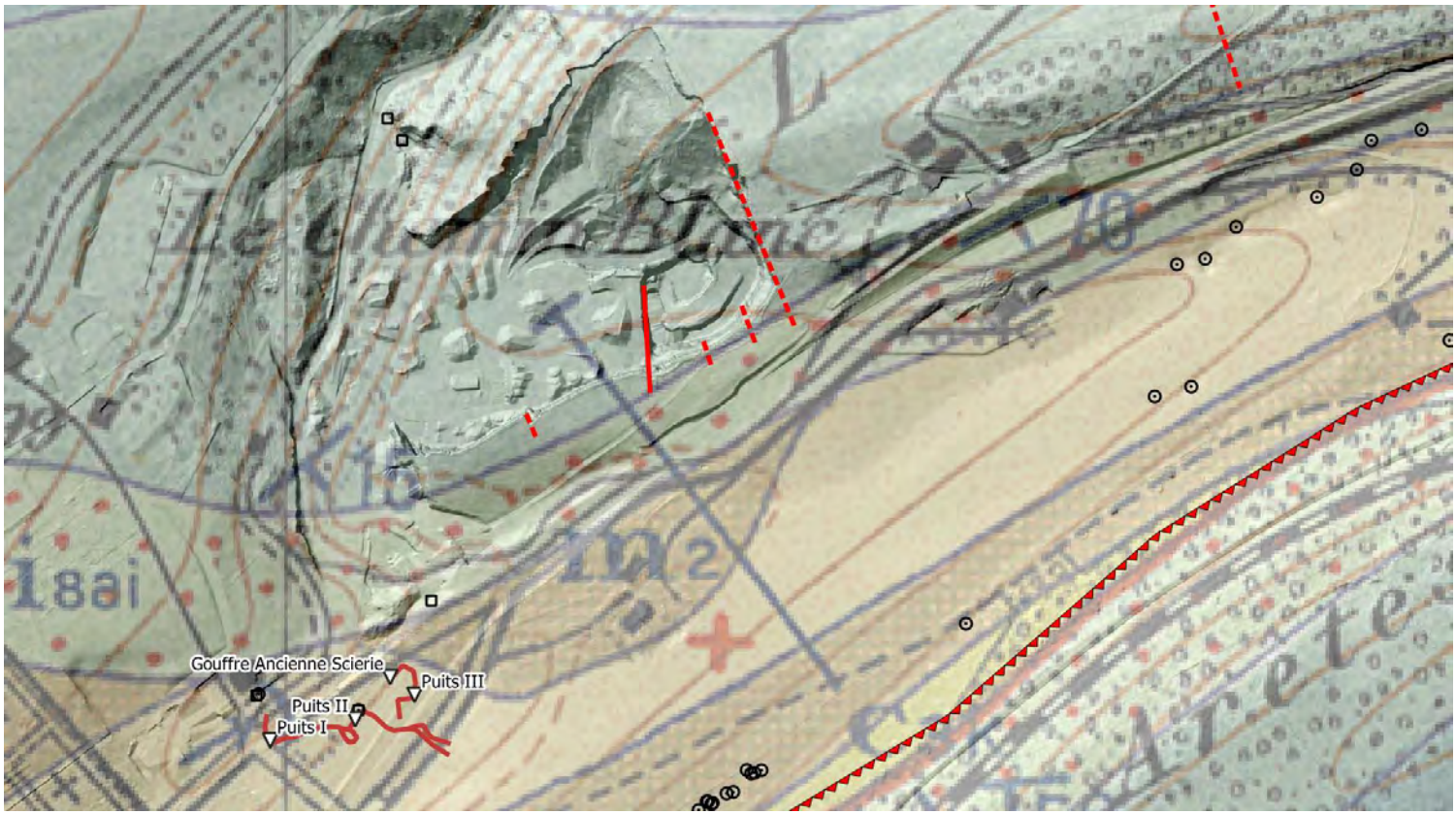


FIGURE 5 : DÉTAIL DU SECTEUR DE LA CARRIÈRE DE LA COMBE DES MOULINS, SUR FOND MNT/CARTE GÉOLOGIQUE, AVEC REPORT DES GALERIES ET GOUFFRES DES ANCIENS MOULINS ET DE LA FRACTURATION OBSERVÉE.

DISLOCATIONS RÉGIONALES

D'après nous et notre analyse du compartiment E du décrochement de la Ferrière, il semble possible que de grandes dislocations régionales puissent exister et être subparallèles (voire parfois subpendiculaires) à ce dernier, donc des dislocations de cisaillement, bien que non identifiées formellement sur les cartes géologiques (Annexe 7).

2.2 Contexte géomorphologique et hydrologique

On donne en Annexe 7 une image régionale du relief dégagé de sa couverture (MNT), avec report de la fracturation et des axes structuraux. Nous avons identifié et reporté, en plus, beaucoup de failles non représentées sur les cartes géologiques identifiées sur le MNT.

La structure du décrochement de la Ferrière y est bien visible, de même que celles des synclinaux et anticlinaux.

Les synclinaux ont, en général, leur cours d'eau :

- Synclinal des Côtes du Doubs : le Doubs, écoulement vers le NE ;
- Synclinal de la Chaux-de-Fonds : la Ronde (aujourd'hui enterrée), écoulement vers le NE ;
- Synclinal du Vallon de St-Imier : la Suze, écoulement vers le NE ;
- Synclinal de la vallée des Ponts et de la Sagne : le Bied, écoulement vers le SW ;
- Synclinal du Val-de-Ruz : le Seyon, écoulement vers le SW.

2.3 Contexte hydrogéologique

2.3.1 Points d'eau principaux

Ces points sont décrits en détail dans {R11} et correspondent, pour les plus importants :

- Pour le synclinal de la Chaux-de-Fonds :
  - A la source molassique de la Ronde (débit moyen de 0.005 m^3/s) ;
- Pour les Côtes du Doubs :
  - Aux sources karstiques de la Rasse (débit moyen de 0.3 ? m^3/s), des Rondes (débit moyen de 1 ? m^3/s) et de la Verrerie (débit moyen de 0.9 ? m^3/s) ;
- Pour le vallon de St-Imier :
  - Aux sources karstiques de Cormoret (Grande et Petite Dou, Torrent, Raissette - (débit moyen total de 2.1 m^3/s)), objet du présent travail de délimitation (Figure 6) ;
  - Au puits des Sauges à Sonvilier foncé dans le Malm avec une profondeur de 667 m (Figure 7);
- Pour la vallée de la Sagne et des Ponts :
  - A la source karstique de la Noiraigue (débit moyen de 2.5 m^3/s) ;
- Pour le Val-de-Ruz :
  - A la source karstique de la Serrière (débit moyen de 2.1 m^3/s) .

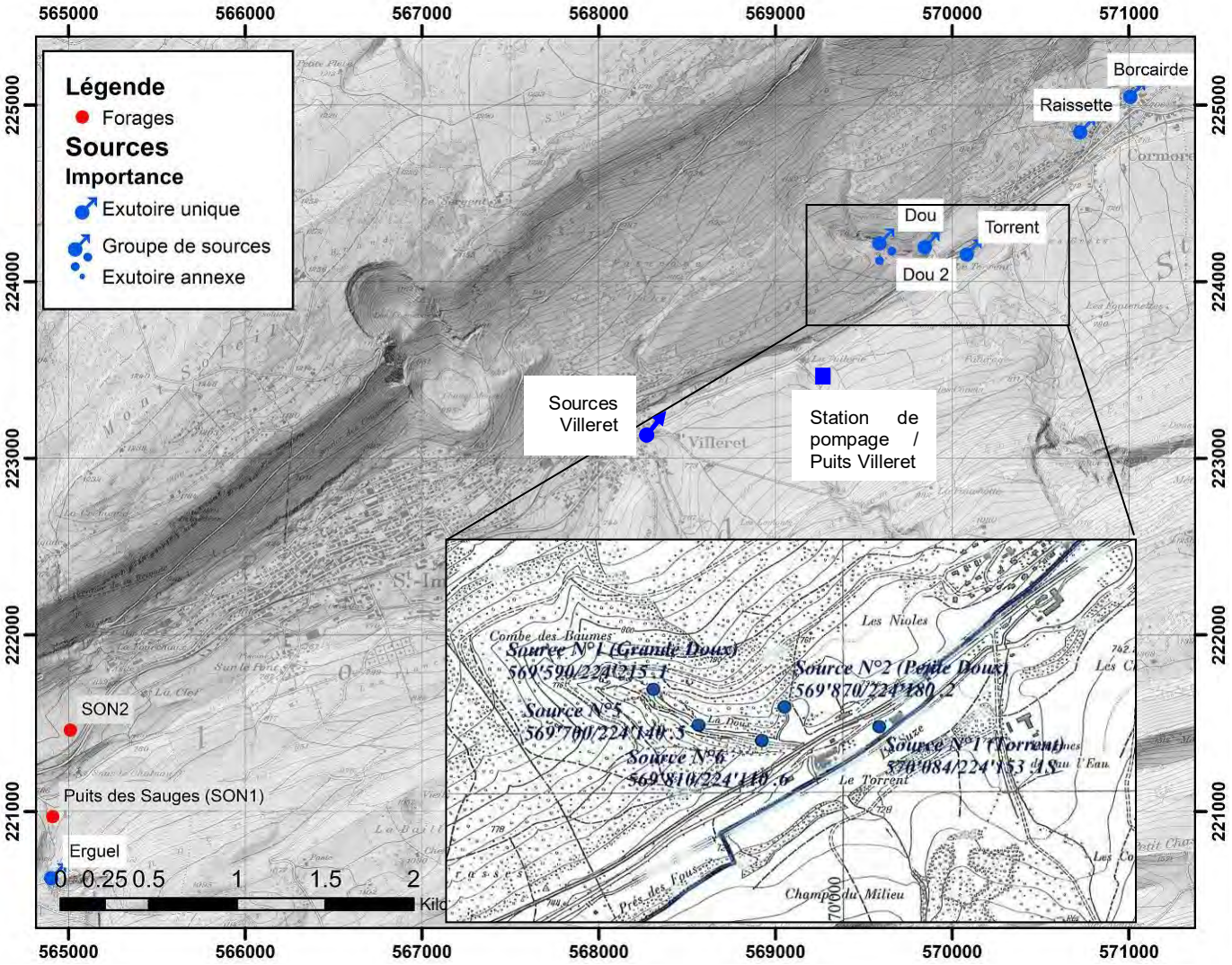


FIGURE 6 : SITUATION DES SOURCES DÉCRITES DANS LE VALLON DE ST-IMIER (TIRÉ DE {R10}, AVEC RAJOUT DE L'ENCART ZOOMÉ SUR LES DOU TIRÉ DE {R16} ET DES SOURCES ET DE LA STATION DE POMPAGE / PUITS DE VILLERET).

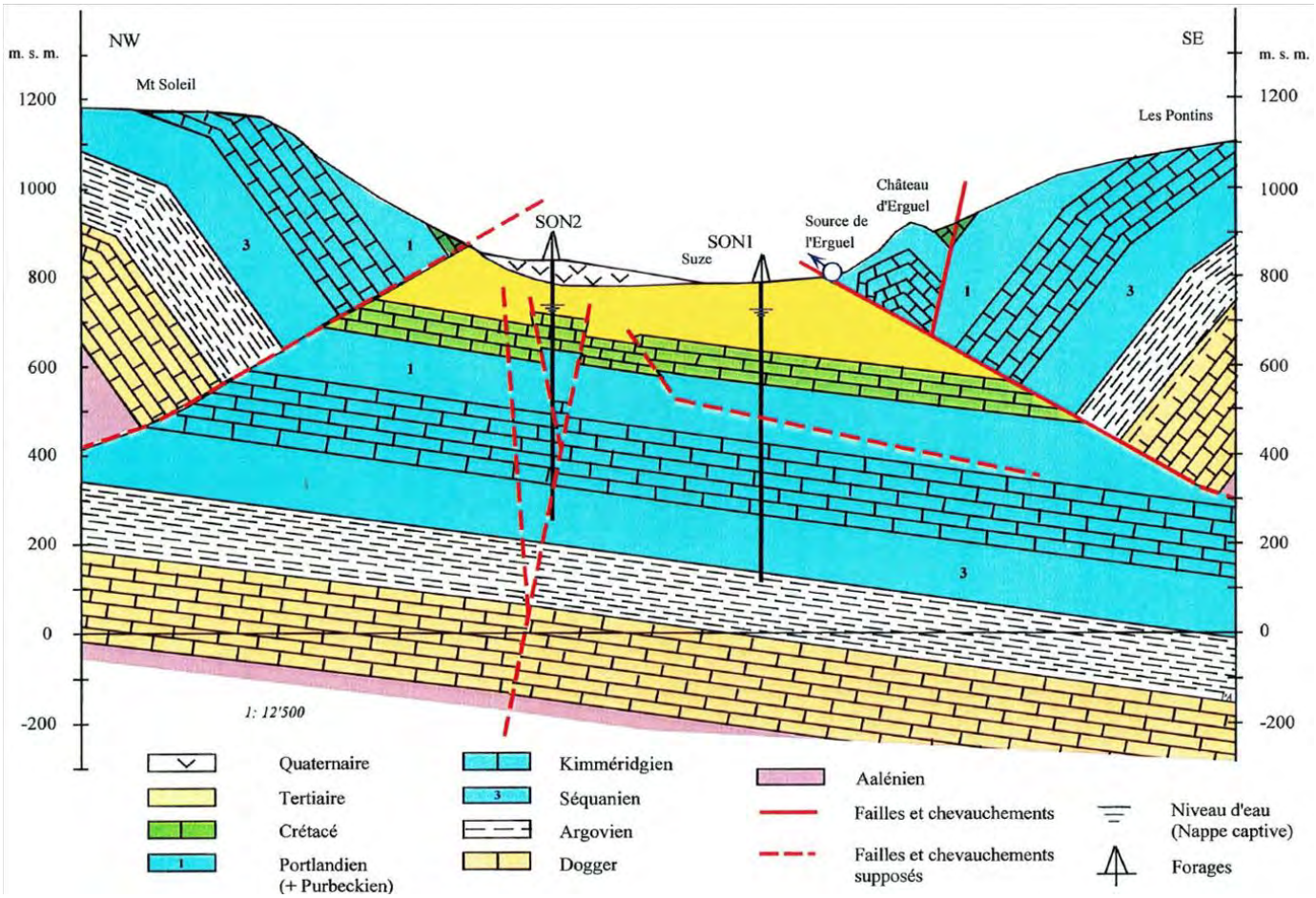


FIGURE 7 : COUPE GÉOLOGIQUE NW-SE PAR LE PUITS DES SAUGES (SON1) ET L'AUTRE FORAGE DE RECONNAISSANCE SON2 (TIRÉ DE {R16}).

2.3.2 Nappes principales du Malm, exutoires principaux et bassins versants théoriques

On donne en Annexe 9, pour la partie SW du BAH, les bassins hydrogéologiques régionaux théoriques du Malm, avec nappes principales (reprises de {R15}), et la fracturation.

Ces bassins du Malm correspondent aux creux synclinaux délimités en leurs bordures par la base des marnes de l'Argovien, dans un modèle tectonique adéquat. Dû au décrochement de la Ferrière, la continuité de ces aquifères régionaux, nichés de part et d'autre de cet accident, n'est plus certaine. Seuls des essais de coloration permettent de s'en assurer (voir sous 2.3.3). Dans la région étudiée, 6 bassins principaux se dessinent ainsi, du S au N:

I. Le bassin du Val de Ruz, auquel la source de la Serrière est rattachée (écoulement général vers le SW) ;
II. Le bassin du vallon de St-Imier (parie haute), auquel les sources de Cormoret sont rattachées (écoulement général vers le NE) ;
III. Le bassin de la vallée de la Sagne, auquel la source de la Noiraigue est rattachée (écoulement général vers le SW) ;
IV. Le bassin de la Chaux-de-Fonds, auquel les sources de la rive suisse des Côtes du Doubs neuchâteloises sont rattachées (écoulement général vers le NE (?) et le N, limite vers les Eplatures) ;
V. Le bassin de la vallée du Doubs, qui constitue le niveau de base régional N (écoulement général versant suisse vers le NE) ;
VI. Sous les Franches-Montagnes (JU) existe aussi un aquifère régional qui a pour exutoire des sources du bord du Doubs (Rondes NE, Theusseret JU, etc..).

2.3.3 Directions d'écoulement et essais de traçage

On donne en Annexe 10 une vue d'ensemble, pour la région étudiée, des traçages dont nous avons connaissances qui montre que :

- La partie NE de la ville de la Chaux-de-Fonds est connectée aux sources des Côtes du Doubs et se situe donc hors BAH des sources de Cormoret. Cette absence de lien actuel a été discutée et démontré en détail dans {R11} ;
- La connexion de la région étudiée ici, à savoir le territoire communal chaux-de-fonnier appartenant au BAH décrit sous 3, est clairement prouvée par 5 essais d'infiltration qui sont synthétisés dans le Tableau 1 en regard des critères EPIK 2.

Tous ces essais sont décrits en détail dans {R11}, sauf les essais W1bis-W6 décrits ci-après (informations tirées de {R13}).

Essai	Lieu	Date injection	Conditions hydrogéologiques	Vitesse de pic (m/h)	Restitution (%)
GC-1	Doline inférieure des Grandes Crosettes	19.03.2013	Moyennes eaux	> 49 (~65*)	~ 30-50*
DF-1	Les Convers, vers captages Renan	23.07.1985	Basses eaux	24 -27	~ 26-30**
DF-3	Les Convers, gouffre du Hameau	04.05.1999	Hautes eaux	> 100	-
W1bis	Mont Cornu, vers restaurant	09.04.2024	Moyennes à hautes eaux	79.8	49.6
W6	Boinod, perte sous ferme			104.1	64.7

*: Estimation **: Estimé d'après les données de l'époque

TABLEAU 1 : RÉSUMÉ DES CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DES ESSAIS DE TRAÇAGES POSITIFS AVEC LES SOURCES DE CORMORET (VALEURS POUR LA DOU).

RÉSULTATS DE L'ESSAI W1BIS

Le rapport lié à ces essais n'étant pas encore finalisé {R13} car comprenant les essais SE3-SE5 non encore terminés, on donne ici et graphiquement en Annexe 11 un résumé des résultats obtenus synthétisés.

Les injections étant situées à un carrefour de circulations hydrogéologiques, les points d'eau surveillées ont été la source des Rondes à Biaufond, celle de la Noiraigue à Noiraigue, celle de la Serrière à Neuchâtel, celles de Cormoret (Dous, Torrent, Raissette) et le puits profond des Sauges à Sonvillier. Les drainages du tunnel CFF de Renan, la source du Bez à Corgémont et de la Cuchatte à Sonceboz ont aussi été surveillés.

Le site W1, initialement situé au S de la faille du Mont Cornu, a du être déplacé au N (renommé W1bis) afin de s'éloigner du tunnel de Renan. Des essais d'infiltration ont permis de trouver un site favorable à proximité du restaurant.

L'injection de W1bis s'est faite dans une fouille avec mouillage avant, pendant et après l'essai, durant env. 3 jours au total, avec un débit moyen de 28-30 l/min (mesuré). Celle de W6 s'est faite dans la perte active, dont le débit était de l'ordre de 50 à 90 l/min (estimation).

Seules les sources de Cormoret et le puits des Sauges ont été colorés.

Les vitesses et taux de restitution élevés indiquent une nette et rapide connexion hydrogéologique de ces points avec les sources de Cormoret, et bien moins marquée et plus dispersée avec le puits des Sauges (à cause du caractère captif et moins perméable de son réservoir profond) .

3 LIMITES ACTUELLES DU BAH SUR TERRITOIRE NEUCHÂTELOIS

3.1 Principes

Les limites actuelles du BAH sur territoire neuchâtelois correspondent à la meilleure image que l'on puisse s'en faire à ce jour. Elles sont basées sur les résultats de l'étude de l'étape 1a {R11} et ceux de l'étape 1b en cours {R13} rappelés sous …….

Il s'agit d'une combinaison d'interprétations découlant essentiellement des structures géologiques et des résultats d'essais de traçage existants (dont les récents W1-W6) qu'on a rappelé ci-dessus succinctement.

Pour vérifier l'appartenance au BAH du secteur « Reprises-bas Monsieur yc Décrochement de la Ferrière pro parte », les essais de traçage complémentaires W2 et W3 (Annexe 2, Annexe 10) avaient été proposés à l'issue de l'étape 1a. Toutefois, vu le résultat très clair de l'essai W1bis (voir sous 2.3.3), il a été admis ici d'office que ce secteur appartenait au BAH.

Pareillement, au vu des résultats très clairs des essais de coloration W6 (Boinod, voir sous 2.3.3) et de la perte des Grandes Crosettes (GC-1 selon {R11}), le secteur « partie NE du Flanc NW Vallée de la Sagne - Mont Sagne » et celui «Partie haute de la Vallée de la Sagne » ont aussi admis ici d'office comme appartenants au BAH.

3.2 Descriptions des limites

3.2.1 Les Reprises - Bas Monsieur (yc décrochement de la Ferrière pro parte)

LIMITE N

Elle correspond à la bordure NW du massif de Malm s'étendant entre Bas Monsieur et la Combe du Pelu, qui s'appuie sur le Dogger par un contact anormal (faille inverse selon la coupe L de l'Annexe 6). L'axe de l'anticlinal est mal marqué : les calcaires présentent un pendage d'env. 45° orienté vers le SE dans la partie extrême NW (PHOTO 5, Annexe 26), mais peuvent localement présenter un faible pendage vers le NW.

Cette limite, sécuritaire, coïncide avec celle située sur le canton de Berne.

LIMITE W

Elle correspond au décrochement de la Ferrière. Il est difficile de savoir si, latéralement du côté W, ce décrochement possède une frange d'appel ni son étendue éventuelle. Nous avons intégré un débord selon la topographie du versant pouvant amener du ruissellement, admis comme apports externes contigus.

Pareillement, il existe à l'W des dépressions orientées vers le décrochement, celles de Bellevue (liée à la faille du même nom au contact de la Molasse) et de la Jailletat (liée à la combe argovienne). On ignore dans quelle mesure elle peuvent ramener de l'eau dans le BAH. Par mesure de sécurité, nous les considérerons comme des apports externes contigus (voir plus bas).

LIMITES S ET E

Elles correspondent à la limite communale et celle du secteur adjacent.

3.2.2 Mont Cornu - Petites Crosettes

LIMITE NW

Elle correspond à la trace du chevauchement régional du bloc « Mont Cornu » sur le synclinal des « Petites Crosettes »(voir coupe H en Annexe 6).

LIMITE S

Elle correspond à la limite de la combe des Grandes Crosettes, puis à la limite avec le secteur adjacent.

LIMITE E

Elle correspond aux limites des secteurs adjacents.

3.2.3 Décrochement de la Ferrière, yc les secteurs où la Suze est au contact du Malm (perte supposée des eaux issues des Convers, gouffre du Hameau)

LIMITE N

Elle correspond à la limite du secteur adjacent.

LIMITE W

Elle correspond aux limites des secteurs adjacents.

LIMITE S ET E

Elles correspondent à la limite communale.

3.2.4 Partie NE du Flanc NW Vallée de la Sagne - Mont Sagne, yc partie haute de la Vallée de la Sagne, yc perte de Boinod

LIMITE NW

Elle correspond à la bordure de la combe des Grandes Crosettes puis à la limite du secteur adjacent.

LIMITE S ET E

Elles correspondent aux pourtours du remplissage tertiaire de la vallée et aux limites des secteurs adjacents.

Par défaut. Il est admis que le remplissage synclinal crétacé et tertiaire du haut de la vallée de la Sagne est exclu du BAH, au même titre que celui du haut du vallon de St-Imier.

3.2.5 Partie extrême NE du Flanc SE de la Vallée de la Sagne, sans combe marneuse

LIMITE NW

Elle correspond aux pourtours du remplissage tertiaire du la vallée et aux limites des secteurs adjacents.

LIMITE SW ET SE

Elles correspondent à la limite communale.

3.2.6 Grandes Crosettes (yc bassin supérieur non traité mais indiqué pour mémoire)

Les limites correspondent à la partie inférieure de la combe marneuse. Pour mémoire, la partie supérieure de la combe pourrait aussi en faire partie si une connexion de la perte supérieure venait à être démontrée.

LIMITE N, S ET E

Elles correspondent au contact avec le bedrock calcaire.

LIMITE W

Elle correspond à la limite entre les 2 sous-bassins versants (inférieur et supérieur) passant par la perte supérieure.

4 CONTEXTES LOCAUX

On donne ci-après quelques compléments utiles et spécifiques locaux sur les contextes des secteurs étudiés.

4.1 Les Reprises - Bas Monsieur (yc décrochement de la Ferrière pro parte)

4.1.1 Contexte hydrologique

Il n'y a pas de cours d'eau. Les cartes historiques n'en mentionnent pas non plus.

4.1.2 Contexte géomorphologique

A relever :

- Le remplissage de Bas Monsieur, sorte de pénéplaine;
- Le décrochement de la Ferrière souvent marqué par des dolines parfois alignées, en particulier dans la moitié S du secteur (Les Reprises) où leur nombre s'accroît en direction des Convers. Vers sa partie centrale, il est masqué par le remplissage de Bas Monsieur ;
- Au S de Bas Monsieur, des paléo-sillons érosifs au SW (décrits sous 3.2.1), dont certains sont d'origine glaciaire selon nous, qui peuvent ramener de l'eau depuis l'extérieur de la limite et être ainsi, pour ceux hors limite, des zones d'apports externes contiguës.

4.1.3 Contexte géologique et tectonique

Le bedrock correspond au Kimméridgien et au Portlandien, de façon générale légèrement inclinés vers le SE (pendage de 10-15°). Au Bas Monsieur et aux Reprise, selon la carte géologique, existent d'importants lehms d'altération qui sont moins étendus d'après la lecture du lidar.

La faille majeure correspond au décrochement de la Ferrière. Quelques failles mineures semblent pouvoir exister à l'examen du MNT.

4.1.4 Contexte hydrogéologique

Il ne semble pas y avoir de perte. Nous n'avons observé aucun écoulement concentré lors de nos relevés.

4.2 Mont Cornu - Petites Crosettes

4.2.1 Contexte hydrologique

Il n'y a pas de cours d'eau. Les cartes historiques n'en mentionnent pas non plus. Dans la combe proprement dite des Petites Crosettes, des inondations temporaires ont déjà eu lieu par le passé lors de fortes pluies sur neige.

4.2.2 Contexte géomorphologique

A relever :

- Des calcaires subaffleurants sur l'essentiel du secteur ;
- Des dolines concentrées au droit des accidents importants, ainsi qu'en bordure de la combe argovienne située au NE, où certaines sont colmatées avec présence d'eau stagnante. De ces dernières se marque vers le NE un faible sillon ;
- Au-dessus de la sortie du tunnel de Renan, dans l'axe de la faille du Mont Cornu, existe un vallée sèche que nous avons suivies lors de l'essai W1bis en différentes conditions hydrogéologiques et où nous n'avons pas observé d'écoulement {R13}.

4.2.3 Contexte géologique et tectonique

Le bedrock correspond essentiellement au Kimméridgien, inclinés vers le SE à E (pendage de 20°). Au N du secteur affleure le Dogger essentiellement calcaire qui est chevauché par le Malm.

La faille majeure reste le décrochement de la Ferrière. Le MNT montre clairement que le bloc du Mont Cornu est traversé par une importante faille E-W non cartographiée sur les cartes géologiques, mais confirmée sur les données géocover de swisstopo. Il est possible, selon nous, qu'une faille grosso modo W-E passant par la doline inférieure des Grandes Crosettes marque la limite S du secteur.

4.2.4 Contexte hydrogéologique

Il ne semble pas y avoir de perte. Nous n'avons observé aucun écoulement concentré lors de nos relevés. L'eau stagnante des dolines en bordure de la combe argovienne ne reflète pas l'activité de perte. Lors du choix du site d'injection de W1, elles n'ont d'ailleurs pas été retenues.

4.3 Décrochement de la Ferrière, yc les secteurs où la Suze est au contact du Malm (perte supposée des eaux issues des Convers, gouffre du Hameau)

4.3.1 Contexte hydrologique

PARTIE N

Il n'y a pas de cours d'eau. Les cartes historiques n'en mentionnent pas non plus.

PARTIE S

C'est la zone de naissance de la Suze où se trouve également le grand échangeur routier des Convers (Annexe 13).

Echangeur

On donne en Annexe 12 le plan de l'échangeur routier des Convers (PHOTO 63, Annexe 26) avec colorisation des différents types d'eau :

- Une bonne partie des eaux de chaussées (en rouge) sont acheminées vers un séparateur (PHOTO 66, Annexe 26) dont l'exutoire rejoint les eaux de la Suze (PHOTOs 67-68, Annexe 26);
- Les ruisseaux temporaires (en bleu) transitent aussi via un système de canalisation à travers la zone de l'échangeur et sont acheminées également dans la Suze (voir ci-après).
- Les eaux de la source Rickenbach (Renan, PHOTO 65, Annexe 26) transitent sous l'échangeur dans une conduite qui se raccorde à l'existante sous la route qui descend à Renan.

Ruisseaux

La carte historique de Siegfried mentionne le début du ruisseau de la Suze à hauteur de la Toffière (Figure 8), ce qui n'est plus le cas maintenant de façon pérenne, celui-ci semblant avoir été mis sous tube dans le haut de ce vallon (?).

A cet endroit, nous avons vu des signes d'exsurgence d'eau souterraine non actifs en basses eaux, où cette partie du vallon est sèche (PHOTO 71, Annexe 26). En très haute eaux, il semble que la Suze puisse atteindre des débits de l'ordre de 600 l/s selon {R23} et mettre tout ce secteur en eau, y compris la zone du gouffre du Hameau (PHOTO 69, Annexe 26).

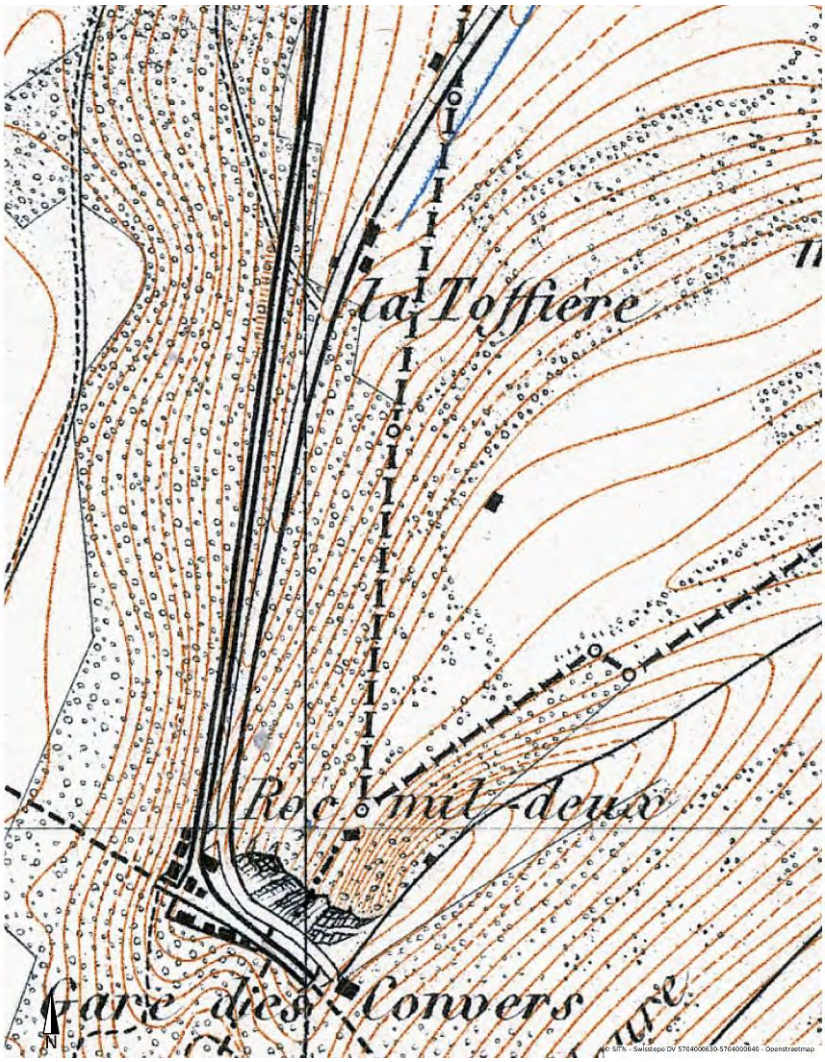


FIGURE 8 : RUISSEAU DE LA SUZE RELEVÉ EN 1870-1892 (TIRÉ DE LA CARTE SIEGFRIED DU GÉOPORTAIL CANTONAL).

Il existe des ruisseaux temporaires, non indiquées sur les cartes actuelles ou historiques, qui descendent des combes adjacentes suivantes (Annexe 13):

- Roc Mildeux : ces eaux sont reprises par une chambre avec grille dans un système de canalisation de l'échangeur routier qui les dirige dans la Suze (Annexe 12, (PHOTO 64-65, Annexe 26);
- Les Combes et Prés de Suze : les eaux ruisselées de ces secteurs rejoignent une gouttière longeant la route descendant de Boinod (PHOTOS 77-78, Annexe 26) puis sont acheminées dans un système de canalisation de l'échangeur routier qui les dirige dans la Suze (Annexe 12).

4.3.2 Contexte géomorphologique

A relever :

- Au N, l'absence de dépression marquée au droit décrochement, ainsi que de dolines hormis en limite W ;
- Un flanc W du décrochement très abrupte ;
- La présence du gouffre du Hameau, profond de 100 m env., où les eaux issues du secteur de l'échangeur s'infiltrent. Ce gouffre est décrit dans {R3}, {R23} et {R24}. On reprend son plan en Annexe 14 qui correspond à un relevé jusqu'à 65 m de profondeur. Le relevé a ensuite été poursuivi pour atteindre env. 100 m de profondeur dans {R23}.

4.3.3 Contexte géologique et tectonique

A l'W du décrochement, le bedrock correspond essentiellement au Kimméridgien et au Porlandien plaqués d'importants éboulis (1.4 à 5 m d'épaisseur d'après les sondages H30_BE_S1 à S3, Annexe 19-Annexe 20). Dans l'axe de la vallée de la Sagne et des Ponts, il est constitué de Crétacé avec une petite combe hauterivienne.

A l'E du décrochement, le bedrock est constitué :

- Dans la région du Creux, par le Portlandien, qui peut être recouvert d'une moraine locale (épaisseur > 20 m au sondage H30_BE_S5), ou par des remblais comme sous la gare du creux (11.5 m au sondage H30_BE_S6) ;
- Dans l'axe du vallon de St-Imier, par le Crétacé essentiellement calcaire ;
- Puis, plus au S, par le Malm subvertical ;
- Puis, enfin, dans la région des Combes, par le Dogger (hors commune).

La faille majeure correspond au décrochement de la Ferrière. Sur cet axe, la région de l'échangeur est posée sur des remblais et/ou des dépôts quaternaires qui semblent assez épais (sondage H30_BE_S1 : 7 m de moraine argileuse sous 5 m d'éboulis et sur 2.5 m de dépôts lacustres ; sondage 101 et 104 (16622) : 2 à 4 m de remblais sur éboulis ou moraine).

4.3.4 Contexte hydrogéologique

GOUFFRE DU HAMEAU

Le gouffre du Hameau, qui se situe sur la faille majeure précédemment décrite, constitue une perte pour les eaux issues du secteur de l'échangeur. Au sortir du séparateur, sur quelques dizaines de mètre, le ruisseau de la Suze s'infiltre de manière diffuse en période basses eaux. En moyennes et hautes eaux, les eaux gonflées du ruisseau atteignent le gouffre et s'y infiltrent.

D'après {R23}, l'infiltration diffuse concerne env. 40 l/s, et celle concentrée en hautes eaux env. 200 l/s. D'après nous, ce tronçon de ruisseau, qui se superpose à la faille majeure du décrochement de la Ferrière, pourrait dans les faits infiltrer un débit encore plus élevé.

AUTRES SECTEURS

Bien que ce secteur soit hors limites communales, nous décrivons ici nos observations faites dans le secteur des Combes-Prés de Suze (Annexe 13).

Il existe sous la décharge des Prés de Suze un bassin à ciel ouvert d'env. 10x10m, avec une eau de couleur gris-jaunâtre (Figure 9, PHOTO 75, Annexe 26), qui recueille les eaux issues de la décharge. Lors de nos relevés en basses eaux du 17.5.25, un bruit d'eau indiquait un débit non nul (nous n'avons pas pu accéder à ce bassin à cause de l'abondante végétation). Or, au niveau de la route qui descend de Boinod, le ruisseau issu de ce secteur était sec, indiquant ainsi une zone d'infiltration diffuse des eaux issues de la décharge entre ces deux points.

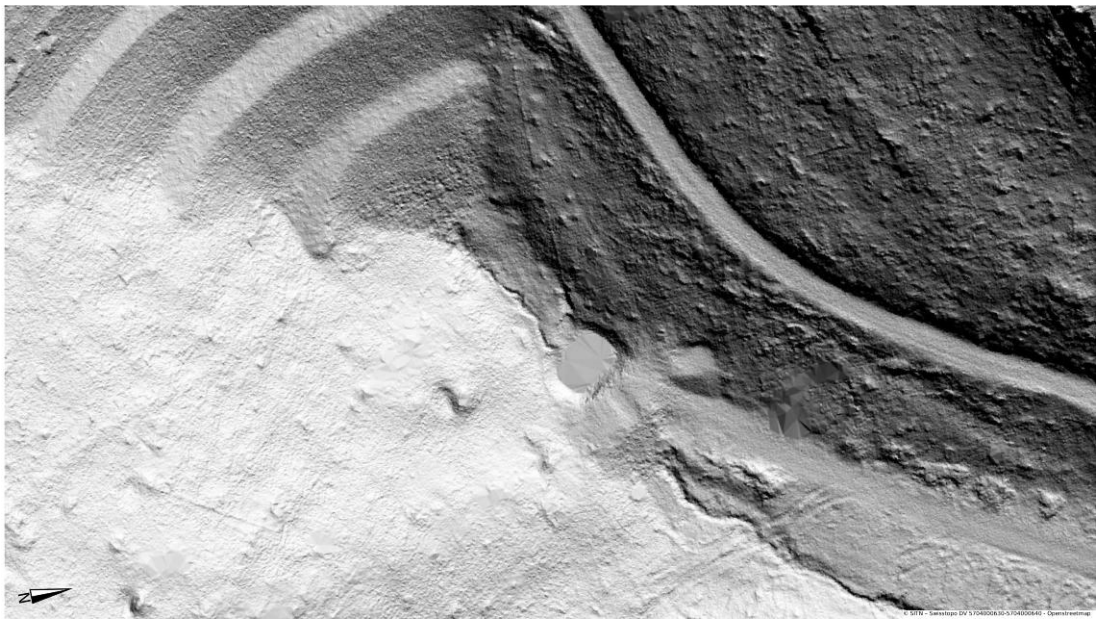


FIGURE 9 : VUE DU MNT SUR LE PIED DE LA DÉCHARGE DE PRÉS DE SUZE ET DE SON BASSIN (TIRÉ DU GÉOPORTAIL SITN).

4.4 Partie NE du Flanc NW Vallée de la Sagne - Mont Sagne, yc perte de Boinod

4.4.1 Contexte hydrologique

Il n'y a pas de cours d'eau. Les cartes historiques n'en mentionnent pas non plus.

4.4.2 Contexte géomorphologique

A relever :

- Des calcaires subaffleurants sur l'essentiel du secteur, avec quelques placages quaternaires (Boinod, Le Reymond) non identifiés sur la carte géologique;
- Des dolines concentrées au droit des accidents, surtout sur la faille du « Bout de Commun ». Dans le haut de la vallée de la Sagne et des Ponts, des alignements de dolines perchées (plus haute que le thalweg) existent au contact des marnes hauteriviennes dans la région de Boinod ;
- Des carrières creusées dans le Portlandien inférieur :
    - Indiquées sur la carte géologique (secteur de Maison Rouge) mais aujourd'hui remblayées ;
    - Encore ouvertes aujourd'hui, mais abandonnées, sur le flanc S du Mont Sagne (PHOTO 26 à 32, Annexe 26). Des tas de matériaux excavés les bordent. Il semble, intuitivement selon nous, qu'il puisse s'agir de très vieilles carrières.

4.4.3 Contexte géologique et tectonique

Le bedrock correspond essentiellement au Kimméridgien et Portlandien inférieur, inclinés vers le SE (pendage de 15-20°). Dans le haut de la vallée de la Sagne et des Ponts affleure le synclinal crétacé.

La faille majeure est celle du décrochement de la Ferrière. Une autre faille importante, celle que nous appèlerons « Faille du Bout du Commun », se situe en bordure W du secteur. Entre ces deux failles existent d'autres failles qui se relaient, dont celle du « Reymont » et celle « Maison Rouge » qui décale vers le N le synclinal de la Sagne et des Ponts, ou encore d'autres plus mineures repérées sur le MNT.

4.4.4 Contexte hydrogéologique

PERTE DE BOINOD

Sous la ferme de Boinod se trouve une zone de perte où a été injecté le traceur de l'essai W6 (PHOTO 55, Annexe 26). Elle se situe au contact du Purbeckien avec le Portlandien, et en bordure de la zone de dépôts morainiques de la Corbatière (Figure 10 et Figure 11).

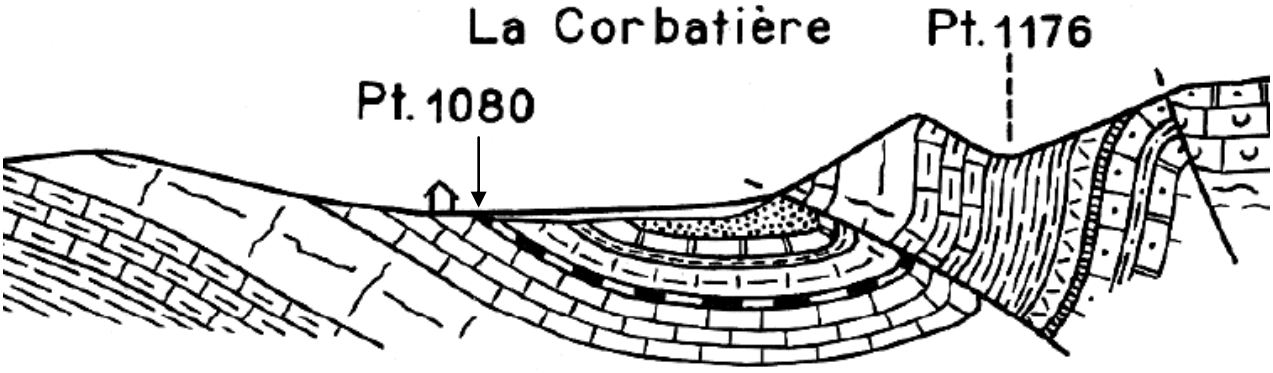


FIGURE 10 : COUPE GÉOLOGIQUE PAR LA CORBATIÈRE, AVEC INDICATION DE LA PERTE DE BOINOD PAR UNE FLÈCHE (TIRÉ DE {R1}).

Selon notre connaissance {R12}, la perte est quasi pérenne, ne devant tarir qu'en période de très basses eaux. En moyennes eaux lors de l'essai du 9.4.24, nous avions estimé le débit infiltrant à 50 à 90 l/min. Il semble exister plusieurs points d'infiltration, difficilement identifiables à cause de l'abondante végétation. La veille, après des pluies abondantes, un petit lac s'était formé à l'endroit d'injection.

Le bassin d'alimentation de cette perte correspond à la petite combe purbéckienne qui se développe au NE avec une extension limitée, jusqu'à hauteur de la ferme où des signes de ruissellement existent sur le lidar (Figure 11). Nous n'avons pas observé de signes indiquant une extension plus au NE. Vu le pendage des couches vers le SE, un apport du Crétacé semble peu vraisemblable. Au droit de la perte, des dépôts morainiques sont visibles.

L'examen du MNT indique un possible « débordement » des eaux par ruissellement au-delà de la zone de perte vers le SW en période de très hautes eaux (Figure 11).

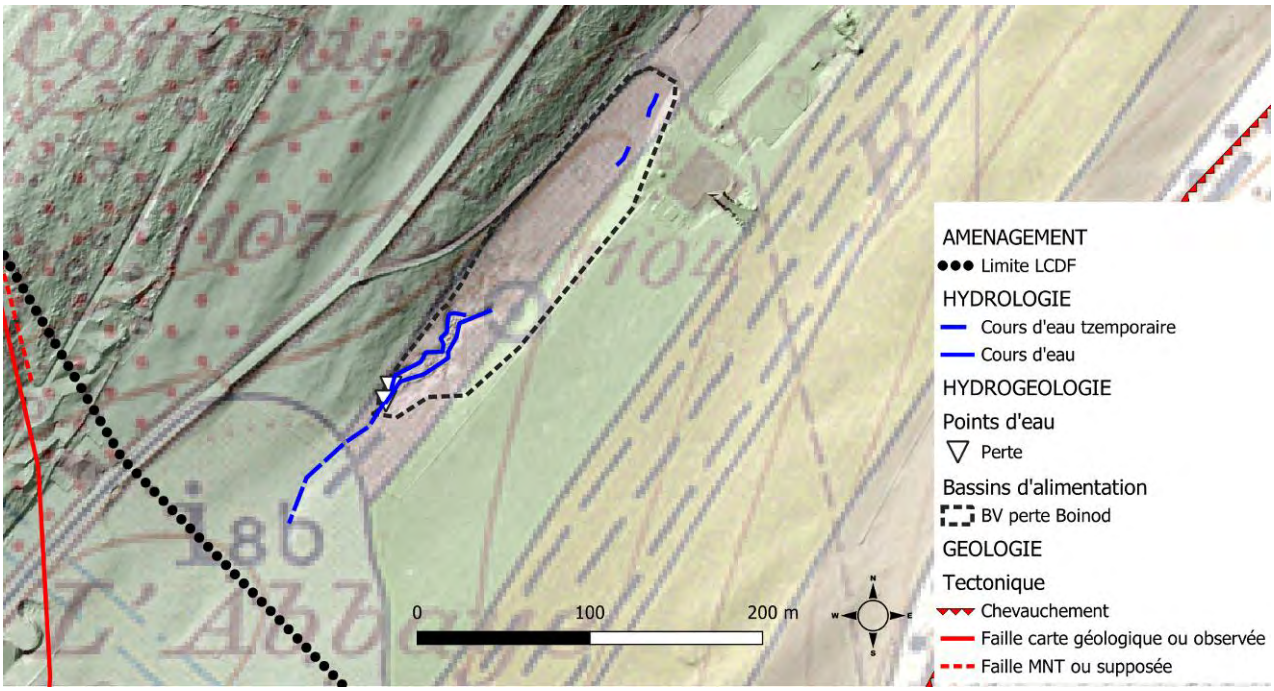


FIGURE 11 : SITUATION DE LA PERTE DE BOINOD AVEC LIMITE ESTIMÉE DU BASSIN D'ALIMENTATION.

AUTRES PERTES

Nous n'avons pas observé d'autres pertes, où signes d'écoulement vers des dolines, notamment celles situées sur la faille du Bout du Commun.

4.5 Partie extrême NE du Flanc SE de la Vallée de la Sagne, sans combe marneuse

4.5.1 Contexte hydrologique

Il n'y a pas de cours d'eau. Les cartes historiques n'en mentionnent pas non plus.

4.5.2 Contexte géomorphologique

A relever :

- Des calcaires subaffleurants et pentus sur l'essentiel du secteur, avec voile d'éboulis;
- Des dolines concentrées au droit de la molasse au contact du Crétacé.

4.5.3 Contexte géologique et tectonique

Le bedrock correspond essentiellement au Kimméridgien et Portlandien inférieur, inclinés vers le NW (pendage de 70°), qui chevauchent le synclinal crétacé de la vallée de la Sagne et des Ponts. Des failles N-S affectent ce secteur.

4.5.4 Contexte hydrogéologique

Il n'y a pas de perte, mais de petites sources d'éboulis en pied de versant.

Juste en limite W de ce secteur, hors limites communales, signalons les pertes du ruisseau de la Corbatière, dans la cluse et dans les champs en aval.

4.6 Grandes Crosettes (yc bassin supérieur non traité mais indiqué pour mémoire)

Les contextes hydrologique, géomorphologique, géologique, tectonique et hydrogéologique très spécifiques et compliqués de la combe des Grandes Crosettes sont décrits en détail dans {R11} et {R12}. Nous ne les reprendrons donc pas ici.

Récemment, un nouvel étang (compensation écologique) a été créé et le canal d'amenée à la doline inférieure réaménagé (Figure 12).



FIGURE 12 : SITUTAION DES NOUVEAUX AMÉNAGEMENTS ÉCOLOGQUES EFFECTUÉES AUX GRANDES CROSETTES (REÇU DE BIOL CONSEILS).

5 DÉLIMITATION DES ZONES DE PROTECTION

5.1 Définition légale des zones

Depuis le 1.1 2016, l'ancien système prévoyant les zones de protection S1, S2, et S3 dans les aquifères fortement hétérogènes a été adapté par l'OEaux. Désormais, pour ces aquifères, les zones S1, S2, Sh et Sm sont délimités comme suit (Figure 13) et la zone S3 est supprimée :

- La **zone S1** englobe uniquement l'installation de captage (min. 10 m) et les terrains directement environnants, ainsi que les pertes *et leur environnement immédiat* si elles constituent une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Selon {R19} :
    - Concernant les pertes, la zone S1 est uniquement délimitée s'il existe une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Si une telle menace existe concrètement, il convient de procéder à une évaluation sur la base de critères hydrologiques comme le volume d'eau qui s'infiltre, la relation rapide avec le captage, etc. Les bases pour cette évaluation sont décrites dans le guide pratique « Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques » (« méthode EPIK »).
    - Les lapiez, dolines, ruisseaux et autres secteurs à haute vulnérabilité qui ne satisfont pas aux nouveaux critères applicables à la zone S1 sont désormais attribués à la zone Sh.
- La **zone S2** est délimitée autour du captage et est large d'au moins 100 m. La zone S2 dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes est exclusivement délimitée selon la « règle des 100 m au moins ». Selon {R19} :
    - Les autres surfaces qui relevaient de la zone S2 en vertu de l'OEaux avant le 1er janvier 2016 sont pour l'essentiel attribuées à la zone S_h . Par exemple, plus aucune zone S2 n'est délimitée autour de la zone S1 pour les pertes. En effet, l'effet filtrant de la couche de couverture et de l'aquifère ne suffit généralement pas dans les aquifères fortement hétérogènes à retenir efficacement les impuretés microbiologiques ou les substances de nature à polluer les eaux. En outre, la durée d'écoulement des eaux souterraines est la plupart du temps si courte que l'essentiel des agents pathogènes ou polluants n'est pas dégradé dans le sous-sol. Il est par exemple fréquent que des germes pathogènes survivent jusqu'à leur arrivée dans le captage. Ainsi, la zone S2 ne peut pas atteindre le même objectif que dans des aquifères faiblement hétérogènes ou homogènes. C'est la raison pour laquelle, dans les aquifères fortement hétérogènes, la zone S2 n'est plus délimitée que sur une étendue minimale pour protéger les abords immédiats du captage.
- La **zone S_h** couvre les parties du bassin d'alimentation présentant une haute vulnérabilité (h = haute). Selon {R19} :
    - La zone S_h doit empêcher que l'eau souterraine soit polluée par la construction et l'exploitation d'installations et par l'utilisation de substances et que des travaux de construction altèrent l'hydrodynamique des eaux du sous-sol ;
    - Les secteurs à haute vulnérabilité correspondent aux secteurs sans couches protectrices (soit sans sol et couches de couverture, p. ex. lapiez) ou avec couches protectrices insuffisamment développées ou non continues dans lesquels l'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides notamment constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable.
    - En substance, la zone S_h correspond, s'agissant de l'étendue, à l'ancienne zone S2 dans la mesure où elle est dénuée de couches protectrices suffisamment développées et continues (Figure 14). De plus, elle remplace toutes les zones S1 qui ne satisfont pas aux nouveaux critères de délimitation, p. ex. lapiez, dolines et ruisseaux
    - Une évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines aux influences extérieures sert de critère pour les zones S_h et S_m (cf. « méthode EPIK »). Lors de la délimitation de la zone S_h, il faut donc faire particulièrement attention à la menace pour l'utilisation de l'eau potable que constitue l'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides. En général, les secteurs du bassin d'alimentation du captage dénués de couches protectrices bien développées et continues présentent une vulnérabilité élevée et, partant, sont délimités en tant que zone S_h. Il en va de même s'il y a lieu de supposer que les

couches protectrices ne présentent pas une capacité d'absorption suffisante des engrais liquides épandus. Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité, la nature des couches protectrices joue elle aussi un rôle plus important qu'avant. Par conséquent, les surfaces du bassin d'alimentation d'un captage sur lesquelles des engrais de ferme liquides et des engrais de recyclage liquides peuvent être épandus sans que cela ne constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable ne relèvent pas de la zone S_h. Elles sont plutôt à attribuer à la zone S_m ou au secteur A_u de protection des eaux en fonction de leur vulnérabilité.

- La **zone S_m** couvre les parties du bassin d'alimentation présentant une vulnérabilité moyenne (m = moyenne). Selon {R19} :
  - La zone S_h doit empêcher aussi que l'eau souterraine soit polluée par la construction et l'exploitation d'installations et par l'utilisation de substances et que des travaux de construction altèrent l'hydrodynamique des eaux du sous-sol ;
  - La zone S_m remplace plus ou moins l'ancienne zone S3 et des parties de l'ancienne zone S2 dotées de couches protectrices suffisamment développées et continues (Figure 14) ;
  - Les secteurs de vulnérabilité moyenne sont des surfaces dotées de couches protectrices bien développées et continues dont l'effet protecteur permet une utilisation d'intensité moyenne (p. ex. agriculture, infiltration des eaux traitées issues de petites stations d'épuration) sans que cela ne constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable (cf. « méthode EPIK ») ;
  - Dans les régions karstiques, il est possible de délimiter une aire d'alimentation Z_u à la place d'une zone S_m pour autant qu'une protection équivalente soit garantie. Pour ce faire, il faut que les restrictions d'utilisation en vigueur dans ces zones Z_u soient identiques à celles d'une zone S_m (hors extraction de matériaux) et inscrites dans le règlement des zones de protection du captage. En outre, le plan des zones de protection ainsi que la carte de protection des eaux doivent indiquer clairement qu'il s'agit d'une aire d'alimentation Z_u en remplacement d'une zone S_m. Le modèle de géodonnées minimal de la Confédération « Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux (Zones de protection des eaux souterraines, périmètres de protection des eaux souterraines et secteurs de protection des eaux) » prévoit la désignation « SmZu » à cette fin.

A noter encore que

- Cette protection se détermine au niveau de la surface, soit en 2D. Il est cependant possible, selon le contexte hydrogéologique rencontré au droit d'un projet qui serait fortement enterré, que la 3ème dimension doive être aussi considérée pour permettre une meilleure interprétation des risques engendrés par ledit projet ;
- Les cas des secteurs drainés ou de ruissellements de pente ramenant de l'eau dans une perte n'entre pas dans les définitions données ci-dessus ni ci-dessous au sujet du secteur A_0;

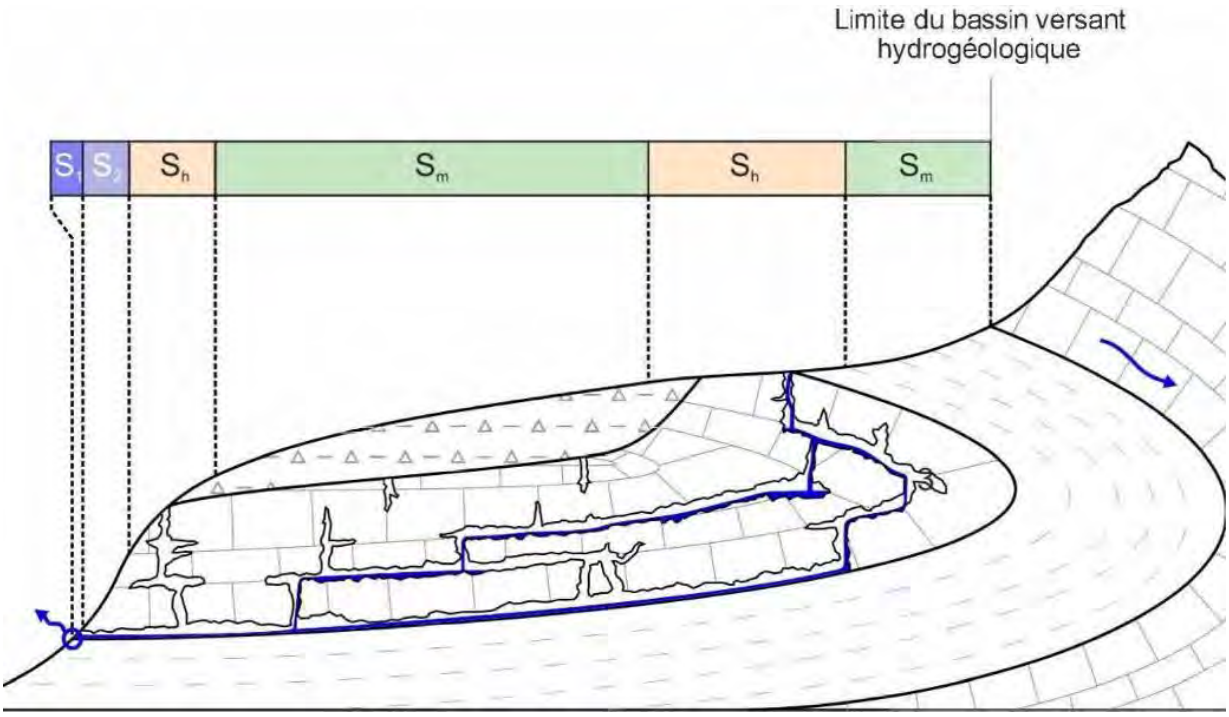


FIGURE 13 : SCHÉMA TYPE D'APPLICATION DES DIFFÉRENTES ZONES EN DOMAINE KARSTIQUE (TIRÉ DE {R20}).

Type d'aquifère	Roches meubles	Karstique / Fissuré		
		faiblement hétérogène	fortement hétérogène	
Zones de protection des eaux souterraines	S1	S1	S1	Prescriptions
	S2	S2	S2	
			Sh	
	S3	S3	Sm	

FIGURE 14:: TABLEAU RÉSUMANT LES DIFFÉRENTS TYPES DE ZONES DE PROTECTION DEPUIS LE 1.1.2016 (TIRÉ DE {R20}).

Enfin, selon {R19}, en complément de la zone de protection des eaux souterraines, le **secteur A_0** de protection des eaux peut être délimité afin d'assurer la protection des eaux superficielles et de leur zone littorale, dans la mesure où cela est nécessaire pour garantir une utilisation particulière (ici, l'utilisation comme eau potable des eaux souterraines sous l'influence des eaux superficielles qui s'infiltrent). Sont concernés les tronçons des cours d'eau de surface qui s'infiltrent et les parties des glaciers qui constituent une menace pour l'utilisation de l'eau potable, en particulier s'ils alimentent le captage en eau depuis l'extérieur du bassin hydrogéologique :

- Dans le bassin d'alimentation hydrogéologique d'un captage, les eaux superficielles telles que les cours d'eau et les lacs peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines. Du fait de particularités morphologiques, des eaux superficielles peuvent également atteindre, via des horizons pédologiques et rocheux largement imperméables (p. ex. marnes ou schistes fins dans le bassin hydrologique), le bassin d'alimentation hydrogéologique d'une source en milieu karstique ou fissuré et s'y infiltrer. Certains bassins d'alimentation alpins sont également marqués par la fonte des glaciers. Les eaux libérées par les glaciers (susceptibles d'être polluées en raison des activités qui ont lieu sur le glacier) peuvent également s'infiltrer dans des pertes. Ces eaux superficielles peuvent être des vecteurs de pollution qui dégradent la qualité des eaux souterraines ;

- Si l'infiltration des eaux superficielles polluées menace l'utilisation de l'eau potable, ces eaux de surface ou ces glaciers doivent être protégés en conséquence. Dans le bassin hydrogéologique du captage, les eaux superficielles qui s'infiltrent et leur zone littorale sont attribuées, dans la plupart des cas, à la zone hautement vulnérable et une zone S_h est délimitée. S'il en résulte une protection équivalente, un secteur A_o de protection des eaux peut aussi être déterminé. Par ailleurs, un tel secteur A_o peut protéger les tronçons des cours d'eau de surface ou les parties des glaciers situés hors du bassin hydrogéologique qui sont susceptibles de dégrader la qualité des eaux souterraines alimentant le captage. S'agissant des bassins d'alimentation à caractère agricole, la protection des eaux souterraines peut être renforcée grâce aux dispositions sur la désignation supplémentaire d'un secteur A_o de protection des eaux, applicables dans l'espace réservé aux eaux. Le secteur A_o de protection des eaux peut donc constituer un instrument de protection supplémentaire dans le cas d'aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes.

5.2 Méthode EPIK 2.0

5.2.1 Philosophie

La révision de la méthode EPIK en EPIK 2.0 s'appuie sur les mêmes 4 critères E (épikarst), P (couverture protectrice), I (infiltration), K (réseau karstique) que EPIK 1.0 mais avec de nouvelles façons de les appliquer. Pour chaque critère, des points de protection sont attribués puis sommés. On donne en Annexe 15 une figure extraite de ce guide qui résume la démarche pour la cartographie des points de protection qui serviront ensuite à attribuer une zone selon le Tableau 2.

Nous avons discuté longuement du contenu de cette version (provisoire et finale) avec ses auteurs. Il en ressort que

- la limite de points entre Sh et Sh a d'abord été fixée à 10, puis relevée à 5 (Tableau 2), afin de mieux cibler les parties vraiment vulnérables (car avec 10 une grande partie du BA est souvent concernée) ;
- de récents essais effectués par les auteurs sur une zone de drainages agricoles (la Brévine) ont montré que le sol peut contribuer de manière significative à la protection, ce qui explique les valeurs de protection relativement élevées du Tableau 3 ;
- la démarche proposée résulte d'un compromis entre les plusieurs cas différents étudiés par les auteurs ; à noter que la BA des sources de Cormoret — pour sa partie bernoise jusqu'au décrochement de la Ferrière — en fait partie (Annexe 5 de la directive) ;
- une grande part de l'appréciation est laissée à l'hydrogéologue sur la base de ses connaissances spécifiques du cas pour lequel il applique cette méthode. Une limite Sh-Sm à 6 ou 7 pts peut être choisie si justifiée.

Points de protection	Protection	Vulnérabilité	Zones S / Secteurs Au / Ao
0 à 1	Très faible	Vulnérabilité élevée	Sh
2 à 5	Faible		
6 à 9	Faible à modérée	Vulnérabilité moyenne	Sm
10 à 12	Modérée		
12 à 15	Modérée à forte		
> 15	Élevée	Vulnérabilité faible	Au / Ao

TABLEAU 2: CONVERSION DES POINTS DE PROTECTION EN ZONES ET SECTEURS DE PROTECTION DES EAUX D'UN CAPTAGE (TIRÉ DE {R21}).

	Epaisseur	Perméabilité			Remarques
		Elevée	Moyenne	faible	
Sol pédologique (topsoil)	~0 m (discontinu ou absent)	0	0	0	Cheminements préférentiels probables (terriers, racines...), mais effet protcteur de la couche organique
	0.1 - 0.2 m (continu, peu épais)	0	1	1	
	0.2 - 0.5 m	1	2	2	
	0.5 - 1 m	1	4	5	
Subsoil (moraine, colluvions, roche non-karstique...	0.5 - 1 m	1	2	5	Cheminements préférentiels rares ou absents pour couverture non-consolidée, mais plus probable pour roches cohérentes
	1 - 2 m	2	4	10	
	2 - 3 m	3	7	19	
	Pour chaque mètre suplémentaire	1 pts/m	3 pts/m	9 pts/m	

TABLEAU 3 : POINTS DE PROTECTION LIÉS À LA COUVERTURE PROTECTRICE (P). LES POINTS DE PROTECTION SONT OBTENUS PAR L'ADDITION DE LA CLASSE ESTIMÉE POUR LE SOL ET POUR LA COUVERTURE. EN PRÉSENCE D'UNE COUVERTURE EXTRÊMEMENT PERMÉABLE (ÉBOULIS, BLOCS NON RECOUVERTS DE SOL) LE NOMBRE DE POINTS ATTRIBUÉS POURRAIT ÊTRE ENCORE DIMINUÉ (P.EX. MAX 3 PTS AU TOTAL, TIRÉ DE {R21})..

5.2.2 Conditions pour mettre une perte en S1

Il existe aussi, dans cette directive, une annexe qui précise dans quel cas une perte doit être placée en zone S1 (annexe 4 du guide) :

« Pour placer une perte en zone S1, il faut que toutes les conditions suivantes soient réunies :

- *la perte est active de manière pérenne ;*
- *la restitution de masse d'un traceur injecte dans la perte aux exutoires totaux du système est supérieure à 80 % ;*
- *le débit de la perte vers les eaux souterraines représente au moins 20 % du débit total des exutoires du système ;*
- *le temps de parcours entre la perte et le captage est inférieur à 48 heures.*

Si certaines de ces conditions ne sont pas réunies, alors la perte sera placée en zone Sh, même si le nombre de points de protection est très faible (0 ou 1). »

5.2.3 Principes d'application choisis par nous et remarques sur la méthode

CRITÈRE I

Il n'est pas dit dans quelle classe d'infiltration les dolines et les failles doivent être mises, ce qui nous parait étonnant vu leur occurrence élevée en domaine karstique. Nous les avons classées en « Infiltration semi diffuse Ik3 ».

Pour les secteurs non drainés, il faudrait dans l'idéal procéder par bandes avec un SIG, ce que nous n'avons pas effectué ici. On a plutôt cherché la limite extérieure à la zone Sm donnée par 15 pts.

CRITÈRE P

Comme déjà dit plus haut, aucun sondages supplémentaires n'a été effectué dans le cadre de la présente étude. Les données disponibles ont toutefois été recherchées (relevés de sondages, de fouilles, …) et prises en compte, ainsi que nos observations de terrain.

La nature du sol n'est pas abordée dans la méthode EPIK 2.0 (calcosol, brunisol, rendosols, etc.…). Elle donne pourtant une bonne image des conditions d'infiltration de subsurface. Par ailleurs, en pied de pentes, des sols plus argileux peuvent par ex. se développer, impliquant une meilleure protection, ce qui peut paraître contradictoire avec la classe Ik3 définie dans EPIK 2.0. Certes, l'utilisation de l'information liée aux sols implique d'avoir une carte des sols, souvent inexistante, ou alors de faire de très nombreux sondages à la tarière, tout en sachant que la variabilité spatiale de ces sols peut être très grande et leur continuité très petite.

CRITÈRE E

Là non plus, la morphologie liée aux failles n'est pas décrite ni attribuées aux différents types d'épikarst donnés au tableau 5 de la directive. Nous leur avons donné une rétention similaire à celle des dolines ou lapiaz (faible = 1 à 2 point de protection).

CRITÈRE K

Pour tout le secteur étudié, nous n'avons pas attribué de points de protection

- ni sous les pertes (car les zones non saturées dessous sont largement (estimation 100-200 m) moins épaisses que 1000 m ;
- ni sous les zones d'infiltration diffuse pour les même raisons ;
- ni pour une rivière souterraine, car le parcours avant d'atteindre la zone saturée est largement inférieur à 5000 m d'après nos estimations.

Concernant la protection attribuée à la zone noyée, nous avons appliqué deux approches et choisi la plus sécuritaire, à savoir celle qui donne le moins de point de protection :

- d'après la règle « 1 point pour 2500 m de distance à la source » selon la directive ;
- d'après les essais de traçage connus, à savoir la règle « 1 point pour 2 jours de temps de passage », considéré en moyennes eaux, selon la directive.

Nous comprenons le « temps de passage » comme le temps de passage du pic du traceur (et non pas de l'ensemble du traceur, ce que ce terme pourrait laisser croire). Ils peuvent dès lors être calculés via les vitesses de pic.

Les vitesses de pic connues des essais de traçage du Tableau 1 sont représentées graphiquement à la Figure 15, En distinguant celles liées à une infiltration sur zone non saturée de celles liées à une infiltration dans une perte, on a estimé des vitesses moyennes d'écoulement en moyennes eaux qui sont de :

- 55 m/h pour les zones hors perte ;
- 65 m/h pour la perte des Grandes Crosettes, à savoir hors axe du vallon de St-Imier.
- 85 m/h pour les pertes de Boinod et Gouffre du Hameau (yc faille infiltrante), à savoir dans l'axe du vallon de St-Imier.

En effet, il apparaît que les pertes alignées dans l'axe du vallon de St-Imier présentent des vitesses plus élevées, ce qui semble indiquer un drainage préférentiel dans cet axe, même à travers le décrochement de la Ferrière.

Ces vitesses ont été admises constantes pour chaque secteur considéré, avec comme idée qu'en bordure de ces derniers, un traceur injecté à une distance plus faible aurait un temps de passage plus faible, donc la même vitesse, et inversement pour un point d'injection situé plus loin.

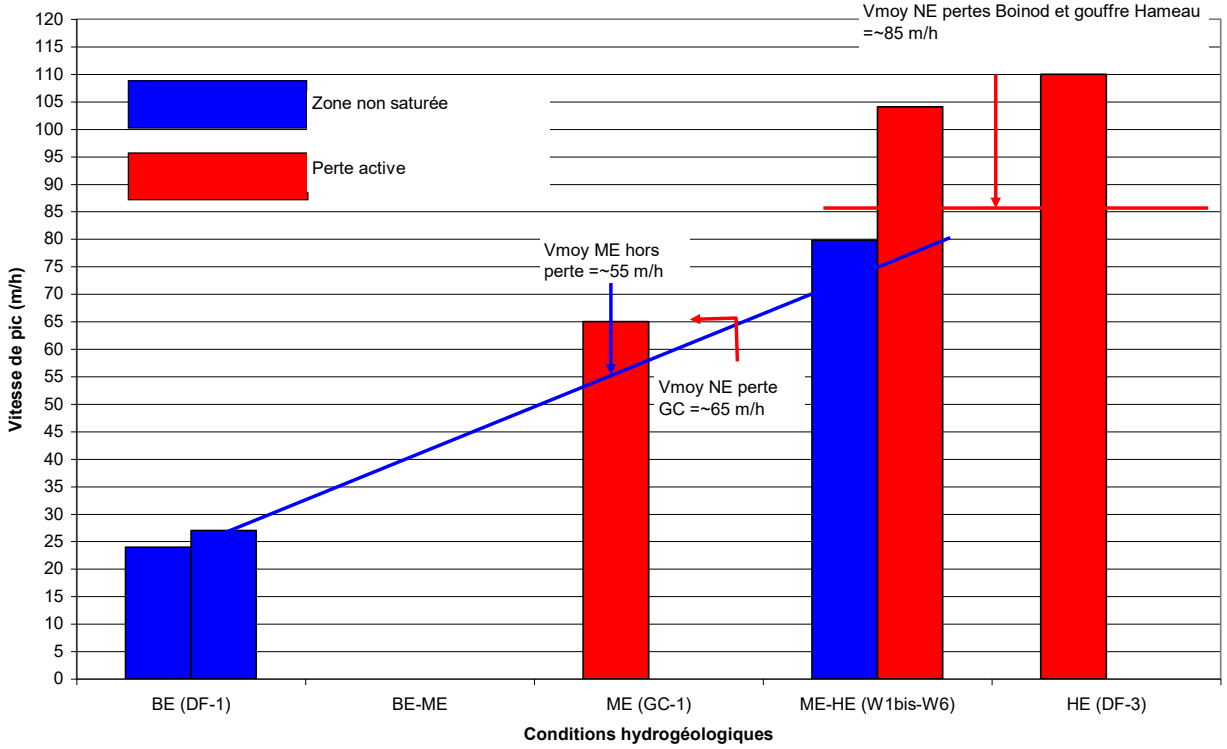


FIGURE 15 : REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES VITESSES D'ESSAIS DE TRAÇAGE DISPONIBLE EN FONCTION DES CONDITIONS HYDROLOGIQUES (BE : BASSES EAUX – ME : MOYENNES EAUX – HE : HAUTES EAUX)

LIMITE SH-SM

On constate que, sur le Tableau 2, il existe un « trou » d'affectation de zone entre 5 et 6, par ex. pour une protection totale de 5.5 points, de même pour la « Protection » entre 9 et 10, que nous avons admise comme « Modérée ».

DÉFINITION DE GÉOZONES D'INFILTRATION-TYPES

Vu

- l'énorme étendue du territoire étudié,
- les différents contextes possibles très variés, que cela soit au niveau de la couverture, de l'épikarst ou de la géomorphologie,
- la variation des faciès pouvant localement très rapidement varier

nous avons travaillé avec des plages de protection (min-max), plutôt que par l'application d'un nombre de points fixe de protection. Pour ce faire, l'utilisation du SIG étant trop laborieuse, nous avons opté pour la solution suivante :

- nous avons définis des géozones d'infiltration-types ;
- pour ces géozones, nous avons appliqué des plages raisonnées et réalistes de points de protection ;

- nous avons reporté le tout sous forme de tableaux de calcul, secteur par secteur (Annexe 21, Annexe 22) puis sur une carte (Annexe 23).

Les géozones d'infiltration-types définies et utilisées ci-après sont résumées dans le Tableau 4. Les plages de points (min-max) attribués pour les critères P (appréciation selon le Tableau 3 avec explicatif du type de dépôt considéré et des points attribués selon leur perméabilité) et E (selon ou d'après le tableau 5 de {R21}) sont résumées dans l'Annexe 16.

Calcaires sans morphologie spéciale	
1a	Calcaires affleurants peu pentus sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire
1b	Calcaires affleurants pentus (pied de pente) sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire
1c	Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire
1d	Calcaires sans morphologie sous moyenne couverture quaternaire
1e	Calcaires sans morphologie sous forte couverture quaternaire
Faille	
2a	Faille simple sans couverture quaternaire
2b	Faille avec couverture quaternaire
2c	Faille avec alignement de dolines sans couverture
2d	Faille avec pertes diffuses
Doline	
3a	Doline/ouvala sans remplissage (non colmatée)
3b	Doline/ouvala avec remplissage (colmatée)
Perte	
4a	Perte
4b	Alimentation rapide de la perte (cours d'eau)
4c	Alimentation rapide de la perte (drainages)
4d	Reste du BV de la perte
Excavation / Remblai	
5a	Carrière remblayée
5b	Carrière ouverte

TABLEAU 4 : GÉOZONES D'INFILTRATION-TYPES UTILISÉES.

5.3 Résultats de la cartographie

On donne à l'Annexe 18 la carte des classes d'infiltration (critère I), et à l'Annexe 19 et à l'Annexe 20 la carte des points de protection (plages) pour les critères P et E respectivement.

5.3.1 Critère I

BASSINS VERSANTS DES PERTES

La carte indique les bassins versants des pertes qui sont au nombre de trois.

Perte de la doline inférieure des Grandes Crosettes (Figure 16)

- Ip1 : perte elle-même ;
- Ip2 : cours d'eau s'y acheminant + bassins de rétention + drainages arrivant dans ladite perte ;
- Ip3 : reste du BV selon délimitation donnée dans {R12}.

Perte de Boinod (Figure 17)

- Ip1 : perte elle-même ;
- Ip2 : dépression amont, jusqu'à la route, avec signe de ruissellement ;
- Ip3 : solde amont, au-delà de la route, de la combe purbeckienne.

Perte du Gouffre du Hameau (Figure 18)

- Ip1 : perte elle-même, yc partie du ruisseau amont avec infiltration diffuse ;
- Ip2 : ruisseaux temporaires de Roc Mildeux et des Combes ;
- Ip3 : zone d'alimentation de ces ruisseaux + flancs de versants au-dessus du ruisseau de la Suze.

ROCHE KARSTIQUE

Infiltration semi-diffuse Ik3 :

- Failles simples ;
- Failles avec alignement de dolines ;
- Zone de bas de pentes pentues.

Infiltration diffuse Ik4:

- Le solde du BAH.

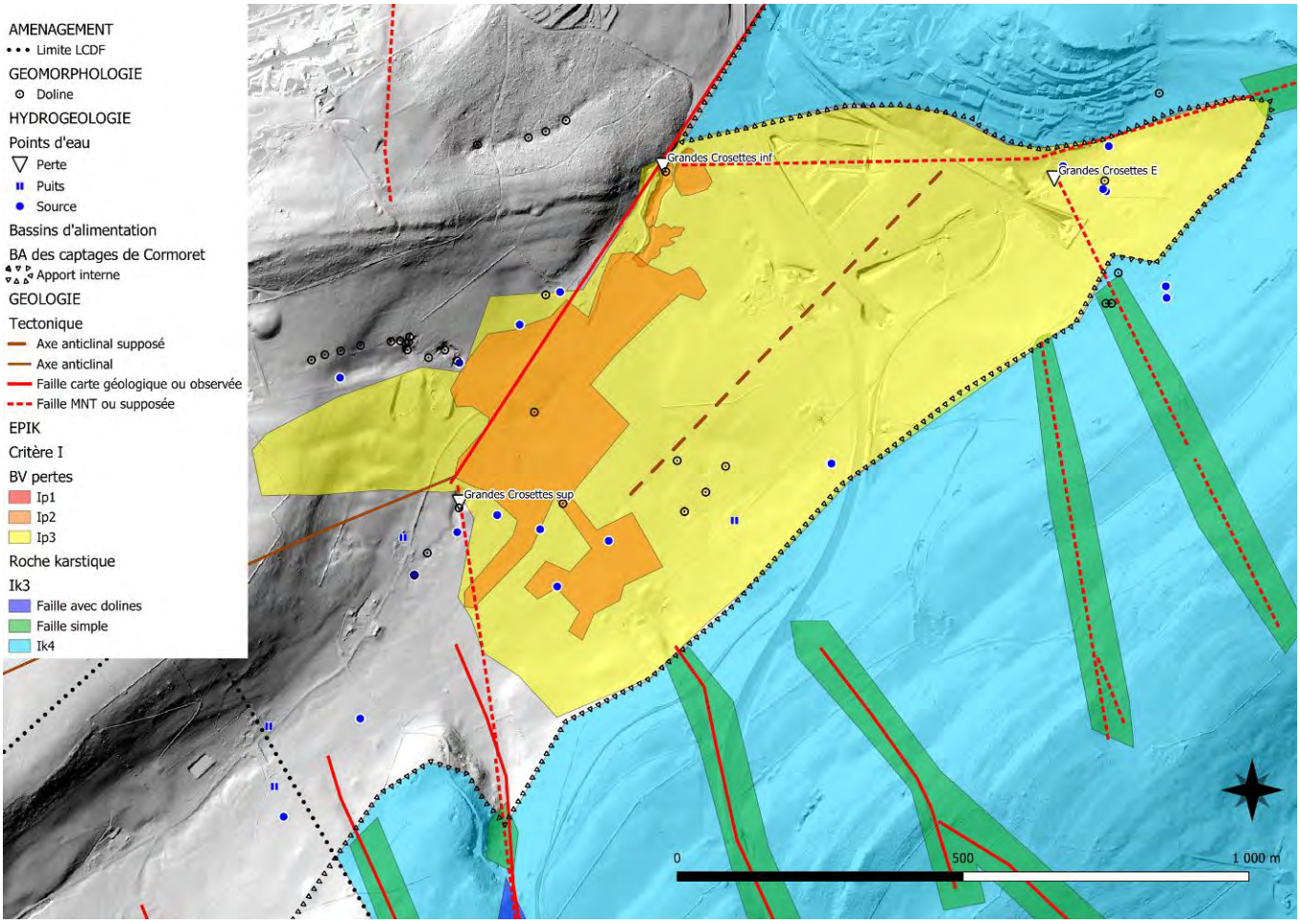


FIGURE 16 : CRITÈRE I : ZOOM SUR PERTE INFÉRIEURE DES GRANDES CROSETTES.

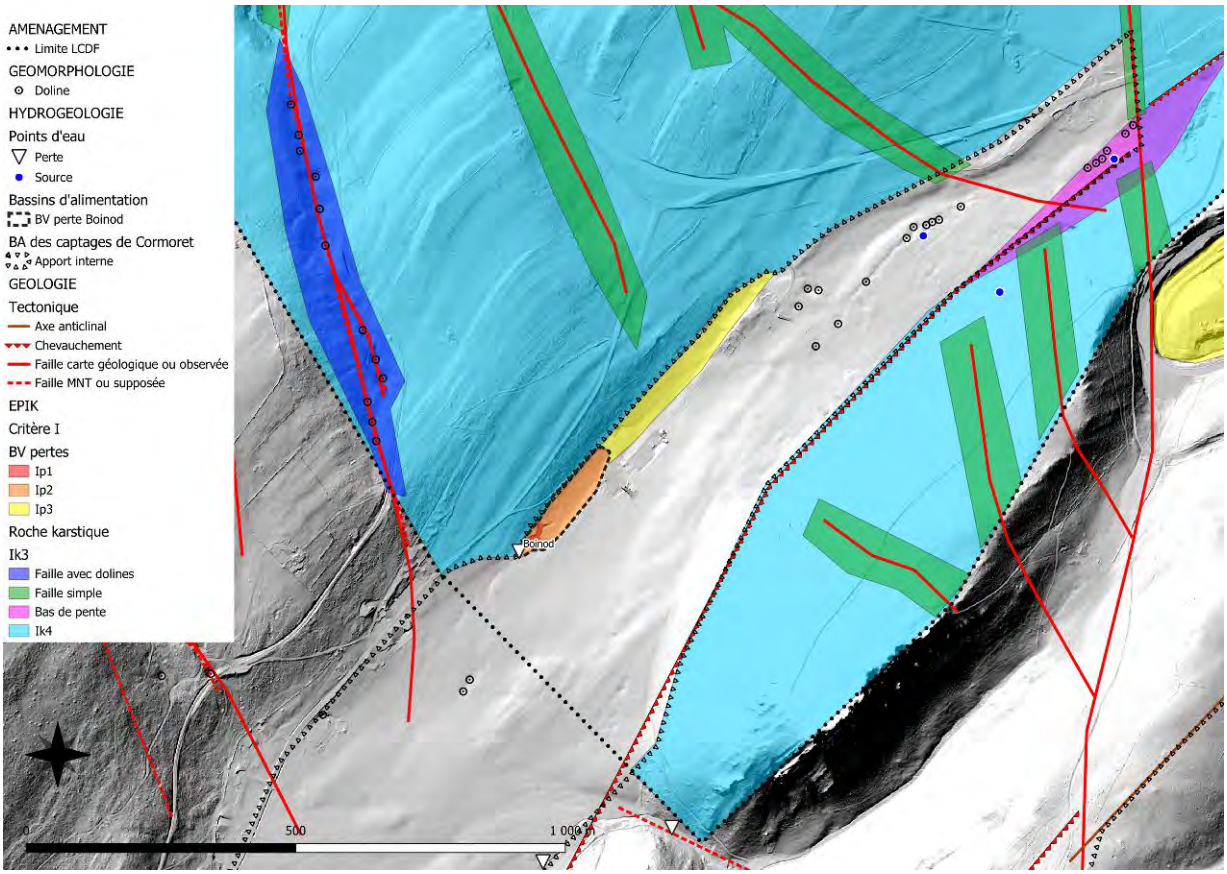


FIGURE 17 : CRITÈRE I : ZOOM SUR PERTE DE BOINOD.

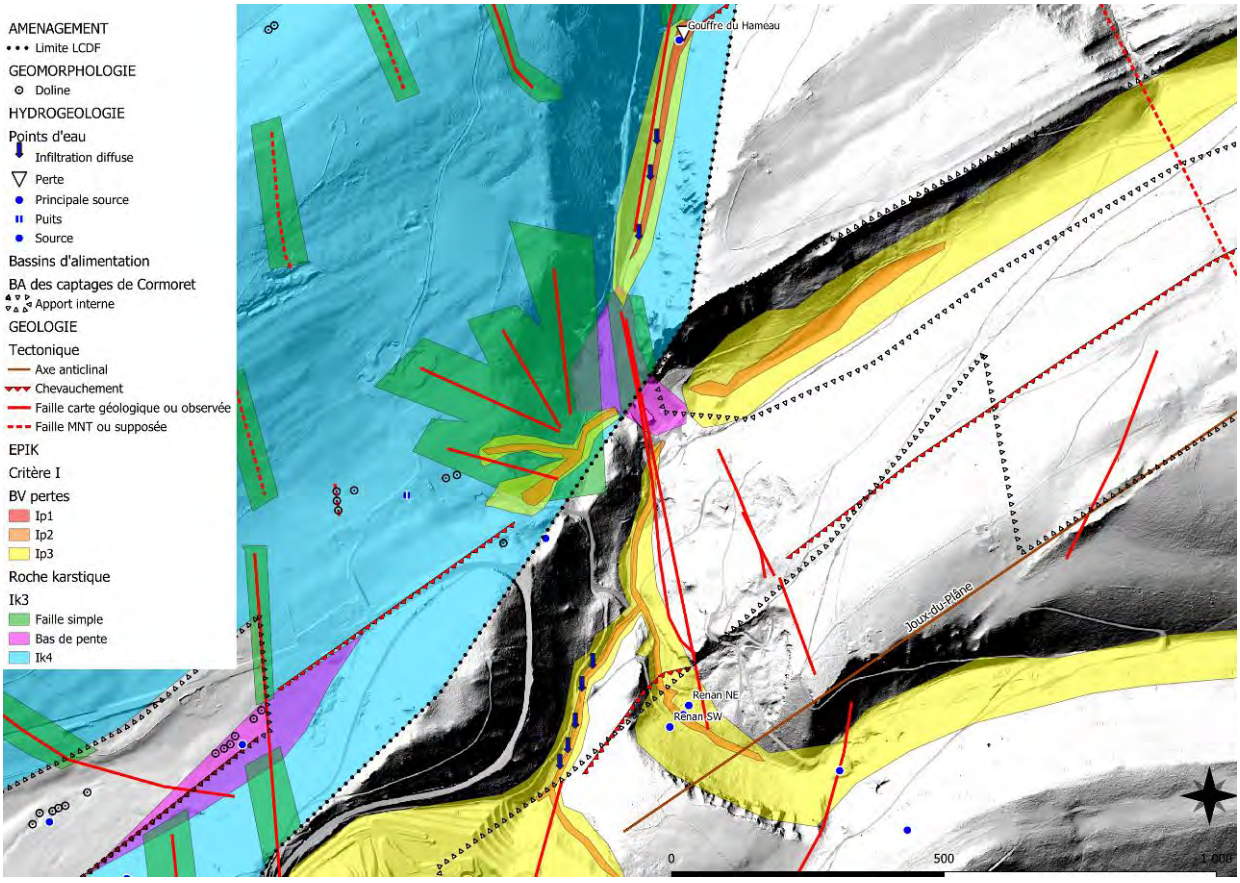


FIGURE 18 : CRITÈRE I : ZOOM SUR PERTE DU GOUFFRE DU HAMEAU..

5.3.2 Critère P

DESCRIPTION DE LA COUVERTURE

On donne en Annexe 26 des photographies faites lors de nos visites de terrain, à des endroits déjà ouverts (excavations, talus recoupé, etc.…), avec description de la couverture observée. Les endroits photographiés sont reportés sur l'Annexe 17.

La nature de la couverture située dans le périmètre étudiée est très variable.

Sols sur calcaires ou marnes

Les sols que nous avons pu observés sur le terrain correspondent :

- Sur le calcaire sans morphologie karstique :
  - pour l'essentiel à un horizon A (terre végétale de 20-30 cm d'épaisseur), avec parfois le développement d'un horizon B peu développé (PHOTOS 9, 14, 16, 17, 30, 31, 32, 33, 40, 43, 49 Annexe 26). Trois fouilles que nous avons menées au Mont Cornu pour des tests d'infiltration pour l'essai W1bis {R13} ont touché, sous 20/20/50 cm respectivement de terre végétale, des calcaires altérés à limons ± argileux de décalcification bruns clairs (PHOTOS 25, 26, 27 Annexe 26). Bien que d'une lithologie similaires, ces fouilles ont livré des débits d'infiltration fort variables, de 0, 25 et 44 l/min respectivement ;
  - de nombreuses zones montrent cependant un calcaire affleurant, sans couverture (PHOTOS 34, 35 Annexe 26).
- Sur les failles : de terre végétale, d'horizon A (PHOTO 44, 46, 48 Annexe 26), ou B seul (PHOTO 9 Annexe 26), ou d'argiles de décalcification (PHOTO 8 Annexe 26) ;
- Sur marnes, aux Grandes Crosettes, une couverture plus épaisse d'horizon (40-50 cm, PHOTO 62, Annexe 26.

Placages ou remplissages

Les placages ou remplissages que nous avons pu observés sur le terrain correspondent :

- A de la moraine locale (PHOTOS 54, 74 Annexe 26 et Figure 2), sondage H20_VdA_601, sondage Jura_Corbatière_Perm, sondage H30_BE_S5, Annexe 19) ;
- A des dolines fortement colmatées (PHOTOS 19, 23, 47 Annexe 26) ;
- A des zones humides (PHOTO 21 Annexe 26).

Les autres placages ou remplissages ont été identifiés via l'examen du lidar.

Remblais épais et surfaces bétonnées importantes

Ils correspondent

- Aux remblais de la gare du Creux, à ceux des zones des échangeurs routiers (Bas-du Reymond, Convers) ;
- Aux anciennes carrières remblayées ;
- Au quartier densément habité de l'Orée du Bois – Cerisier.

Synthèse

Les plages (min-max) de points de protection estimées et attribuée à la couverture sont résumées à l'Annexe 16.

ELÉMENTS REPORTÉS SUR LA CARTE

La carte du critère P est donnée en Annexe 19. Elle indique les différents types de couverture et la plage de leurs points de protection associés selon l'Annexe 16:

- Faible couverture = remplissage peu important. Cela concerne surtout les zones faiblement dépressionnaires et les drainages des Grandes Crosettes ;

- Moyenne couverture = remplissage moyen. Cela concerne le lehm de Bas Monsieur (celui indiqué aux Prises sur la carte géologique étant probablement bien moins épais et continu d'après le lidar), la moraine du pied du Reymond et les voiles importants d'éboulis ;
- Forte couverture = Remplissage important. Cela concerne le cœur du synclinal de la Sagne, en limite communale qui ne touche pas le BAH ;
- Carrière remblayée = Remplissage moyen. Cela concerne les carrières décrites sous 4.4.2 ;
- Carrière ouverte = calcaire subaffleurant dégarnis. Cela concerne les carrières décrites sous 4.4.2.
- Calcaire subaffleurant = Sol (terre végétale et/ou horizon B) et/ou lehm d'altération (décalcification) sans Quaternaire hors bassin versant des pertes. Cela concerne la très grande majorité du territoire étudié. Les zones à calcaires affleurants sont indiquées en surcharge ;

5.3.3 Critère E

DESCRIPTION DE L'ÉPIKARST

On donne en Annexe 26 des photographies faites lors de nos visites de terrain, à des endroits déjà ouverts (excavations, talus recoupé, etc.…), avec description de l'épikarst observé. Les endroits photographiés sont reportés sur l'Annexe 17.

La nature de l'épikarst est aussi très variable. Elle passe d'un faible développement avec calcaires massifs peu à moyennement fracturés (PHOTOS 32, 36, 39, 50, 79 Annexe 26,), à un développement prononcé avec karst ouvert voire cavité karstique (PHOTOS 30, 31, 37, 40, 51, 52, 80, 81 Annexe 26, sondage H20_VdA_601). Il faut noter que ces variations peuvent s'opérer sur de très courtes distances (qqs dizaines de mètres), comme dans la grande carrière ouverte du Mont Sagne ou en bordure orientale de la faille du Bout du Commun.

Nos observations montrent que

- l'épikarst est, en général, plus développé au droit des failles ;
- le colmatage de l'épikarst par des sols ou des dépôts d'altération est, en général, plus développé au droit des failles.

Cependant, dans les zones sans morphologie karstique, on ignore le rôle joué par ces éventuels dépôts de colmatage. On imagine qu'ils sont peu présents sur le secteur étudié, hypothèse que nous avons adopté pour la suite.

Synthèse

Les plages (min-max) de points de protection estimées et attribuée à l'épikarst sont résumées à l'Annexe 16.

ELÉMENTS REPORTÉS SUR LA CARTE

La carte du critère E est donnée en Annexe 20. Elle indique les différents types de couverture et la plage de leurs points de protection associés selon l'Annexe 16:

- Doline, ouvala, lapiaz : cela concerne toutes les dolines sauf celles alignées se situant sur une faille ;
- Faille avec zone déprimée : cela concerne toutes les failles soit indiquées sur les cartes géologiques, soit déduites de la lecture du lidar ;
- Faille avec zone déprimée et alignement de dolines : cela concerne les failles de Bout du Commun, des Prises (avec ouvalas adjacents), de l'extrémité E de la faille de Mont Cornu et du secteur du bas du Mont Cornu;
- Faille avec perte : cela concerne les failles passant par la perte du Gouffre du Hameau ;
- Carrière remblayée ou ouverte : Cela concerne les carrières décrites sous 4.4.2.

- Sans morphologie typique : Cela concerne le solde du BAH.

5.4 Calcul du total des points de protection

Le calcul du total des points de protection (min-moyen-max), secteur par secteur selon chaque géozone d'infiltration-type, est donné en Annexe 21 et sous forme de carte à l'Annexe 23.

Pour l'ensemble du périmètre étudié, la gamme de points obtenus est comprise entre 4.8 et 20.01 (Tableau 5).

SECTEUR		MIN	Géozone	MAX	Géozone
Mont Cornu		6.49	2c	15.55	1c
Bas Monsieur - Reprises		5.62	2c	18.34	1d
Mont Sagne et flanc SE vallée de la Sagne		5.53	4a-4b	20.01	1d
Décrochement de la Ferrière		4.80	4a-4b	19.17	1d
Grandes Crosettes		6.54	4a-4b	8.54	4d
	MIN	4.80		-	
	MAX	-		20.01	

1c Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire
2c Faille avec alignement de dolines sans couverture
1d Calcaires sans morphologie sous moyenne couverture quaternaire
4a Perte
4b Alimentation rapide de la perte (cours d'eau)
4d Reste du BV de la perte

TABLEAU 5 : RÉSUMÉ DES MINIMA ET MAXIMA DE POINTS PAR SECTEUR.

Les résultats obtenus mis sous forme graphiques, secteur par secteur, en fonction des géozones d'infiltration-type, sont donnés en Annexe 22. Ils mettent en évidence des géozones d'infiltration-types les plus vulnérables qui sont, dans l'ordre de vulnérabilité :

- Les pertes et les ruisseaux ou ouvrages associés ;
- Les failles avec alignement de dolines.

5.5 Zones retenues

CONVERSION DES POINTS TOTAUX EN ZONES DE PROTECTION

D'après ce résultats et en appliquant les limites données par EPIK 2.0 au Tableau 2, seule la perte du Gouffre du Hameau devrait classée en zone Sh, tout le reste du périmètre étudié devrait être placé en zone Sm.

Toutefois, tenant compte

- des comparaisons des méthodes datant d'avant EPIK 2.0, de l'estimation de l'impact pollutif d'un déversement accidentel et des réflexions faites dans {R12} ayant mené à un surclassement de la perte inférieure des Grandes Crosettes en zone Sh validé par l'Autorité ;
- de l'état de fracturation du périmètre étudié plus développé que la normale à cause d'une forte tectonisation dûe au décrochement de la Ferrière ;
- des taux de restitutions et vitesses de circulation élevés démontrées en plusieurs endroits du BAH étudié ici, en particulier au droit des pertes, en regard des critères de classement en zone Sh donnés dans {R19} et reprises sous 5.1

nous faisons le choix, validé par l'Autorité en séance du 13.8.25, de classer les 3 géozones de pertes (et leur ruisseau ou ouvrages associés) en zone Sh.

Les géozones les plus vulnérables venant ensuite sont les failles avec alignement de dolines (2c, Tableau 5), qu'il faudrait selon nous classer en zone Sm-Sh, catégorie qui hélas n'existe pas. En séance du 13.08.25 avec l'Autorité (NE et BE), il a été décidé d'un commun accord de les classer en zone Sh également selon les critères susmentionnés.

Les géozones les moins vulnérables sont celles possédant une bonne couverture sans morphologie karstique typique. Il s'agit en particulier de la pénéplaine de Bas Monsieur, du pied de versant N du Mont Sagne et des voiles d'éboulis importants qui pourrait être placée en secteur Au-Ao. En séance du 13.08.25 avec l'Autorité (NE et BE), il a été décidé d'un commun accord de classer ces zones en zone Sm, dans un soucis de simplification.

CARTE DES ZONES DE PROTECTION

Le carte des zones de protection, pour l'ensemble du périmètre étudié, est donnée en Annexe 24. Elle intègre, sans changement, les zones de protection provisoires définies aux Grandes Crosettes dans {R12}, qui sont redonnées, pour mémoire, en Annexe 25.

Sur cette dernière annexe figure aussi la partie haute de la combe qui, si une appartenance au BAH devait être démontrée par la suite via la perte supérieure, devrait aussi être englobée dans le périmètre protégé (en Sh pour la perte supérieure et Sm pour le périmètre drainé associé).

5.6 Règlement d'application et sanction

Le règlement d'application des zones Sm-Sh est en cours d'élaboration par le SENE et sera adjoint aux plans de sanction.

6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

RÉALISATION ET FIABILITÉ DES RÉSULTATS OBTENUS

Vu la synergie actuelle et les délais impartis, et en accord avec les MO et l'Autorité neuchâteloise, des investigations complémentaires n'ont pas été effectuées (essais de coloration, sondages, …). Il n'est pas possible, de toute façon, de connaître tous ces paramètres précisément, tant leur nombre et étendue est grande et diversifiée. En cas de doute ou de désir de précision locale, ces investigations pourront localement être menées dans un second temps, après rendu du présent travail. Mais. Globalement, les résultats obtenus sont très cohérents, que cela soit avec la directive EPIK 2.0 ou la distribution spatiale des zones de protection en regard des géozones d'infiltration –types sur ce périmètre (hydro)géologiquement très compliqué.

A PROPOS DE LA MÉTHODE EPIK 2.0

L'application de la méthode EPIK 2.0 permet de mettre en évidence les zones les plus vulnérables du BAH. Elle est comme une boite à outil pour l'hydrogéologue à qui on laisse une grande part d'appréciation, ce qui est bénéfique.

Toutefois, pour un cas comme le nôtre très éloigné des exutoires (15 à 20 km), elle semble trouver ses limites concernant la conversion des points de protection en zone de protection. Selon nous, la limite entre Sm et Sh fixée à 5 donne, pour notre cas, une protection amoindrie de certaines parties du BAH, comme la perte des Grandes Crosettes où il faudrait mettre la limite à 6.5 pour l'inclure en zone Sh.

Cela pourrait être du, selon nous, au point de protection attribué selon la distance du BAH aux exutoires. Pour une perte, en appliquant le principe d'attribution d'un point pour 2.5 km de distance, une distance de plus de 10 km implique déjà un total de point supérieur à 5 (dans le pire des cas). Pourtant, dans le Jura, les grandes distances de transit des eaux souterraines karstiques ne sont pas rares (p.ex Muriaux-Bianfond = 13 km).

ZONES LES PLUS VULNÉRABLES

Le point le plus vulnérable correspond à la perte du Gouffre du Hameau (Figure 19), et la zone d'infiltration diffuse sur la faille qui y est associée, dans lesquels différents types d'eau peuvent s'infiltrer, dont certaines eaux issues de l'échangeur routier (yc séparateur) et celles issues de la décharge de matériaux inertes des Prés de Suze, située hors limite communales donc non explicitement traitée ici. Sur l'Annexe 24, dans ce secteur, nous avons toutefois représenté les zones de protection hors limite communale telles qu'elles devraient être selon nous, à savoir une

zone Sh pour les cours d'eau acheminant les eaux à la perte (via le système de conduites de l'échangeur routier) et une zone Sm pour les bassins versants proches de ces cours d'eau, dont la combe marneuse de Roc Mildeux ou encore la décharge des Prés de Suze qui repose sur une combe marneuse.

La perte des Grandes Crosettes inférieure récolte également différents types d'eau, dont une partie de celles de l'échangeur routier (yc séparateur), des eaux de drainages et des rejets d'eau privés. A futur, les eaux de l'échangeur routier ne se déverseront plus dans cette perte car déviées vers la STEP de la ville via le projet H18 actuellement en cours de réalisation. La mise en conformité de certains rejets privés devrait être effectuée dans le cadre du PGEE.

La perte de Boinod, avec le bassin versant le plus petit, récolte uniquement les eaux superficielles de la petite combe marneuse qui sert parfois d'enclos pour des chevaux.

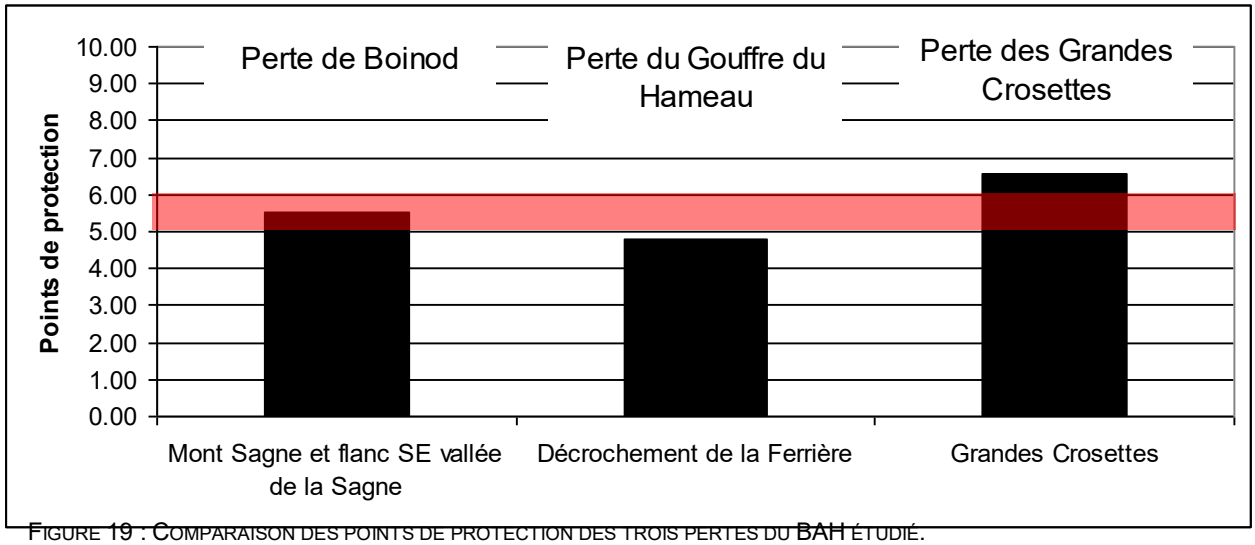


FIGURE 19 : COMPARAISON DES POINTS DE PROTECTION DES TROIS PERTES DU BAH ÉTUDIÉ.

GRANDES CROSETTES

Pour la zone d'apport externe contigu des Grandes Crosettes, les zones de protection provisoires définies dans {R12} ont été reprises sans changement et correspondent à celles figurant actuellement sur le géoportail cantonal. Dans notre évaluation, nous avions attribué 1 point de protection pour la traversée de la zone non saturée, point dont nous n'avons finalement plus tenu compte dans nos calculs ici (après discussion avec l'auteur de la méthode). Ceci ne change ni le résultat des classements effectués ni les limites retenues au final dans {R12}[1].

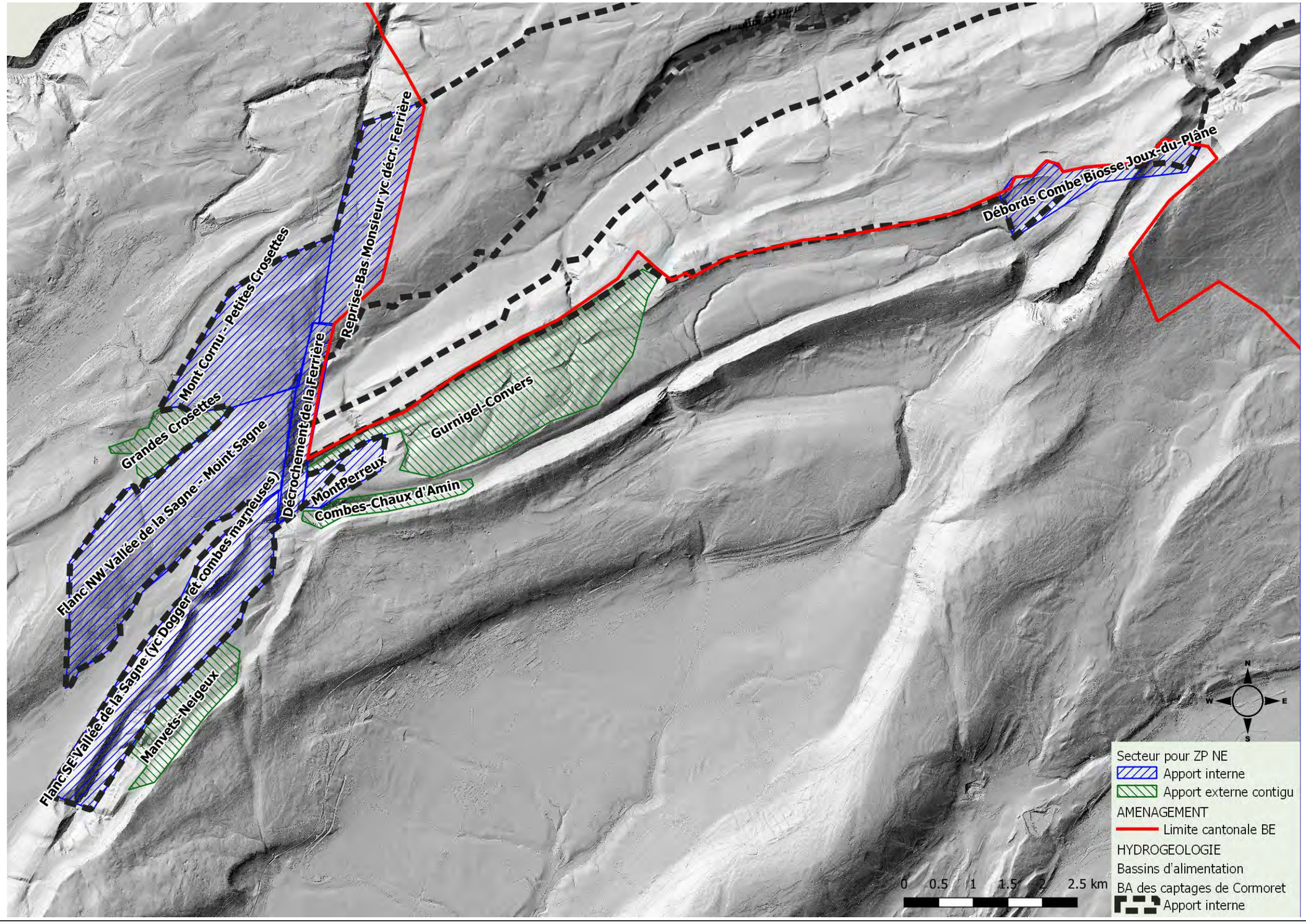
La partie haute de la combe pourrait aussi faire partie du BAH, ce qui n'a pas, à ce jour, été encore démontré. Si cela devait être le cas, elle devrait être intégrée aux zones de protection,

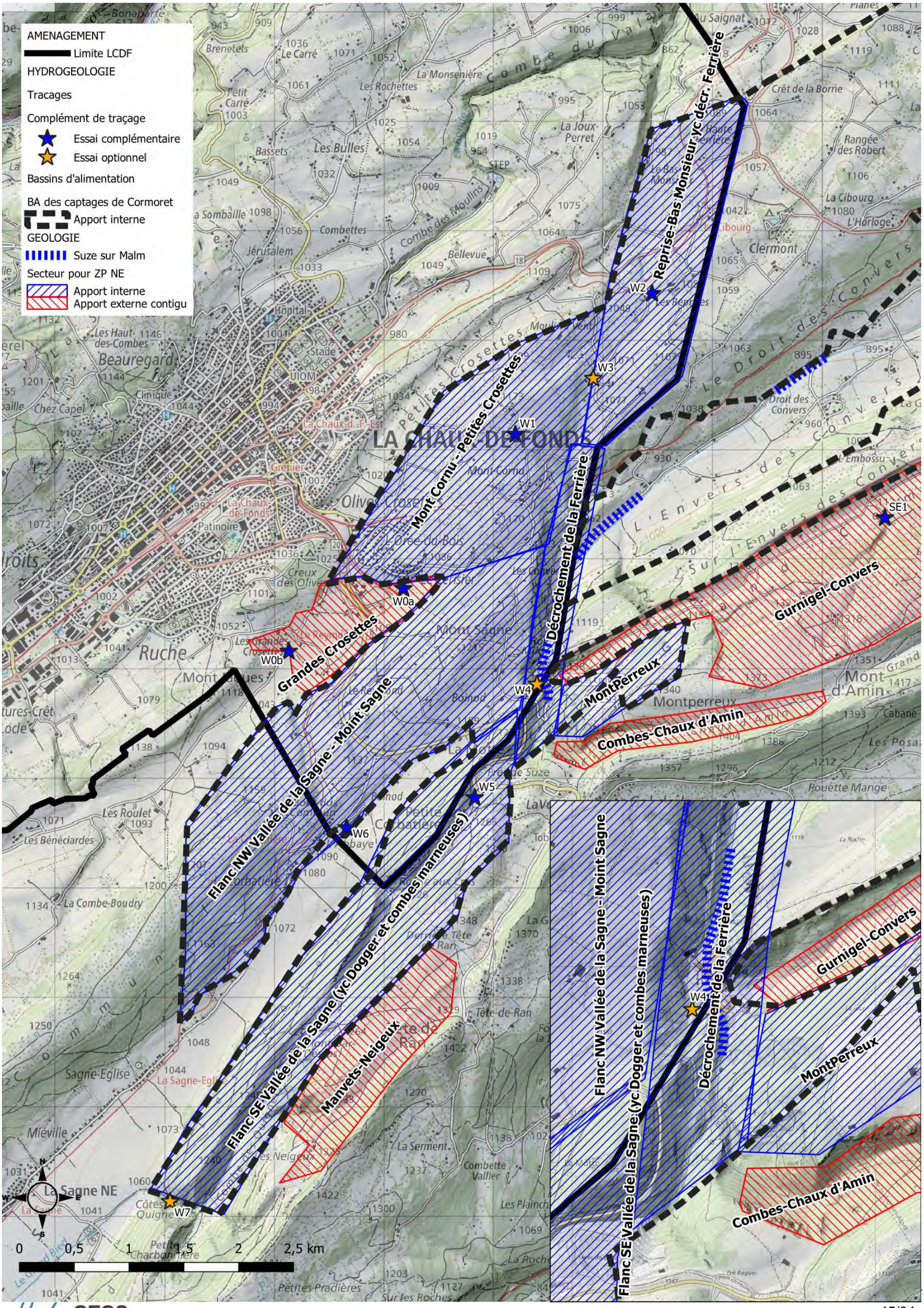
Rapport établi par S. Gogniat

[1] Pour le périmètre non drainé, la limite extérieure à la zone Sm des drainages passe à 94 m et 175 m pour un secteur peu pentu (<10 %) et pentu (>10 %) respectivement, ce qui est représenté par un trait tiré sur l'Annexe 25

ANNEXE 1

Vue d'ensemble des secteurs du BAH débordant sur territoire neuchâtelois.




AMENAGEMENT
Limite LCDF
HYDROGEOLOGIE
Tracages
Complément de traçage
Essai complémentaire
Essai optionnel
Bassins d'alimentation
BA des captages de Cormoret
Apport interne
GEOLOGIE
Suze sur Malm
Secteur pour ZP NE
Apport interne
Apport externe contigu
Reprise-Bas Monsieur yc décr. Ferrière
Mont Cornu - Petites Crosettes
Décrochement de la Ferrière
Grandes Crosettes
Flanc NW Vallée de la Sagne - Moint Sagne
Flanc SE Vallée de la Sagne (yc Dogger et combes marneuses)
Manvets-Neigeux
Gurnigel-Convers
MontPerreux
Combes-Chaux d'Amin
W0a
W0b
W1
W2
W3
W4
W5
W6
W7
SE1
LA CHAUX-DE-FONDS
0 0,5 1 1,5 2 2,5 km

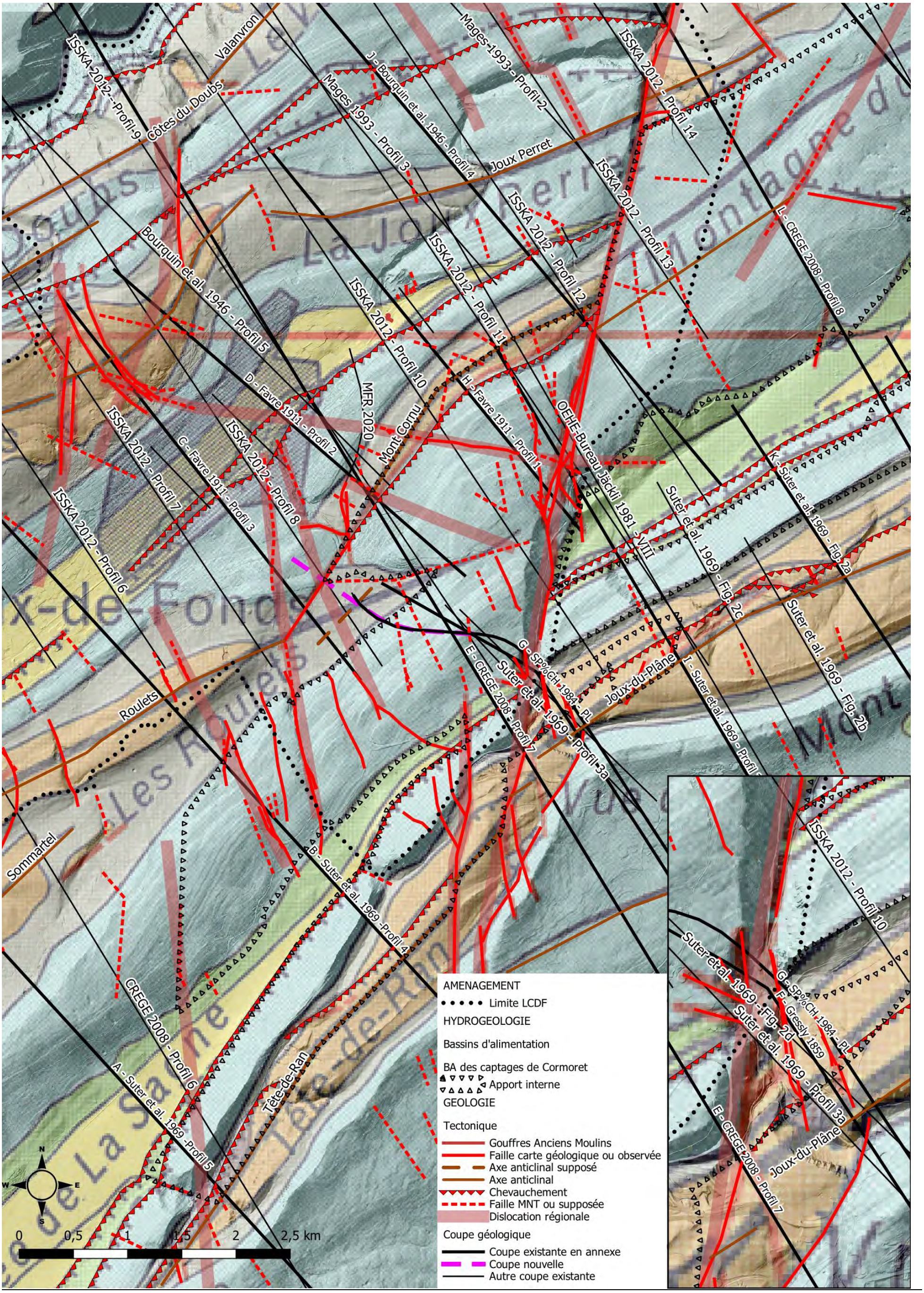
ANNEXE 3

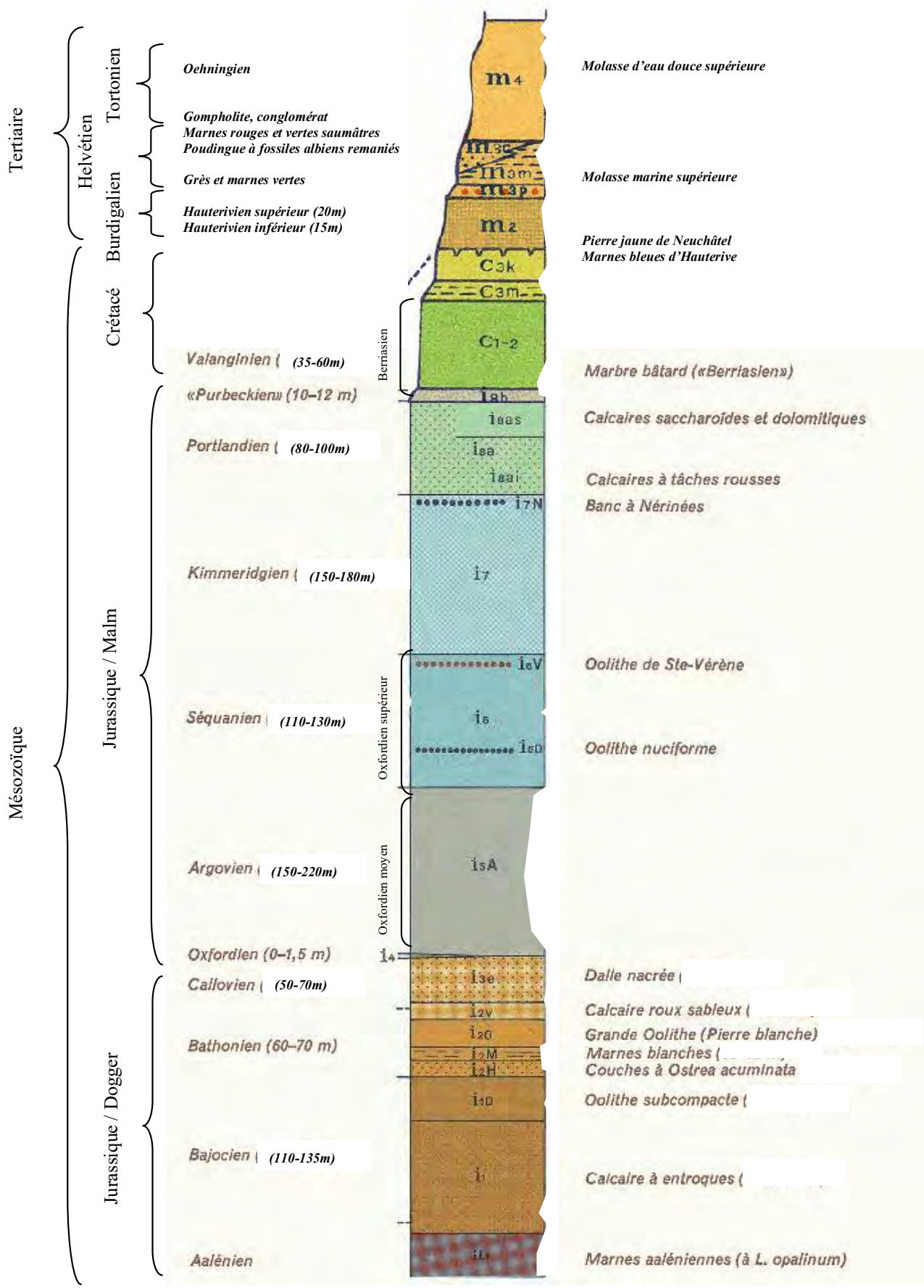
Situation sur fond de cartes géologiques (tiré de {R1}{R2}, légende en Annexe 5), avec traces des coupes géologiques examinées et limites du BAH (apports internes) et de la commune.

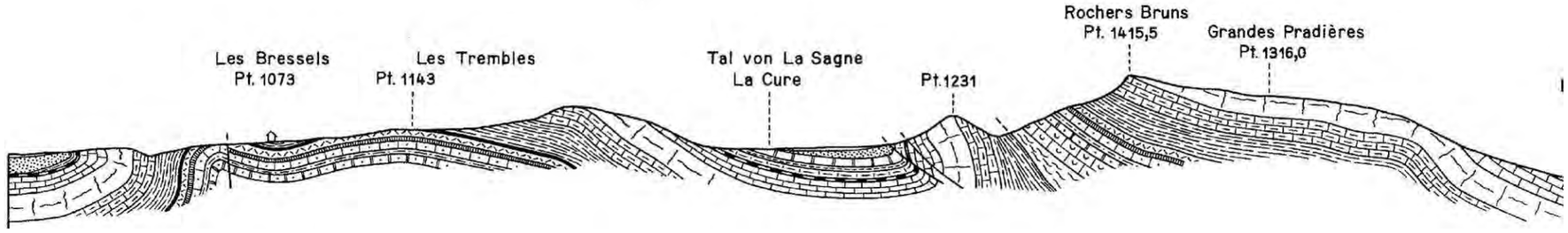


ANNEXE 4

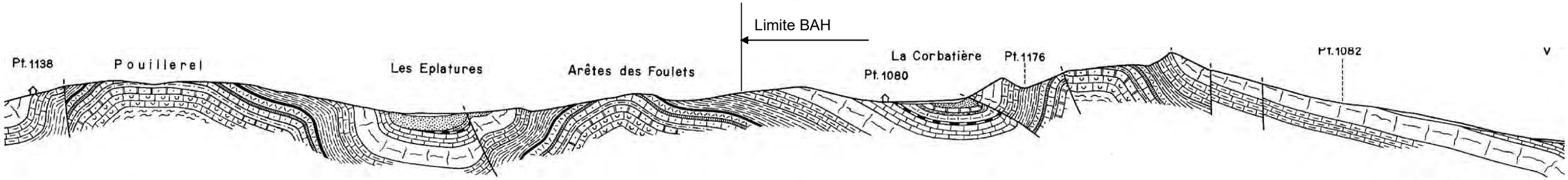
Situation sur fond de carte tectonique (tiré de {R1}, légende en Annexe 5), avec traces des coupes géologiques examinées et limites du BAH (apports internes) et de la commune.



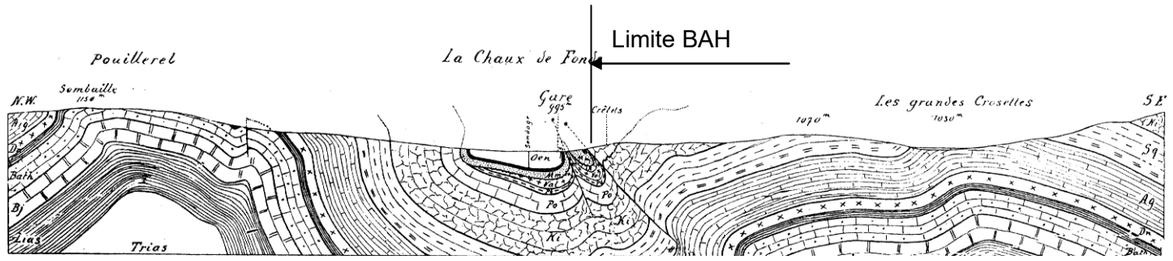

Tertiaire
Mésozoïque
Helvétien
Tortonien
Burdigalien
Crétacé
Jurassique / Malm
Jurassique / Dogger
Oehningien
Gompholite, conglomérat
Marnes rouges et vertes saumâtres
Poudingue à fossiles albiens remaniés
Grès et marnes vertes
Hauterivien supérieur (20m)
Hauterivien inférieur (15m)
Valanginien (35-60m)
«Purbeckien» (10–12 m)
Portlandien (80-100m)
Kimmeridgien (150-180m)
Séquanien (110-130m)
Argovien (150-220m)
Oxfordien (0–1,5 m)
Callovien (50-70m)
Bathonien (60–70 m)
Bajocien (110-135m)
Aalénien
Berriasien
Oxfordien supérieur
Oxfordien moyen
m4
m3c
m3m
m3p
m2
C3k
C3m
C1-2
i8b
i8as
i8a
i8ai
i7N
i7
i6V
i6
i6O
i5A
i4
i3e
i2v
i2O
i2M
i2H
i1O
i1
iL1
Molasse d'eau douce supérieure
Molasse marine supérieure
Pierre jaune de Neuchâtel
Marnes bleues d'Hauterive
Marbre bâtard («Berriasien»)
Calcaires saccharoïdes et dolomitiques
Calcaires à tâches rousses
Banc à Nérinées
Oolithe de Ste-Vérène
Oolithe nuciforme
Dalle nacrée
Calcaire roux sableux
Grande Oolithe (Pierre blanche)
Marnes blanches
Couches à Ostrea acuminata
Oolithe subcompacte
Calcaire à entroques
Marnes aaléniennes (à L. opalinum)



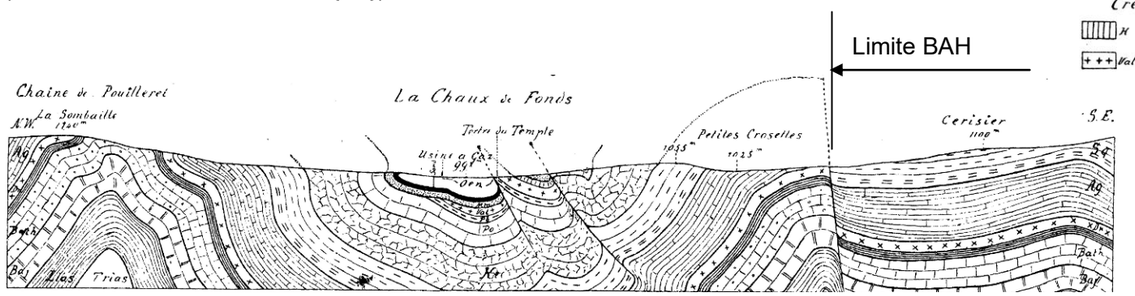
Coupe A (Suter et al. 1969 – Profil 5 [partiel] – tiré de {R1}))



Coupe B (Suter et al. 1969 – Profil 4 [partiel] – tiré de {R1})

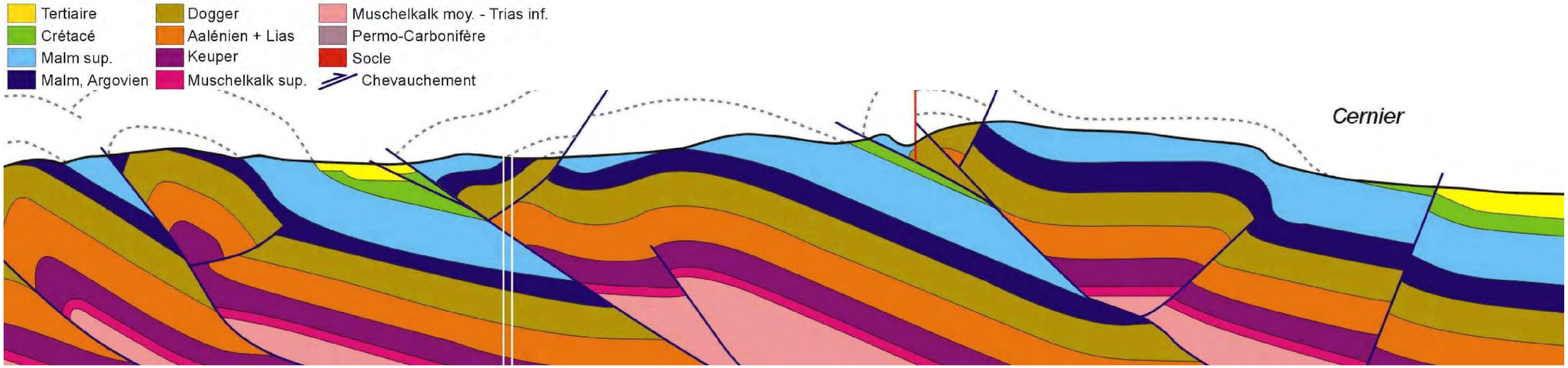


Coupe C (Favre 1911 – Profil 3 – tiré de {R7})

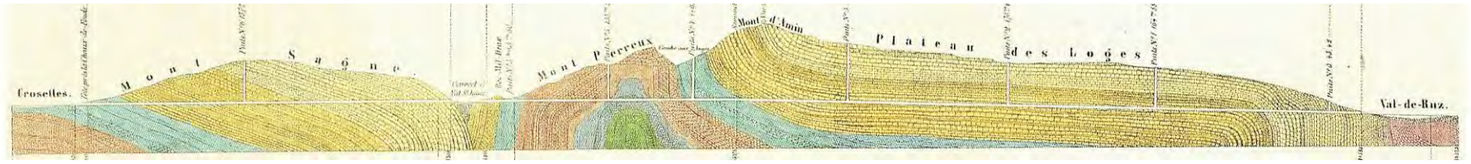


Coupe D (Favre 1911 – Profil 3 – tiré de {R7})

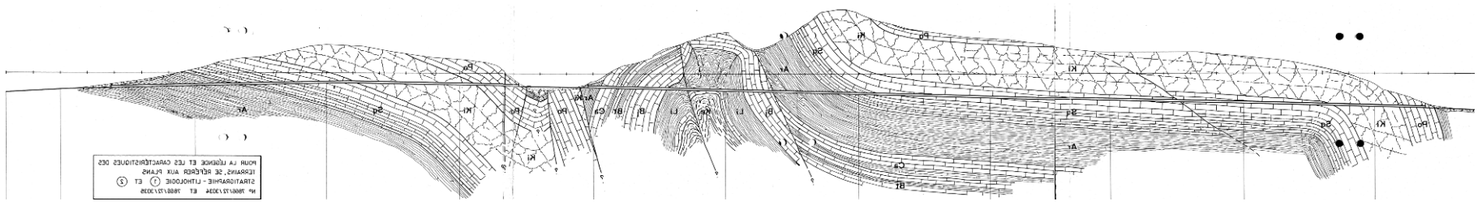




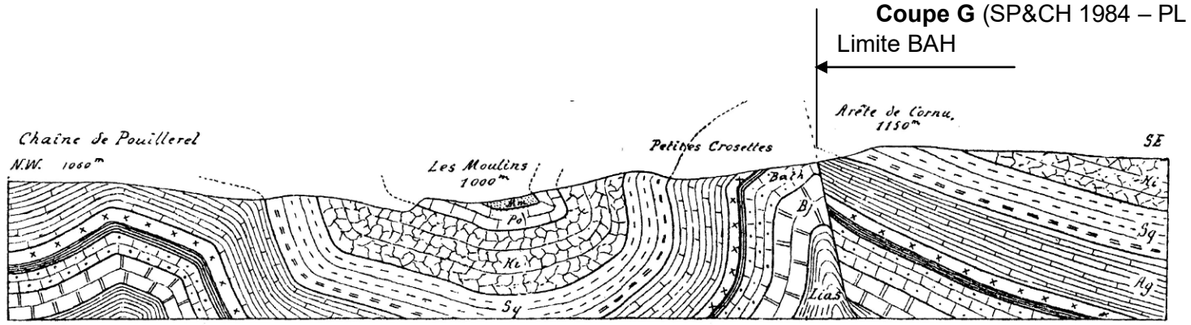
Coupe E (CREGE 2008 – Profil 7 [partiel] – tiré de {R4})



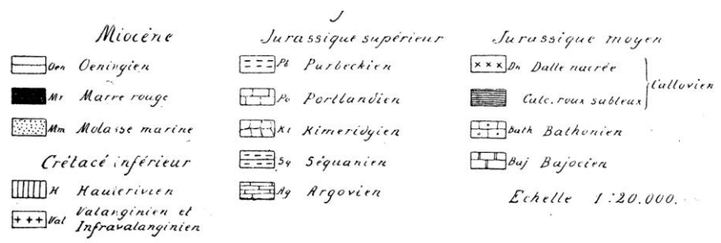
Coupe F (Gressly 1859 – tiré de {R5} dans {R22})



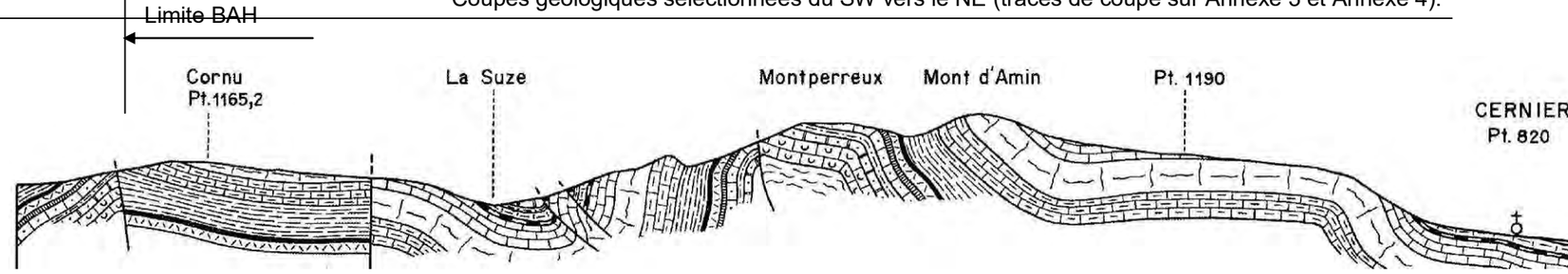
Coupe G (SP&CH 1984 – PL – tiré de {R25})



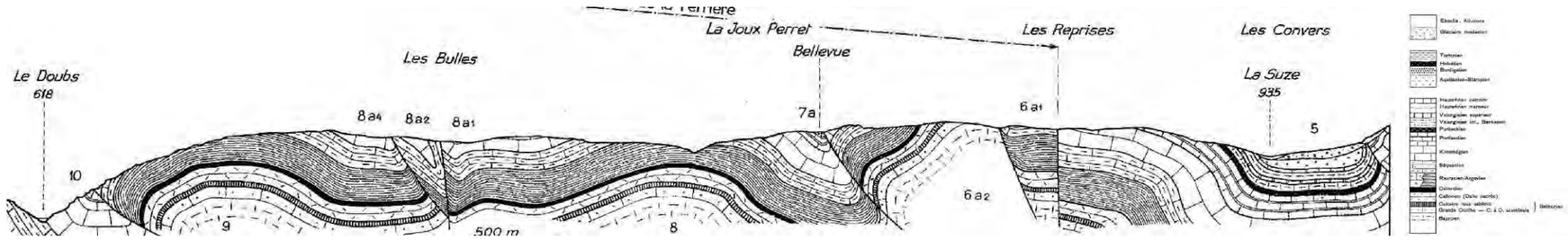
Coupe H (Favre 1911 – Profil 3 – tiré de {R7})



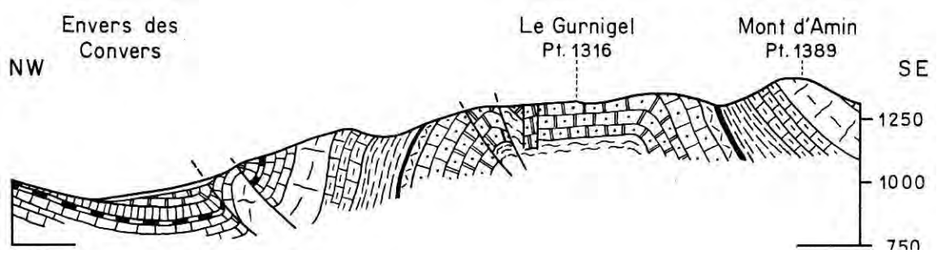
Coupes géologiques sélectionnées du SW vers le NE (traces de coupe sur Annexe 3 et Annexe 4).



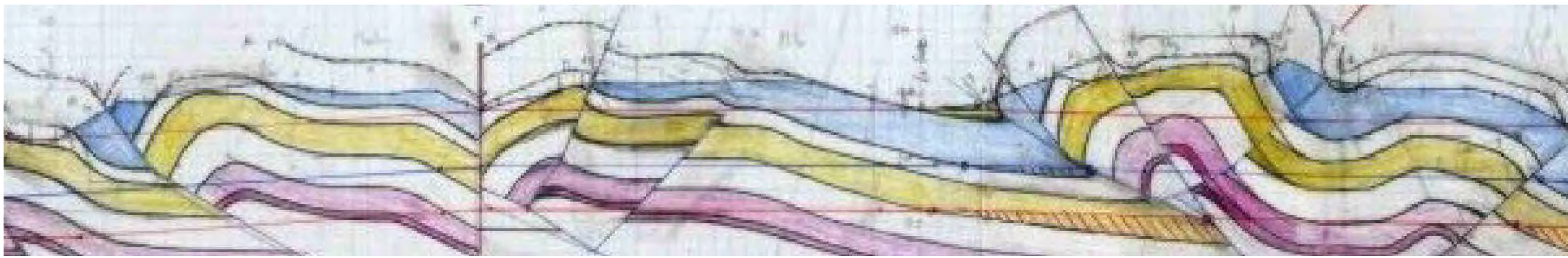
Coupe I (Suter et al. 1969 – Profil 4 [partiel] – tiré de {R1})



Coupe J (Bourquin et al. 1946 – Profil 4 [partiel] – tiré de {R2})



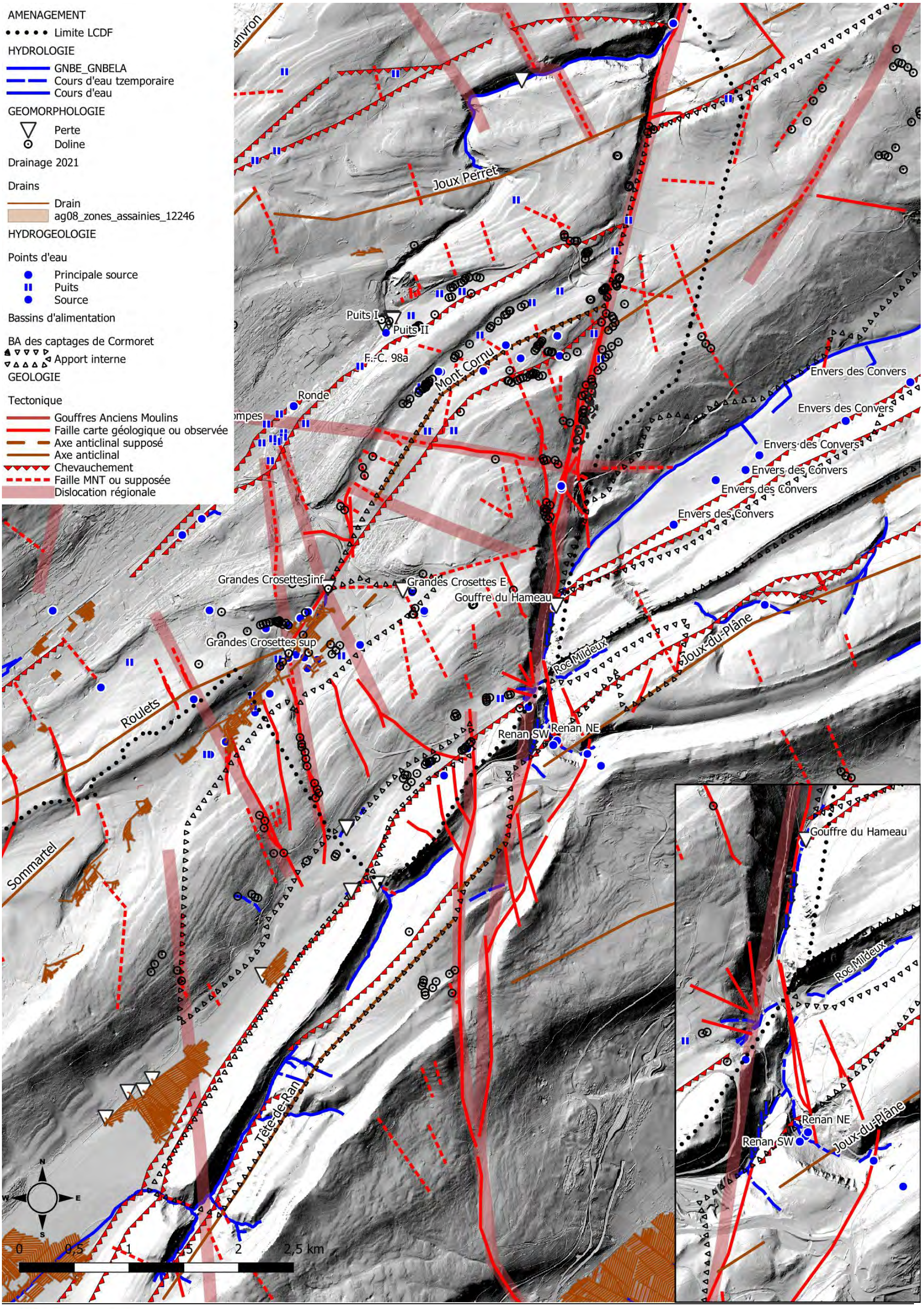
Coupe K (Suter et al. 1969 – Fig. 2a – tiré de {R1})



Coupe L (CREGE 2008 – Profil 8 [partiel] – tiré de {R4})

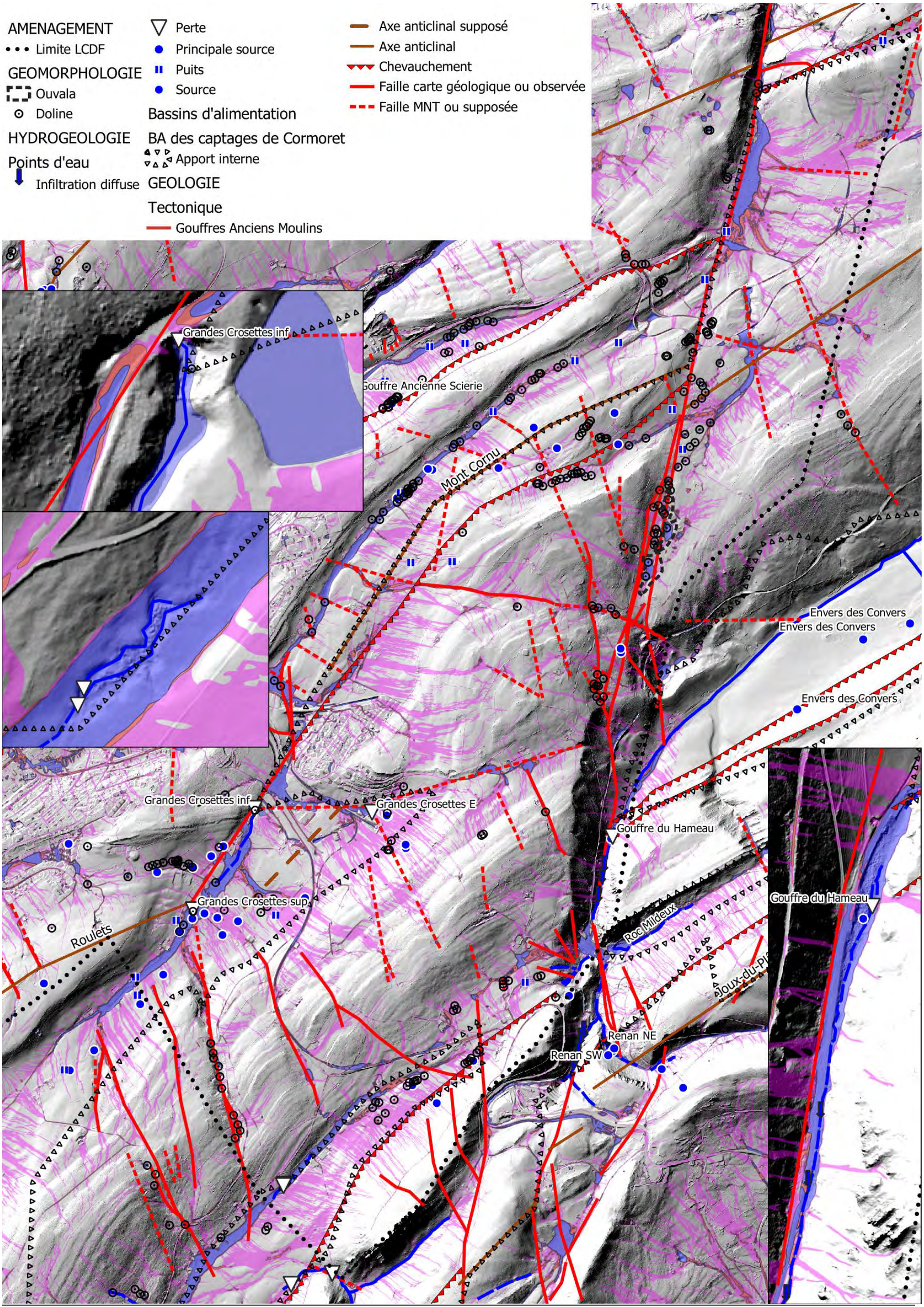
ANNEXE 7

Situation géomorphologique, avec éléments tectoniques et limites du BAH (apports internes) et de la commune.



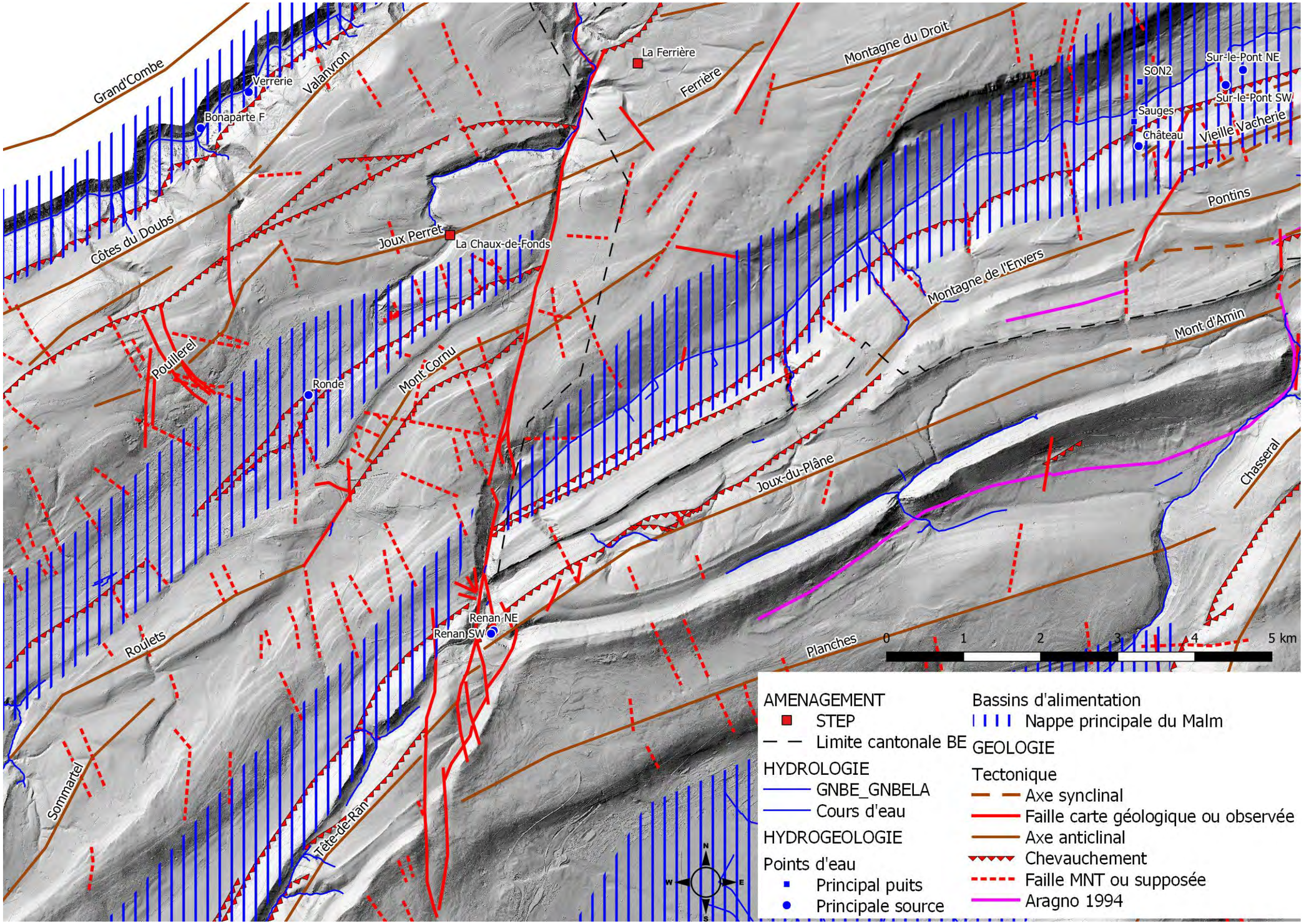
ANNEXE 8

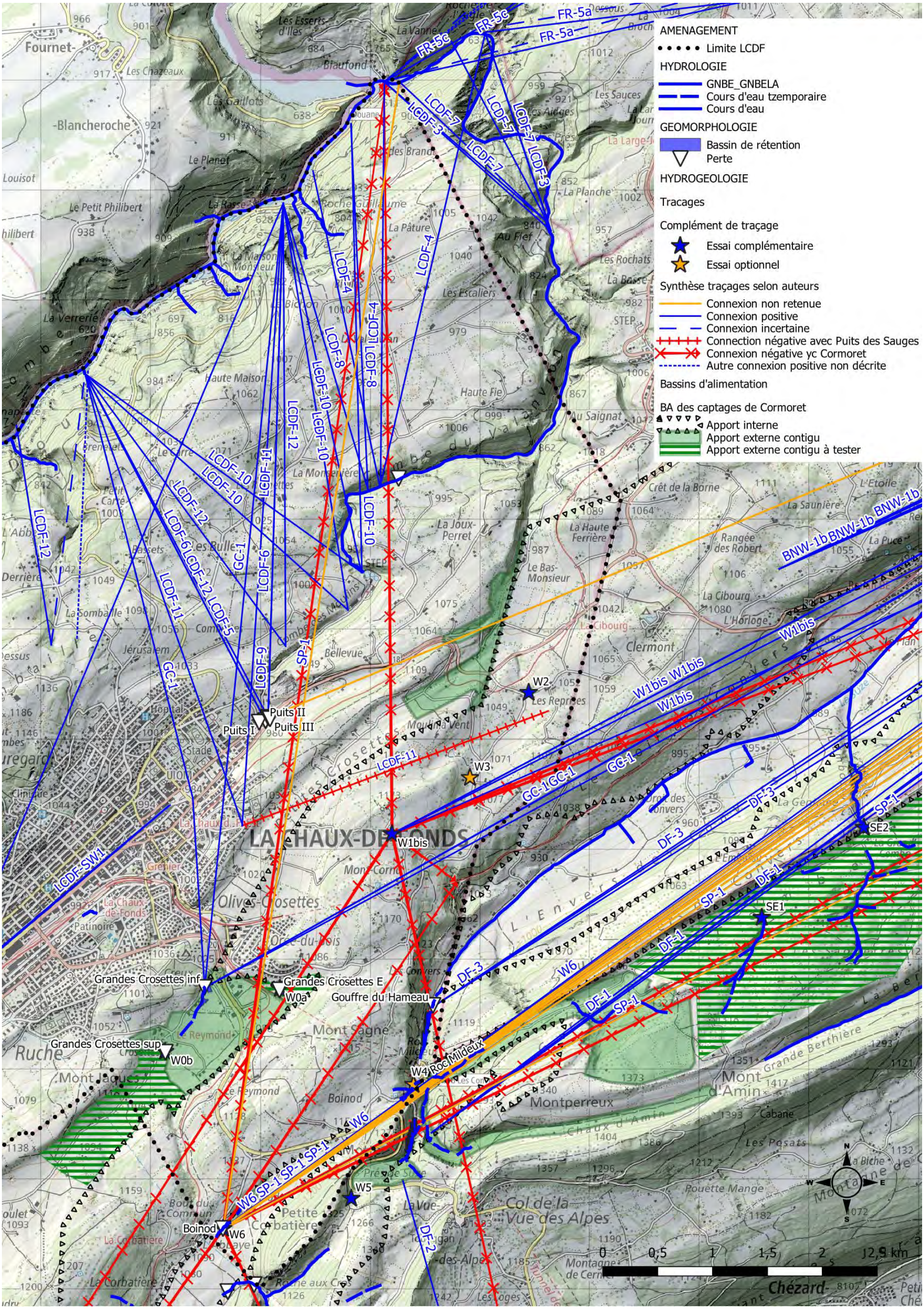
Situation géomorphologique, avec éléments tectoniques et limites du BAH (apports internes) et de la commune, et aléas de ruissellement.

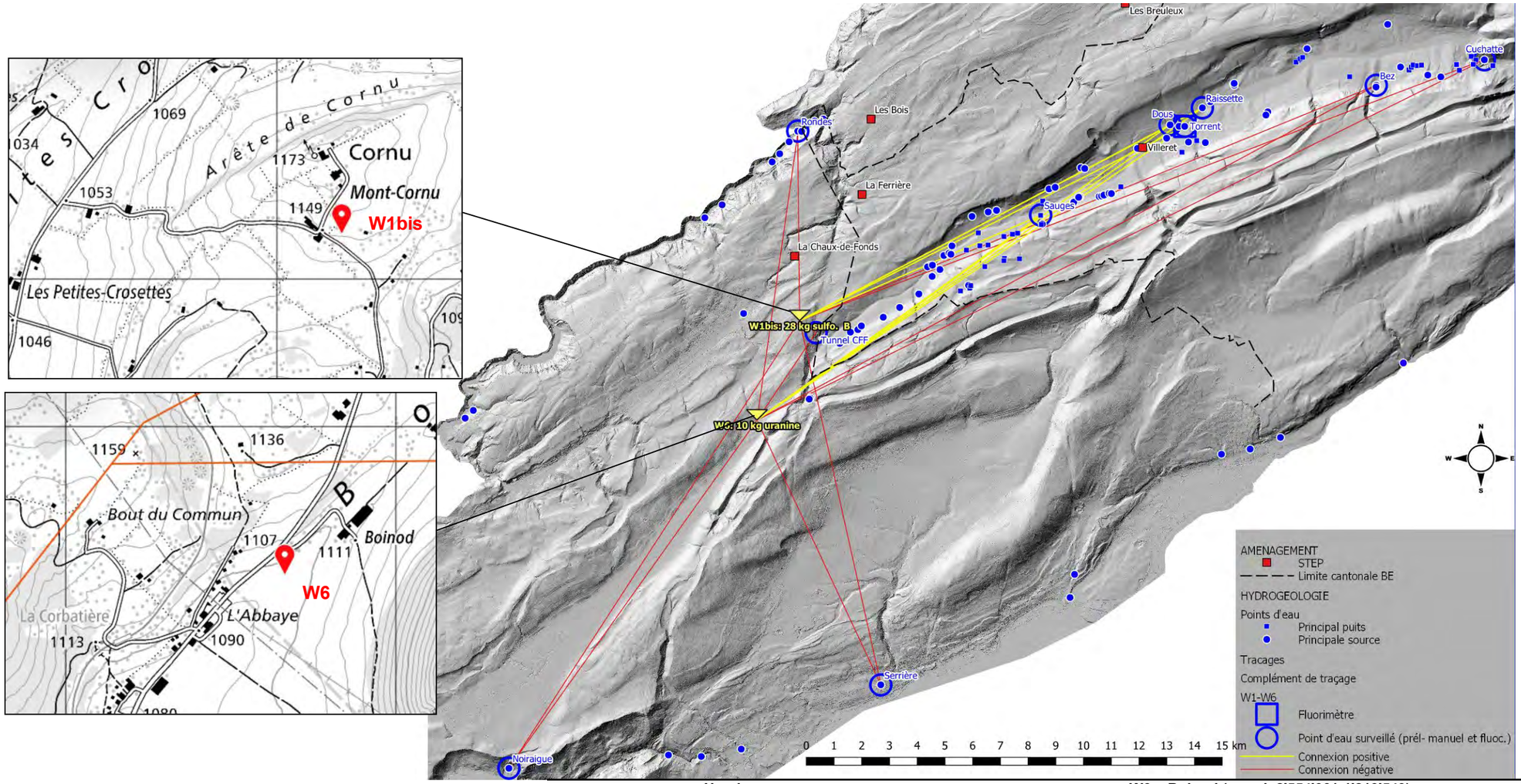


ANNEXE 9

Bassins d'alimentation régionaux théoriques du Malm.




AMENAGEMENT
Limite LCDF
HYDROLOGIE
GNBE_GNBELA
Cours d'eau tzemporaire
Cours d'eau
GEOMORPHOLOGIE
Bassin de rétention
Perte
HYDROGEOLOGIE
Tracages
Complément de traçage
Essai complémentaire
Essai optionnel
Synthèse traçages selon auteurs
Connexion non retenue
Connexion positive
Connexion incertaine
Connection négative avec Puits des Sauges
Connexion négative yc Cormoret
Autre connexion positive non décrite
Bassins d'alimentation
BA des captages de Cormoret
Apport interne
Apport externe contigu
Apport externe contigu à tester
FR-5a
FR-5c
LCDF-7
LCDF-3
LCDF-4
LCDF-8
LCDF-10
LCDF-11
LCDF-12
LCDF-6
LCDF-5
LCDF-9
LCDF-SW1
GC-1
SP-1
DF-3
DF-1
DF-2
BNW-1b
W1bis
W6
Puits I
Puits II
Puits III
W0a
W0b
W1bis
W2
W3
W4
W5
W6
SE1
SE2
Grandes Crosettes inf
Grandes Crosettes E
Grandes Crosettes sup
Gouffre du Hameau
Roc Mildeux
LA CHAUX-DE-FONDS
0 0,5 1 1,5 2 2,9 km

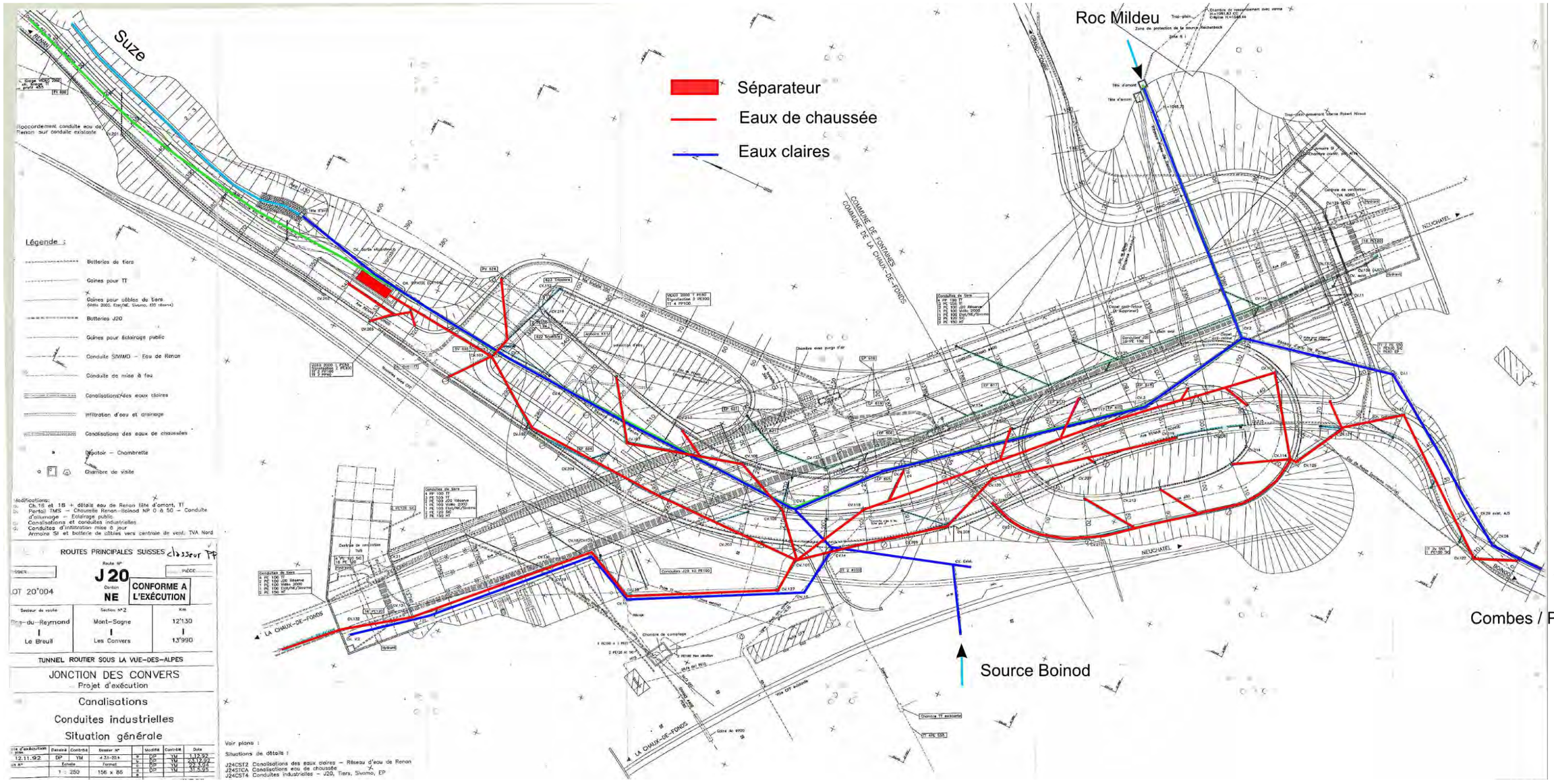


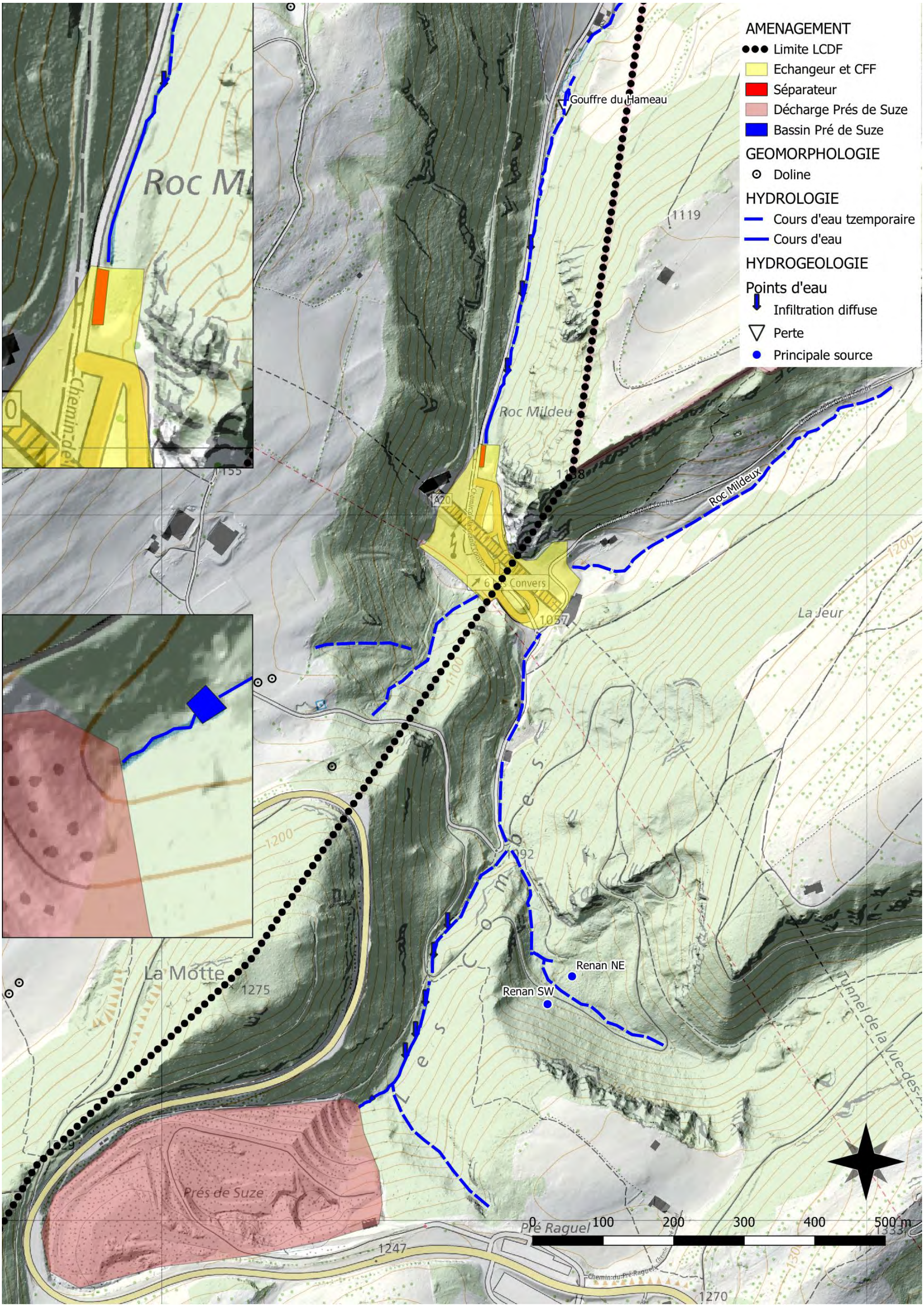
	Uranine								W6 = Boinod (coord. 2'554'661-1'213'549)					
	Débit moyen	Injection	1er arrivée	Pic	Fin	Distance	V (1ere arrivée)	V (pic)	Concentration de pic	Concentration moyenne	Masse restituée	Masse injectée	% Masse injectée	% Total restitué
	(l/min)	(date)	(date)	(date)	(date)	(m)	(m/h)	(m/h)	(ug/l)	(ug/l)	(g)	(kg)	(%)	(%)
Dous	90'762	09.10.24 10:05	15.10.24 06:00	16.10.24 18:00	11.11.24 12:00	18'315.0	130.9	104.1	25.00	1.77	6'471.8	10	64.7	96.1
Torrent	4'327		15.10.24 12:00	16.10.24 22:00	11.11.24 12:00	18'710.0	128.2	104.0	17.21	1.35	226.1		2.26	3.36
Raissette	20'729		15.10.24 12:00	17.10.24 19:00	01.11.24 00:00	19'640.0	134.6	97.8	0.23	0.05	30.1		0.30	0.45
Sauges	2'272		16.10.24 12:00	28.10.24 13:15	11.11.24 00:00	12'630.0	74.3	27.5	0.098	0.013	4.6		0.046	0.07
										Total	6'732.7		67.3	100.0

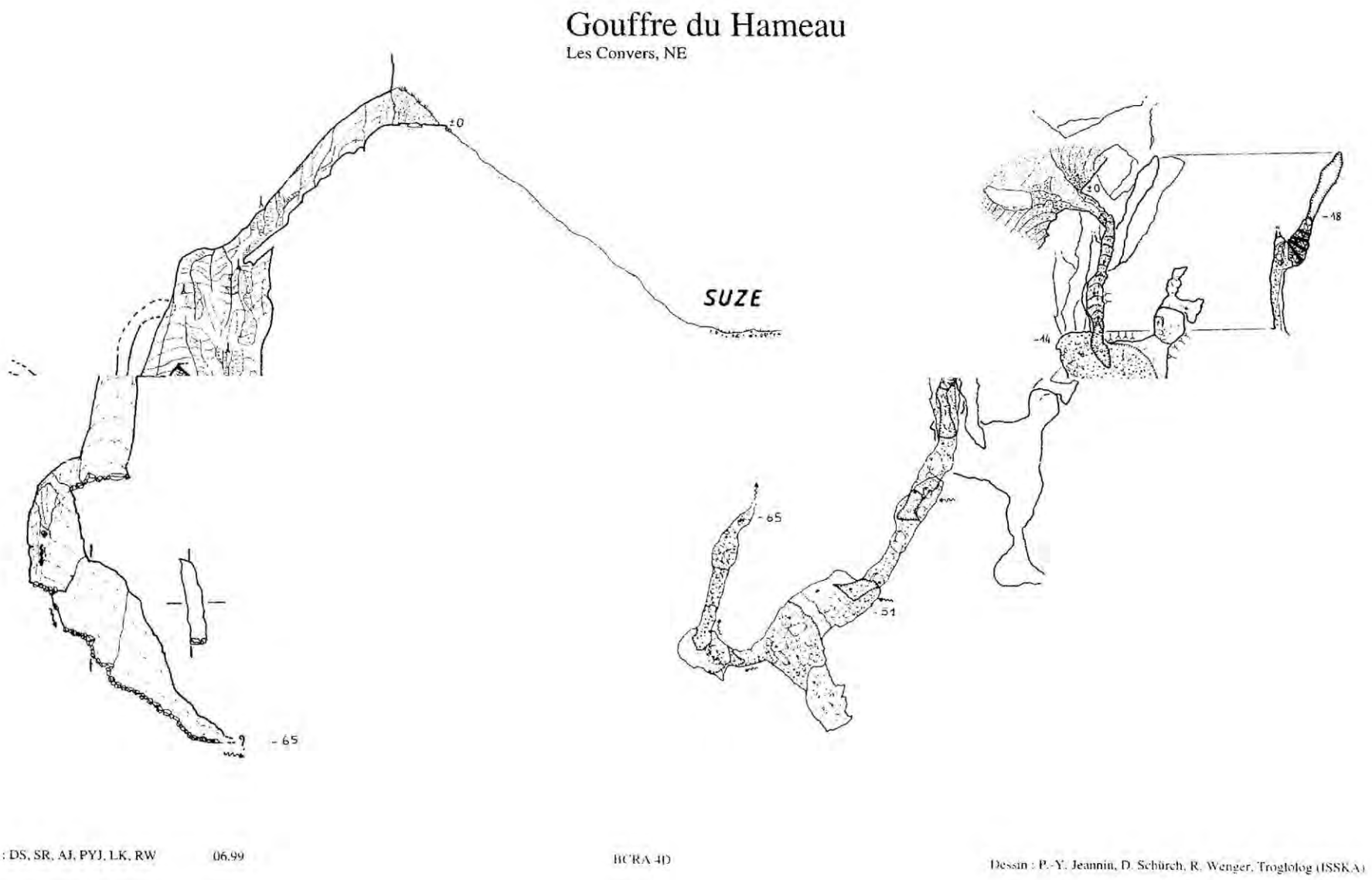
	Sulfo B								W1bis = Mont Cornu (coord. 2'556'197-1'217'137)					
	Débit moyen		1er arrivée	Pic	Fin	Distance	V (1ere arrivée)	V (pic)	Concentration de pic	Concentration moyenne	Masse restituée	Masse injectée	% Masse injectée	% Total restitué
	(l/min)		(date)	(date)	(date)	(m)	(m/h)	(m/h)	(ug/l)	(ug/l)	(g)	(kg)	(%)	(%)
Dous	86'344	09.10.24 13:00	16.10.24 02:00	17.10.24 10:15	11.11.24 12:00	15'110.0	96.2	79.8	41.51	4.13	13'894.1	28	49.62	95.5
Torrent	4'251		16.10.24 02:00	17.10.24 16:00	11.11.24 12:00	15'560.0	99.1	79.8	30.48	3.49	564.8		2.02	3.9
Raissette	19'651		16.10.24 02:09	18.10.24 16:00	01.11.24 00:00	16'450.0	104.7	75.1	0.60	0.13	96.9		0.35	0.7
Sauges	2'272		-	28.10.24 13:15	-	9'490.0	-	20.8	Traces	-	-		> 0	-
										Total	14'555.7		52.0	100.0

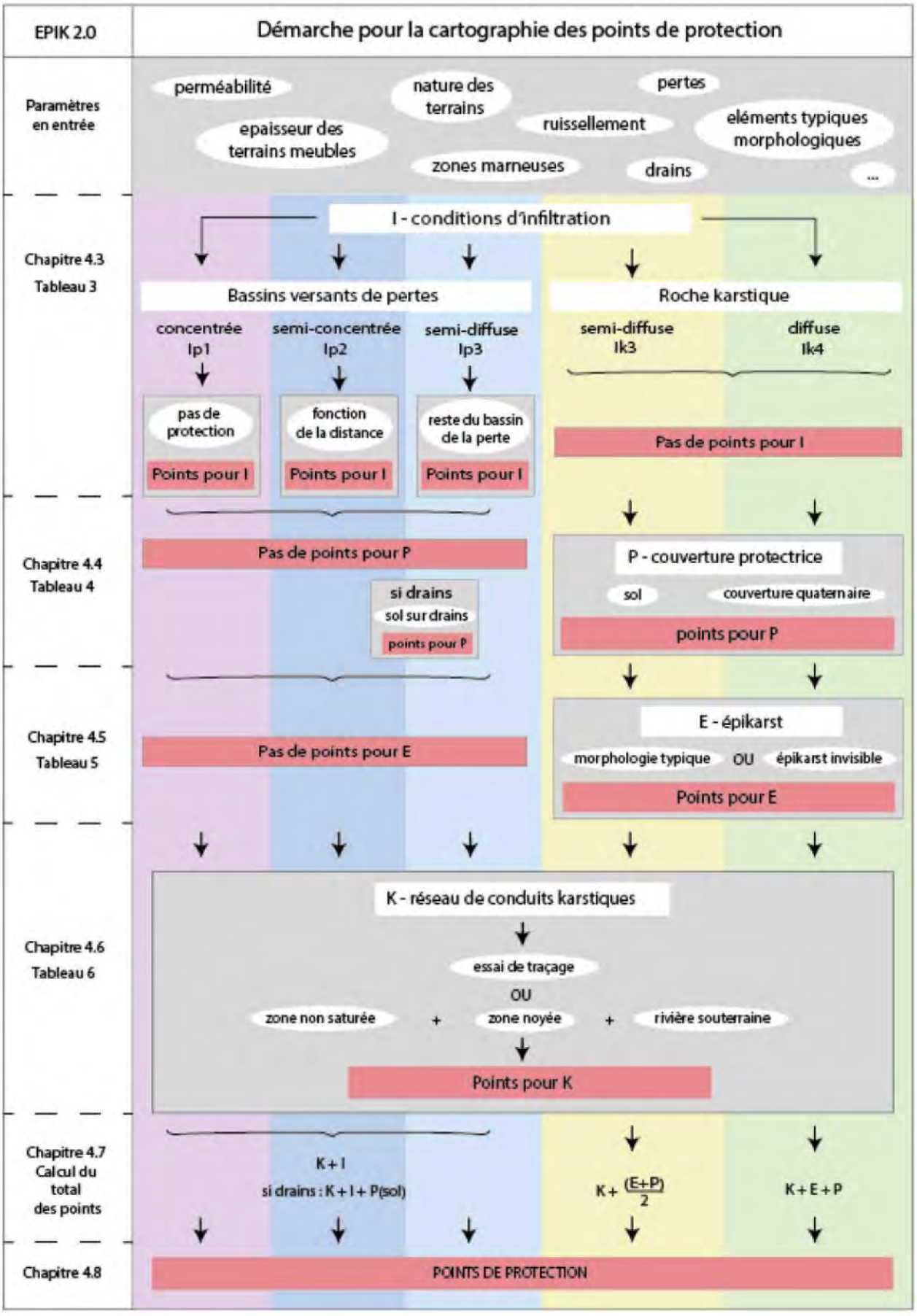
ANNEXE 12

Plan de l'échangeur routier des Convers (reçu des Ponts et Chaussées) avec colorisation des différents types d'eau évacuées en direction de la Suze.




AMENAGEMENT
Limite LCDF
Echangeur et CFF
Séparateur
Décharge Prés de Suze
Bassin Pré de Suze
GEOMORPHOLOGIE
Doline
HYDROLOGIE
Cours d'eau tzemporaire
Cours d'eau
HYDROGEOLOGIE
Points d'eau
Infiltration diffuse
Perte
Principale source
Gouffre du Hameau
Roc Mildeu
Roc Mildeux
Les Convers
La Jeur
La Motte
Prés de Suze
Pré Raguel
Renan NE
Renan SW
Tunnel de la Vue-des-Alpes
Chemin du Pré-Raguel
1119
1155
1138
1057
1247
1270
1275
0 100 200 300 400 500 m

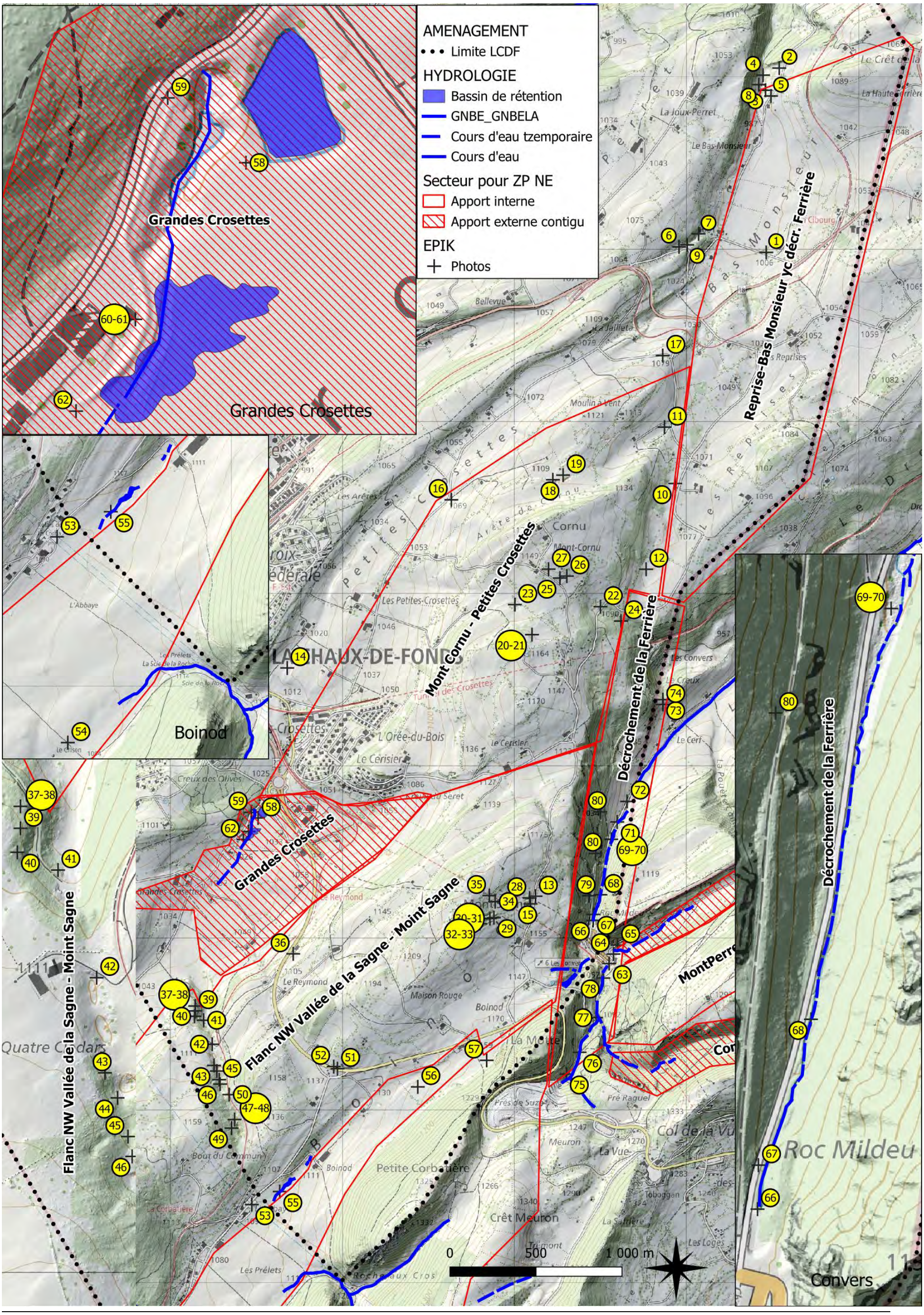

Gouffre du Hameau
Les Convers, NE
SUZE
±0
-65
±0
-18
-44
-65
-51
Topo : DS, SR, AJ, PYJ, LK, RW 06.99
BCRA 4D
Dessin : P.-Y. Jeannin, D. Schürch, R. Wenger, Troglolog (ISSKA)


EPIK 2.0
Démarche pour la cartographie des points de protection
Paramètres en entrée
perméabilité
nature des terrains
pertes
epaisseur des terrains meubles
ruissellement
eléments typiques morphologiques
zones marneuses
drains
...
Chapitre 4.3 Tableau 3
I - conditions d'infiltration
Bassins versants de pertes
Roche karstique
concentrée Ip1
semi-concentrée Ip2
semi-diffuse Ip3
semi-diffuse Ik3
diffuse Ik4
pas de protection
fonction de la distance
reste du bassin de la perte
Points pour I
Pas de points pour I
Chapitre 4.4 Tableau 4
Pas de points pour P
si drains
sol sur drains
points pour P
P - couverture protectrice
sol
couverture quaternaire
points pour P
Chapitre 4.5 Tableau 5
Pas de points pour E
E - épikarst
morphologie typique
OU
épikarst invisible
Points pour E
Chapitre 4.6 Tableau 6
K - réseau de conduits karstiques
essai de traçage
OU
zone non saturée
+
zone noyée
+
rivière souterraine
Points pour K
Chapitre 4.7 Calcul du total des points
K + I
si drains : K + I + P(sol)
K + (E+P)/2
K + E + P
Chapitre 4.8
POINTS DE PROTECTION

Point(s) de protection attribué(s)	Min	Max	Remarques / Explicatif
Critère P (et I pour BV perte)			
Sol et/ou lehm d'altération (décalcification) sans Quaternaire			
Dans le BV d'une perte			
Alimentation rapide de la perte (cours d'eau)	0	0	Y compris les bassins de rétention ou autres ouvrages associés
Alimentation rapide de la perte (drainages)	0	2	0: Drainage abimé et/ou sans couverture 2: Drainage sous 20-30 cm de terre végétale et/ou matériaux de remblai
Reste du BV de la perte (I)	1	8	Selon la distance au ruisseau et aux drainages et pentes (selon tableau 1 de EPIK 2.0)
Hors BV de perte	0	1	0: Calcaire subaffleurant sans sol ni argiles de décalcification 1: Terre végétale et/ou placage discontinu d'argiles de décalcification et/ou horizon B
Quaternaire			
Remplissage peu important < 1m	1	3	Remplissage de dépression (moraine altérée, colluvions, loess). 1: Faciès très perméable 5: Faciès peu perméable
Remplissage moyen 1-2 m	2	7	Placages (moraine altérée, lehm des cartes géologiques, éboulis/colluvions). 2: Faciès perméable 7: Faciès peu perméable
Remplissage important > 2 m	3	10	Moraine cartographiée en tant que telle. 3: Faciès perméable 10: Faciès peu perméable
Carrière remblayée	2	7	Remblai hétérogène, d'épaisseur inconnue et variable. 2: Globalement perméable 7: Globalement peu perméable
Carrière ouverte	0	1	Calcaire subaffleurant. 0: affleurant 1: avec placage de matériaux résiduels issus de l'exploitation
Critère E			
Avec morphologie typique			
Gouffre, perte	0	0	Selon le tableau 5 de EPIK 2.0
Doline, lapiaz	1	1	
Faille avec zone déprimée	1	2	D'après le tableau 5 de EPIK 2.0
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines	0	1	
Faille avec perte ponctuelle ou diffuse	0	1	
Sans morphologie typique	3	5	Selon le tableau 5 de EPIK 2.0
Carrière remblayée ou ouverte	0	5	0: karst ouvert mis à jour, décoiffé 5: épikarst supprimé par l'exploitation

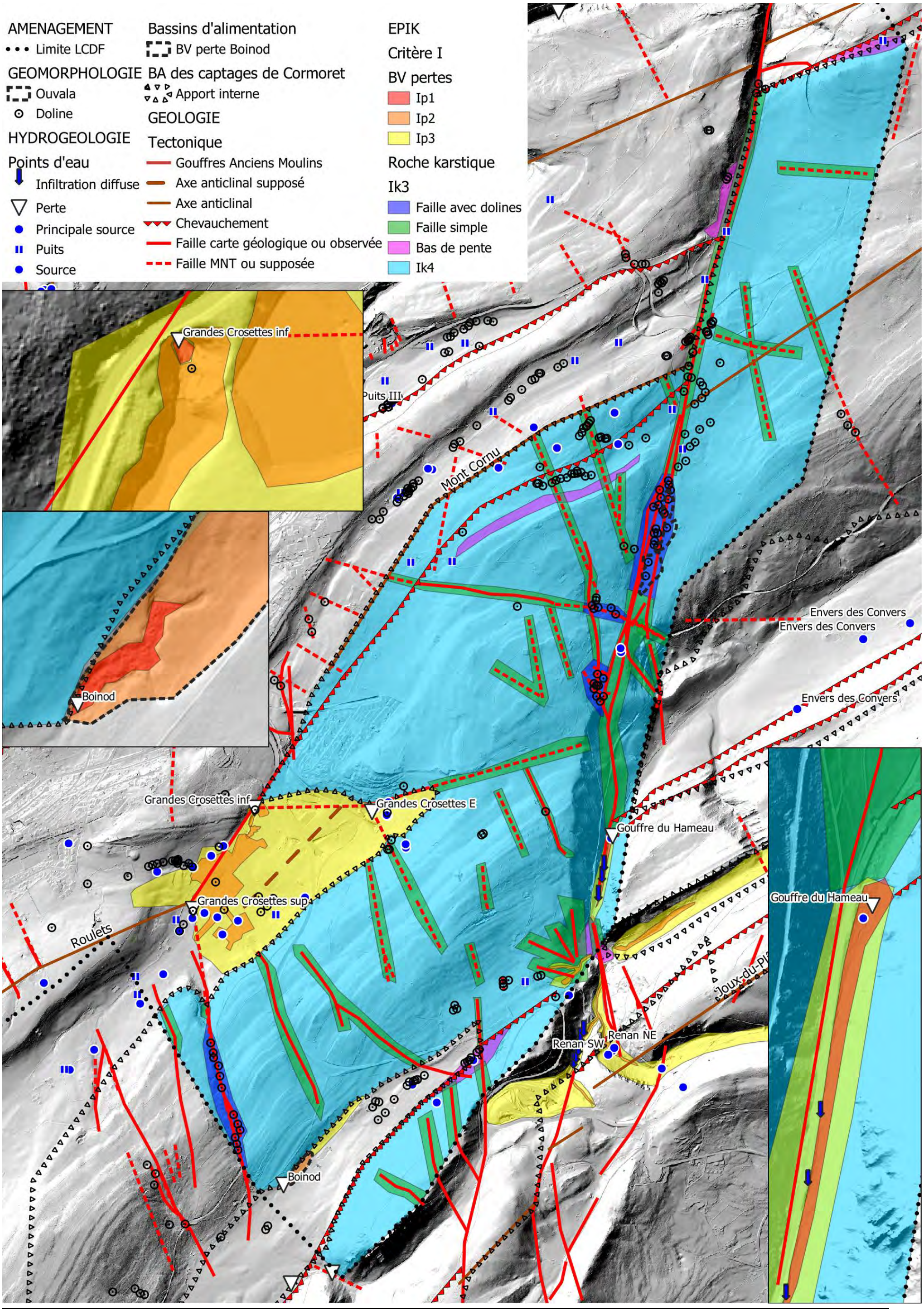
ANNEXE 17

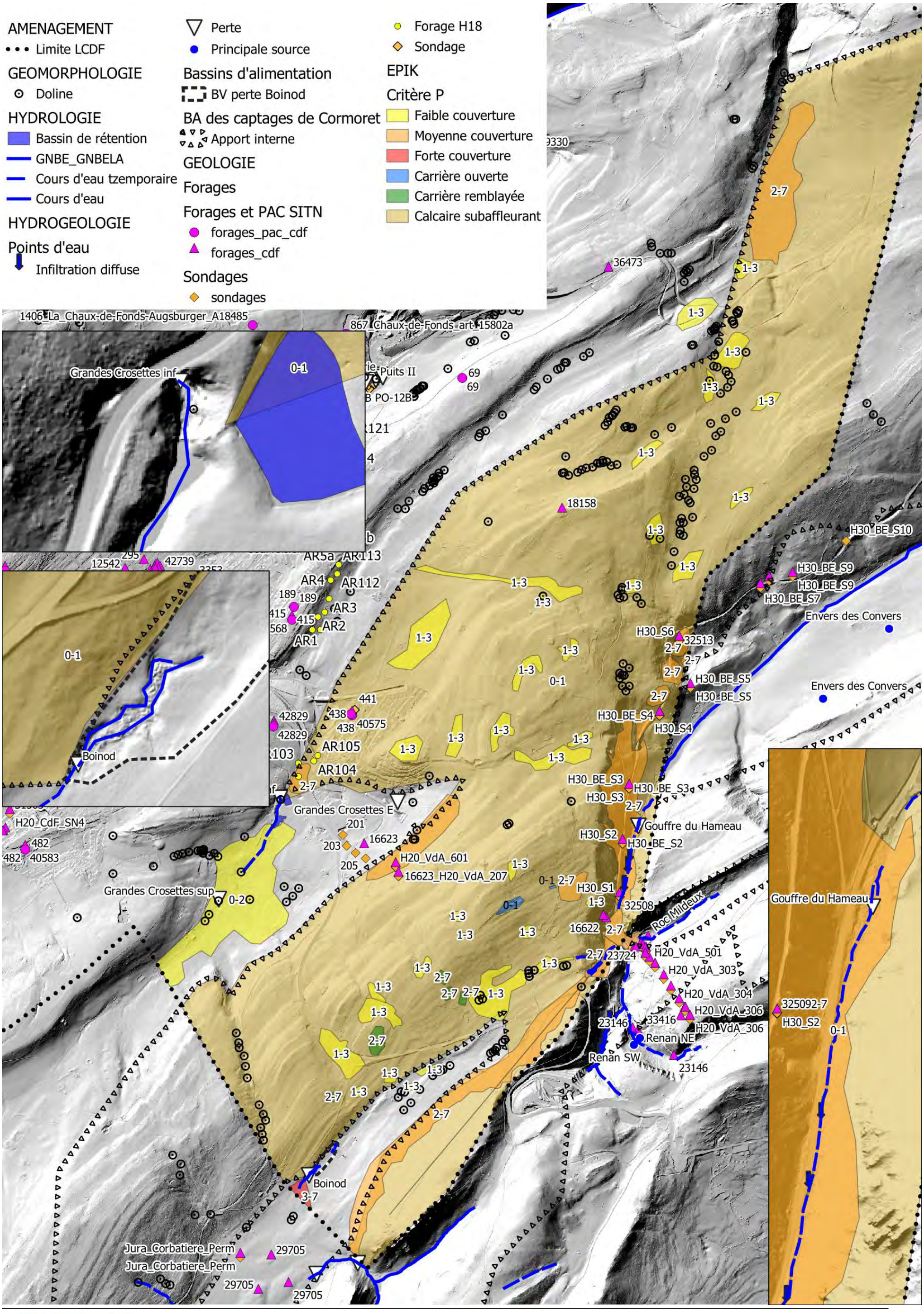
Carte des endroits des photographies, avec délimitation des secteurs d'étude.

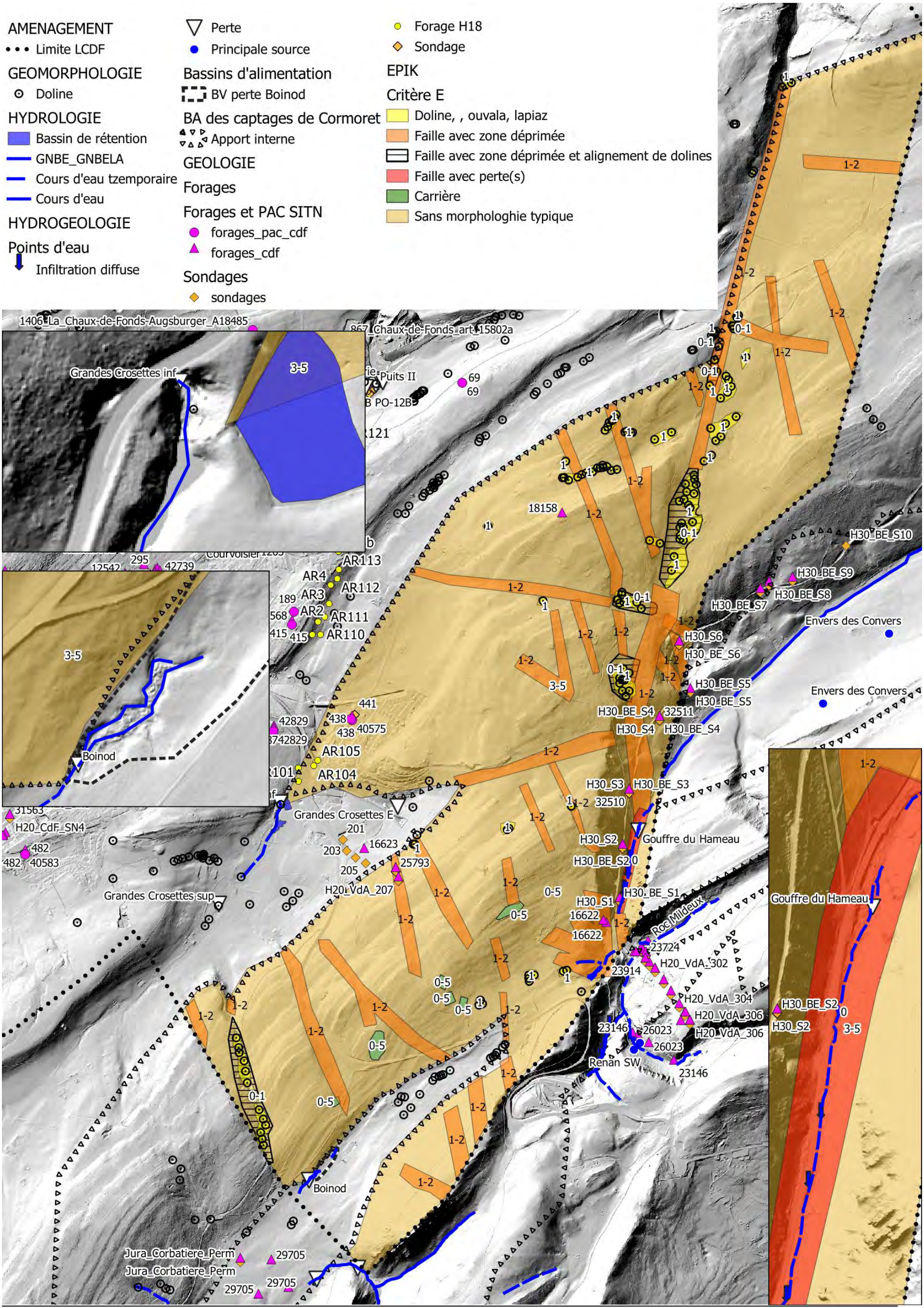


ANNEXE 18
Carte des classes d'infiltration (critère I).

AMENAGEMENT
Limite LCDF
GEOMORPHOLOGIE
Ouvala
Doline
HYDROGEOLOGIE
Points d'eau
Infiltration diffuse
Perte
Principale source
Puits
Source
Bassins d'alimentation
BV perte Boinod
BA des captages de Cormoret
Apport interne
GEOLOGIE
Tectonique
Gouffres Anciens Moulins
Axe anticlinal supposé
Axe anticlinal
Chevauchement
Faille carte géologique ou observée
Faille MNT ou supposée
EPIK
Critère I
BV pertes
Ip1
Ip2
Ip3
Roche karstique
Ik3
Faille avec dolines
Faille simple
Bas de pente
Ik4




AMENAGEMENT
Limite LCDF
GEOMORPHOLOGIE
Doline
HYDROLOGIE
Bassin de rétention
GNBE_GNBELA
Cours d'eau tzemporaire
Cours d'eau
HYDROGEOLOGIE
Points d'eau
Infiltration diffuse
Perte
Principale source
Bassins d'alimentation
BV perte Boinod
BA des captages de Cormoret
Apport interne
GEOLOGIE
Forages
Forages et PAC SITN
forages_pac_cdf
forages_cdf
Sondages
sondages
Forage H18
Sondage
EPIK
Critère P
Faible couverture
Moyenne couverture
Forte couverture
Carrière ouverte
Carrière remblayée
Calcaire subaffleurant
1406_La_Chaux-de-Fonds-Augsburger_A18485
867_Chaux-de-Fonds_art_15802a
Grandes Crosettes inf
Puits II
Grandes Crosettes sup
Grandes Crosettes E
Boinod
Gouffre du Hameau
Renan NE
Renan SW
Envers des Convers
Roc Mildeux
Jura_Corbatiere_Perm
H20_CdF_SN4
H20_VdA_601
16623_H20_VdA_207
H20_VdA_501
H20_VdA_303
H20_VdA_304
H20_VdA_306
H30_BE_S10
H30_BE_S9
H30_BE_S7
H30_S6
H30_BE_S5
H30_BE_S4
H30_S4
H30_BE_S3
H30_S3
H30_S2
H30_BE_S2
H30_S1
AR1
AR2
AR3
AR4
AR5a
AR104
AR105
AR112
AR113
0-1
0-2
1-3
2-7
3-7
36473
18158
32513
32508
23724
23146
33416
16622
29705
325092-7


AMENAGEMENT
Limite LCDF
GEOMORPHOLOGIE
Doline
HYDROLOGIE
Bassin de rétention
GNBE_GNBELA
Cours d'eau tzemporaire
Cours d'eau
HYDROGEOLOGIE
Points d'eau
Infiltration diffuse
Perte
Principale source
Bassins d'alimentation
BV perte Boinod
BA des captages de Cormoret
Apport interne
GEOLOGIE
Forages
Forages et PAC SITN
forages_pac_cdf
forages_cdf
Sondages
sondages
Forage H18
Sondage
EPIK
Critère E
Doline, , ouvala, lapiaz
Faille avec zone déprimée
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines
Faille avec perte(s)
Carrière
Sans morphologhie typique
Grandes Crosettes inf
Boinod
Grandes Crosettes E
Grandes Crosettes sup
Renan SW
Gouffre du Hameau
Envers des Convers
Roc Mildeux
Jura_Corbatiere_Perm
1406_La_Chaux-de-Fonds-Augsburger_A18485
867_Chaux-de-Fonds_art_15802a

Mont Cornu

Points de protection			**Géozone d'infiltration-type** 1a Calcaires affleurants peu pentus sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		1b Calcaires affleurants pentus (pied de pente) sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		1c Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire		2a Faille simple sans couverture quaternaire		2b Faille avec faible couverture quaternaire		2c Faille avec alignement de dolines sans couverture		3a Doline/ouvala sans remplissage (non colmatée)		3b Doline/ouvala avec remplissage (colmatée)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Critère I		**Classe / Critère**																
Concentrée	Perte	Ip1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-concentrée	Perte	Ip2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-diffuse	Perte	Ip3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration diffuse	Reste du BAH	Ik4	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration semi-diffuse	Reste du BAH	Ik3	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille	Reste du BAH	?	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Doline	Reste du BAH	Ip2?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Critère P																		
Sol et/ou lehm d'altération sans Quaternaire			0	1	0	1	-	-	0	1	-	-	0	1	0	1	-	-
Quaternaire																		
Remplissage peu important, placage < 1m			-	-	-	-	1	3	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3
Remplissage moyen lentille 1-2 m																		
Remplissage important > 2 m			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère E																		
Avec morphologie typique																		
Gouffre, perte			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
Doline, lapiaz, ouvala			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Faille avec zone déprimée			-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
Faille avec pertes diffuses									-	-	-	-	-	-				
Sans morphologie typique			3	5	3	5	3	5	-	-	-	-			-	-	-	-
Critère K																		
(1) Point de base			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(2) Selon tableau																		
Zone non staurée sous perte		1 point pour 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non saturée (infiltration diffuse et semi-diffuse		1 point si > 300 m de ZNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière souterraine		1 point si > 5km parcouru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone noyée		1 point pour 2.5 km de parcours	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92	5.80	6.92
(3) Selon essais de traçage		1 point pour 2 jours de temps de passage (pic)	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55	5.49	6.55
Distance horizontale (km)			*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*	*14.5*	*17.3*
Essai considéré		*W1bis*																
V (pic) (m/h)		*55*																
T (pic) (heure)			*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*	*263.6*	*314.5*
T (pic) (jour)			*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*	*11.0*	*13.1*
Conditions hydro		*ME*																
Valeur retenue = (1) + {min (2) et (3)}			6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55	6.49	7.55
TOTAL			9.49	13.55	7.99	10.55	10.49	15.55	7.49	10.55	8.49	12.55	6.49	9.55	7.49	9.55	8.49	11.55
Protection			Modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Modérée	Modérée	Elevée	Faible à modérée	Modérée	faible à modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	faible à modérée	Faible à modérée	Modérée
Zone de protection			Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Au-Ao	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
MOYENNE MIN-MAX			11.5		9.3		13.0		9.0		10.5		8.0		8.5		10.0	
Protection			Modérée		Modérée		Modérée à forte		Faible à modérée		Modérée		Faible à modérée		Modérée		Modérée	
Zone de protection			Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm	
ZONE RETENUE			**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sh**		**Sm**		**Sm**	

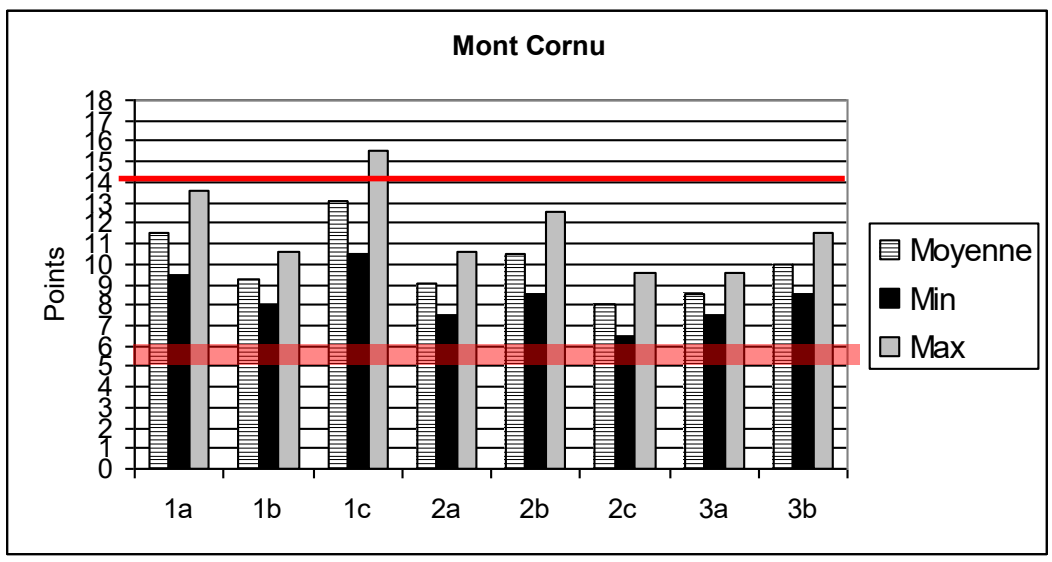
Bas Monsieur - Reprises			**Géozone d'infiltration-type**																	
			1a		**1b**		**1c**		**1d**		**2a**		**2b**		**2c**		**3a**		**3b**	
Points de protection			Calcaires affleurants peu pentus sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		Calcaires affleurants pentus (pied de pente) sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire		Calcaires sans morphologie sous moyenne couverture quaternaire		Faille simple sans couverture quaternaire		Faille avec faible couverture quaternaire		Faille avec alignement de dolines sans couverture		Doline/ouvala sans remplissage (non colmatée)		Doline/ouvala avec remplissage (colmatée)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Critère I		**Classe / Critère**																		
Concentrée	Perte	Ip1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-concentrée	Perte	Ip2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-diffuse	Perte	Ip3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration diffuse	Reste du BAH	Ik4	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration semi-diffuse	Reste du BAH	Ik3	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille	Reste du BAH	?	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Doline	Reste du BAH	Ip2?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Critère P																				
Sol et/ou lehm d'altération sans Quaternaire			0	1	0	1	-	-	-	-	0	1	-	-	0	1	0	1	-	-
Quaternaire																				
Remplissage peu important, placage < 1m			-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3
Remplissage moyen lentille 1-2 m									2	7										
Remplissage important > 2 m			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère E																				
Avec morphologie typique																				
Gouffre, perte			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	
Doline, lapiaz, ouvala			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Faille avec zone déprimée			-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-
Faille avec pertes diffuses										-	-	-	-	-	-	-				
Sans morphologie typique			3	5	3	5	3	5	3	5	-	-	-	-			-	-	-	-
Critère K																				
(1) Point de base			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(2) Selon tableau																				
Zone non staurée sous perte		1 point pour 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non saturée (infiltration diffuse et semi-diffuse		1 point si > 300 m de ZNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière souterraine		1 point si > 5km parcouru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone noyée		1 point pour 2.5 km de parcours	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64	4.88	5.64
(3) Selon essais de traçage		1 point pour 2 jours de temps de passage (pic)	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34	4.62	5.34
Distance horizontale (km)			*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*	*12.2*	*14.1*
Essai considéré		*W1bis*																		
V (pic) (m/h)		*55*																		
T (pic) (heure)			*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*	*221.8*	*256.4*
T (pic) (jour)			*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*	*9.2*	*10.7*
Conditions hydro		*ME*																		
Valeur retenue = (1) + {min (2) et (3)}			5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34	5.62	6.34
TOTAL			8.62	12.34	7.12	9.34	9.62	14.34	10.62	18.34	6.62	9.34	7.62	11.34	5.62	8.34	6.62	8.34	7.62	10.34
Protection			Faible à modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	faible à modérée	Faible à modérée	Modérée à forte	Modérée	Elevée	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Modérée	Faible	Faible à modérée	Faible à modérée	faible à modérée	Faible à modérée	Modérée
Zone de protection			Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Au-Ao	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
MOYENNE MIN-MAX			10.5		8.2		12.0		14.5		8.0		9.5		7.0		7.5		9.0	
Protection			Modérée		Modérée		Modérée à forte		Modérée à forte		Faible à modérée		Faible à modérée		Faible à modérée		Faible à modérée		Faible à modérée	
Zone de protection			Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm	
ZONE RETENUE			**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sh**		**Sm**		**Sm**	

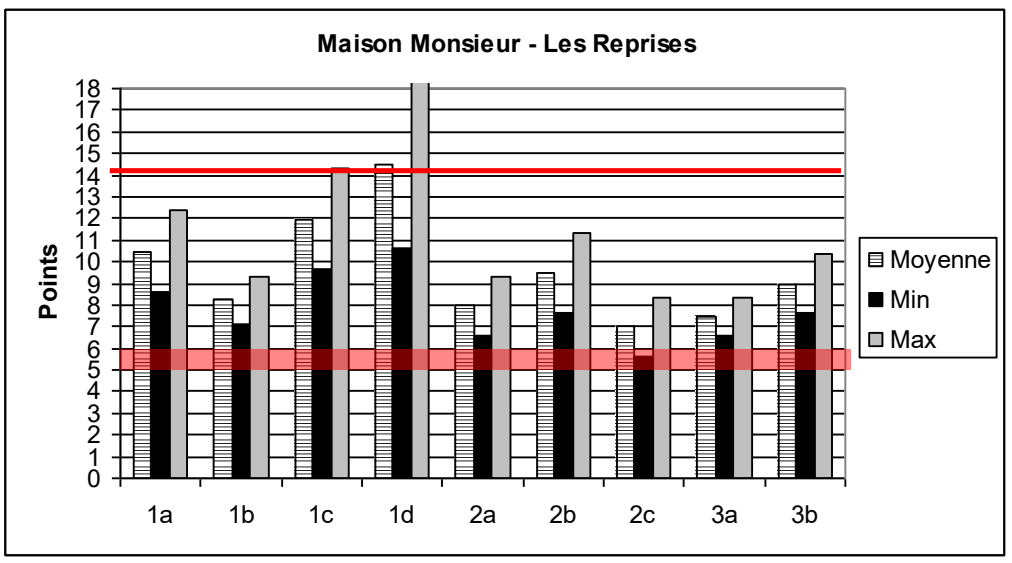
Mont Sagne et flanc SE			**Géozone d'infiltration-type**																													
			1a		**1b**		**1c**		**1d**		**2a**		**2b**		**2c**		**3a**		**3b**			**4a**		**4b**		**4d**		**5a**		**5b**	
Points de protection			Calcaires affleurants peu pentus sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		Calcaires affleurants pentus (pied de pente) sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire		Calcaires sans morphologie sous moyenne couverture quaternaire		Faille simple sans couverture quaternaire		Faille avec faible couverture quaternaire		Faille avec alignement de dolines sans couverture		Doline/ouvala sans remplissage (non colmatée)		Doline/ouvala avec remplissage (colmatée)			Perte de Boinod		Alimentation rapide de la perte (cours d'eau)		Reste du BV de la perte		Carrière remblayée		Carrière ouverte	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Critère I		**Classe / Critère**																														
Concentrée	Perte	Ip1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Semi-concentrée	Perte	Ip2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	0	0	-	-	-	-	-	-
Semi-diffuse	Perte	Ip3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	1	8	-	-	-	-
Infiltration diffuse	Reste du BAH	Ik4	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
Infiltration semi-diffuse	Reste du BAH	Ik3	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille	Reste du BAH	?	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doline	Reste du BAH	Ip2?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère P																																
Sol et/ou lehm d'altération sans Quaternaire			0	1	0	1	-	-	-	-	0	1	-	-	0	1	0	1	-	-		-	-	-	-	0	0	-	-	0	1
Quaternaire																																
Remplissage peu important, placage < 1m			-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplissage moyen lentille 1-2 m									2	7																			2	7	-	-
Remplissage important > 2 m			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère E																																
Avec morphologie typique																																
Gouffre, perte			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Doline, lapiaz, ouvala			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée			-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec pertes diffuses									-	-	-	-	-	-	-	-																
Carrière remblayée ou ouverte																													0	5	0	5
Sans morphologie typique			3	5	3	5	3	5	3	5	-	-	-	-			-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère K																																
(1) Point de base			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(2) Selon tableau																																
Zone non staurée sous perte		1 point pour 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non saturée (infiltration diffuse et semi-diffuse		1 point si > 300 m de ZNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière souterraine		1 point si > 5km parcouru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone noyée		1 point pour 2.5 km de parcours	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40		7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	7.40	6.36	7.40	6.36	7.40
(3) Selon essais de traçage		1 point pour 2 jours de temps de passage (pic)	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01	6.02	7.01		4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	6.02	7.01	6.02	7.01
Distance horizontale (km)			*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*		*18.5*	*18.5*	*18.5*	*18.5*	*18.5*	*18.5*	*15.9*	*18.5*	*15.9*	*18.5*
Essai considéré		*W1bis*																														
V (pic) (m/h)		*55*																			*85*											
T (pic) (heure)			*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*		*217.6*	*217.6*	*217.6*	*217.6*	*217.6*	*217.6*	*289.1*	*336.4*	*289.1*	*336.4*
T (pic) (jour)			*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*		*9.1*	*9.1*	*9.1*	*9.1*	*9.1*	*9.1*	*12.0*	*14.0*	*12.0*	*14.0*
Conditions hydro		*ME*																			*ME*											
Valeur retenue = (1) + {min (2) et (3)}			7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01	7.02	8.01		5.53	5.53	5.53	5.53	5.53	5.53	7.02	8.01	7.02	8.01
TOTAL			10.02	14.01	8.52	11.01	11.02	16.01	12.02	20.01	8.02	11.01	9.02	13.01	7.02	10.01	8.02	10.01	9.02	12.01		5.53	5.53	5.53	5.53	6.53	13.53	9.02	20.01	7.02	14.01
Protection			Modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Modérée	Modérée	Elevée	Modérée	Elevée	Faible à modérée	Modérée	Faible à modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Modérée	Faible à modérée	Modérée	Faible à modérée	Modérée		Faible	Faible	Faible	Faible	Faible à modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Elevée	Faible à modérée	Modérée
Zone de protection			Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Au-Ao	Sm	Au-Ao	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm		Sh	Sh	Sh	Sh	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
MOYENNE MIN-MAX			12.0		9.8		13.5		16.0		9.5		11.0		8.5		9.0		10.5			5.5		5.5		10.0		14.5		10.5	
Protection			Modérée		Modérée		Modérée à forte		Elevée		Faible à modérée		Modérée		Faible à modérée		Faible à modérée		Modérée			Faible		Faible		Modérée		Modérée à forte		Modérée	
Zone de protection			Sm		Sm		Sm		Au-Ao		Sm		Sm		Sm		Sm		Sm			Sh		Sh		Sm		Sm		Sm	
ZONE RETENUE			**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sh**		**Sm**		**Sm**			**Sh**		**Sh**		**Sm**		**Sm**		**Sm**	

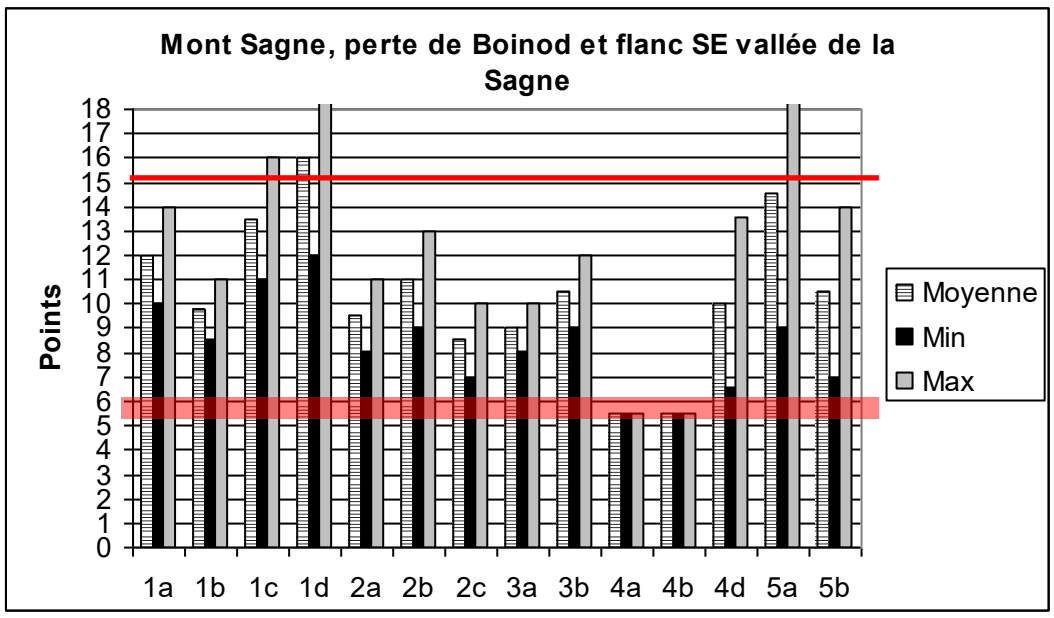
Décrochement de la Ferrière

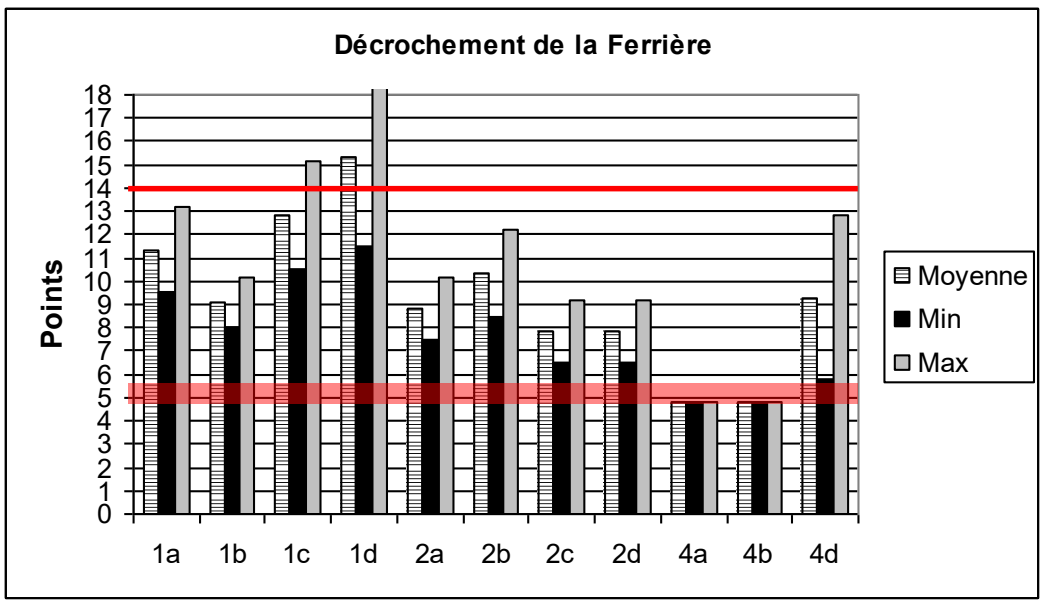
Points de protection			**Géozone d'infiltration-type** 1a: Calcaires affleurants peu pentus sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		1b: Calcaires affleurants pentus (pied de pente) sans morphologie typique ni faille ni Quaternaire		1c: Calcaires sans morphologie sous faible couverture quaternaire		1d: Calcaires sans morphologie sous moyenne couverture quaternaire		2a: Faille simple sans couverture quaternaire		2b: Faille avec faible couverture quaternaire		2c: Faille avec alignement de dolines sans couverture		2d: Faille avec pertes diffuses		4a: Perte du Gouffre du Hameau		4b: Alimentation rapide de la perte (cours d'eau)		4d: Reste du BV de la perte	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Critère I		**Classe / Critère**																						
Concentrée	Perte	Ip1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-
Semi-concentrée	Perte	Ip2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
Semi-diffuse	Perte	Ip3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8
Infiltration diffuse	Reste du BAH	Ik4	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration semi-diffuse	Reste du BAH	Ik3	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille	Reste du BAH	?	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Doline	Reste du BAH	Ip2?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
Critère P																								
Sol et/ou lehm d'altération sans Quaternaire			0	1	0	1	-	-	-	-	0	1	-	-	0	1	0	1	-	-	-	-	0	0
Quaternaire																								
Remplissage peu important, placage < 1m			-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Remplissage moyen lentille 1-2 m									2	7														
Remplissage important > 2 m			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère E																								
Avec morphologie typique																								
Gouffre, perte			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-
Doline, lapiaz, ouvala			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée			-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec pertes diffuses									-	-	-	-	-	-	-	-	0	1						
Sans morphologie typique			3	5	3	5	3	5	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère K																								
(1) Point de base			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(2) Selon tableau																								
Zone non staurée sous perte		1 point pour 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non saturée (infiltration diffuse et semi-diffuse		1 point si > 300 m de ZNS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière souterraine		1 point si > 5km parcouru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone noyée		1 point pour 2.5 km de parcours	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52	5.80	6.52		6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
(3) Selon essais de traçage		1 point pour 2 jours de temps de passage (pic)	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17	5.49	6.17		3.80	3.80	3.80	3.80	3.80	3.80
Distance horizontale (km)			*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*	*14.5*	*16.3*		*15.5*	*15.5*	*15.5*	*15.5*	*15.5*	*15.5*
Essai considéré		*W1bis*																						
V (pic) (m/h)		*55*																	*85*					
T (pic) (heure)			*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*	*263.6*	*296.4*		*182.4*	*182.4*	*182.4*	*182.4*	*182.4*	*182.4*
T (pic) (jour)			*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*	*11.0*	*12.3*		*7.6*	*7.6*	*7.6*	*7.6*	*7.6*	*7.6*
Conditions hydro		*ME*																	*ME*						
Valeur retenue = (1) + {min (2) et (3)}			6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17	6.49	7.17		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
TOTAL			9.49	13.17	7.99	10.17	10.49	15.17	11.49	19.17	7.49	10.17	8.49	12.17	6.49	9.17	6.49	9.17		4.80	4.80	4.80	4.80	5.80	12.80
Protection			Faible à modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Modérée	Modérée	Elevée	Modérée	Forte	Faible à modérée	Modérée	Modérée	Modérée à forte	Faible à modérée	Modérée	Faible à modérée	Modérée		Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Modérée à forte
Zone de protection			Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Au-Ao	Sm	Au-Ao	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm		Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sm
MOYENNE MIN-MAX			11.3		9.1		12.8		15.3		8.8		10.3		7.8		7.8			4.8		4.8		9.3	
Protection			Modérée		Faible à modérée		Modérée à forte		Elevée		Faible à modérée		Modérée		Faible à modérée		Faible à modérée			Faible		Faible		Faible à modérée	
Zone de protection			Sm		Sm		Sm		Au-Ao		Sm		Sm		Sm		Sm			Sh		Sh		Sm	
ZONE RETENUE			**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sm**		**Sh**		**Sh**			**Sh**		**Sh**		**Sm**	

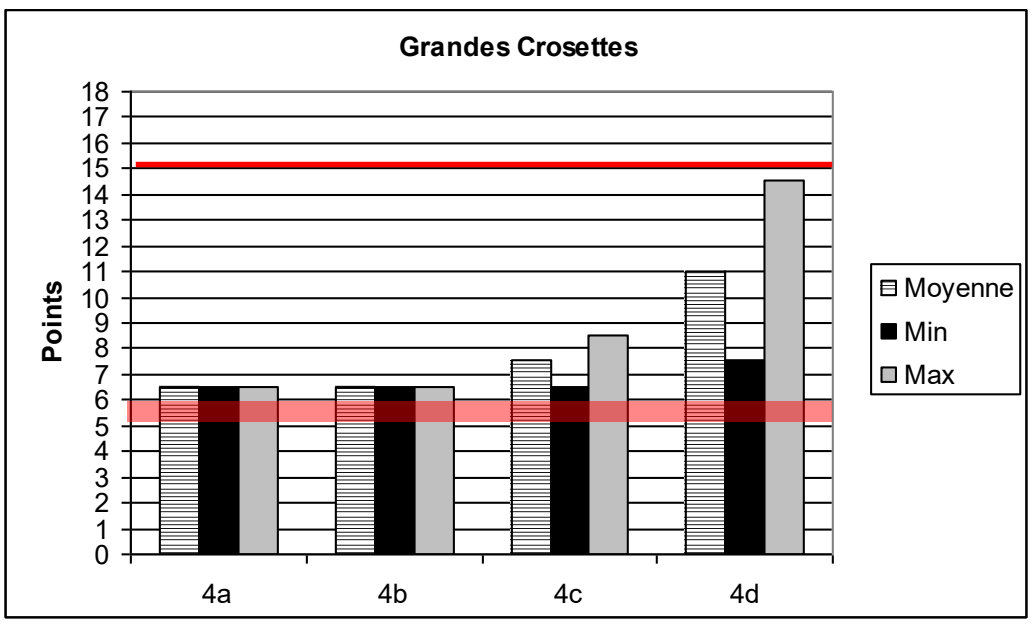
Grandes Crosettes			**Géozone d'infiltration-type**							
			4a		**4b**		**4c**		**4d**	
Points de protection			Perte des Grandes Crosettes inférieure		Alimentation rapide de la perte (cours d'eau et bassins de rétention/étangs)		Alimentation rapide de la perte (drainages)		Reste du BV de la perte	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Critère I		**Classe / Critère**								
Concentrée	Perte	Ip1	0	0	-	-	-	-	-	-
Semi-concentrée	Perte	Ip2	-	-	0	0	0	0	-	-
Semi-diffuse	Perte	Ip3	-	-	-	-	-	-	1	8
Infiltration diffuse	Reste du BAH	Ik4	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration semi-diffuse	Reste du BAH	Ik3	-	-	-	-	-	-	-	-
Faille	Reste du BAH	?	-	-	-	-	-	-	-	-
Doline	Reste du BAH	Ip2?	-	-	-	-	-	-	-	-
Critère P										
Sol et/ou lehm d'altération sans Quaternaire			-	-	-	-	0	2	0	0
Quaternaire										
Remplissage peu important, placage < 1m			-	-	-	-	-	-	-	-
Remplissage moyen lentille 1-2 m										
Remplissage important > 2 m			-	-	-	-	-	-	-	-
Critère E										
Avec morphologie typique										
Gouffre, perte			0	0	-	-	-	-	-	-
Doline, lapiaz, ouvala			-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée			-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec zone déprimée et alignement de dolines			-	-	-	-	-	-	-	-
Faille avec pertes diffuses			-	-	-	-	-	-	-	-
Sans morphologie typique			-	-	-	-	-	-	-	-
Critère K										
(1) Point de base			1	1	1	1	1	1	1	1
(2) Selon tableau										
Zone non staurée sous perte		1 point pour 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non saturée (infiltration diffuse et semi-diffuse		1 point si > 300 m de ZNS	0	0	0	0	0	0	0	0
Rivière souterraine		1 point si > 5km parcouru	0	0	0	0	0	0	0	0
Zone noyée		1 point pour 2.5 km de parcours	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92
(3) Selon essais de traçage		1 point pour 2 jours de temps de passage (pic)	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54
Distance horizontale (km)			*17.3*	*17.3*	*17.3*	*17.3*	*17.3*	*17.3*	*17.3*	*17.3*
Essai considéré		*W1bis*								
V (pic) (m/h)		*65*								
T (pic) (heure)			*266.2*	*266.2*	*266.2*	*266.2*	*266.2*	*266.2*	*266.2*	*266.2*
T (pic) (jour)			*11.1*	*11.1*	*11.1*	*11.1*	*11.1*	*11.1*	*11.1*	*11.1*
Conditions hydro		*ME*								
Valeur retenue = (1) + {min (2) et (3)}			6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54
TOTAL			6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	8.54	7.54	14.54
Protection			Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée	Modérée
Zone de protection			Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
MOYENNE MIN-MAX			6.5		6.5		7.5		11.0	
Protection			Faible à modérée		Faible à modérée		Faible à modérée		Modérée	
Zone de protection			Sm		Sh		Sm		Sm	
ZONE RETENUE			**Sh**		**Sh**		**Sm**		**Sm**	


Mont Cornu
Points
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1a 1b 1c 2a 2b 2c 3a 3b
Moyenne
Min
Max


Maison Monsieur - Les Reprises
Points
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1a 1b 1c 1d 2a 2b 2c 3a 3b
Moyenne
Min
Max

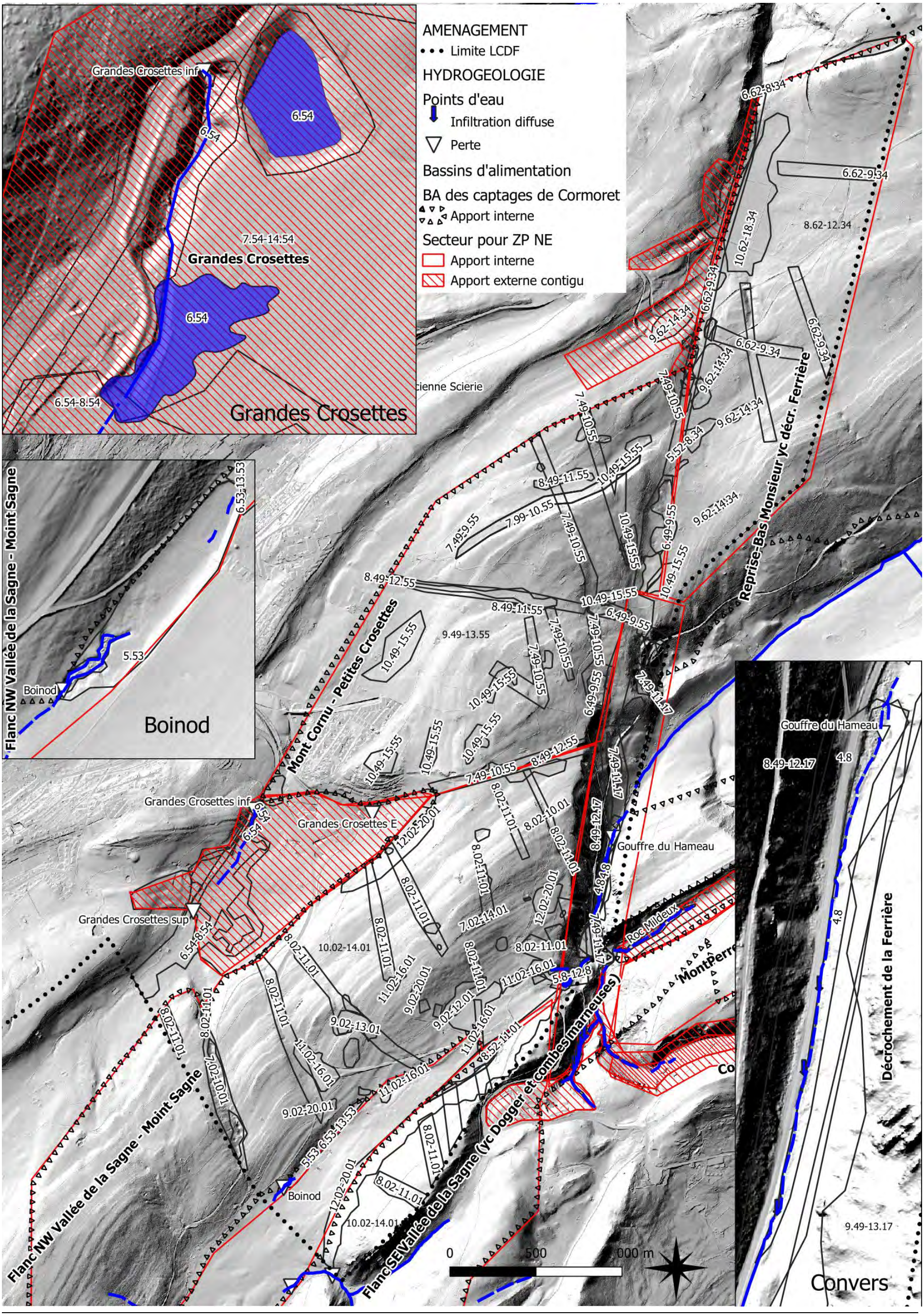

Mont Sagne, perte de Boinod et flanc SE vallée de la Sagne
Points
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1a 1b 1c 1d 2a 2b 2c 3a 3b 4a 4b 4d 5a 5b
Moyenne
Min
Max


Décrochement de la Ferrière
Points
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
1a 1b 1c 1d 2a 2b 2c 2d 4a 4b 4d
Moyenne
Min
Max


Grandes Crosettes
Points
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
4a 4b 4c 4d
Moyenne
Min
Max

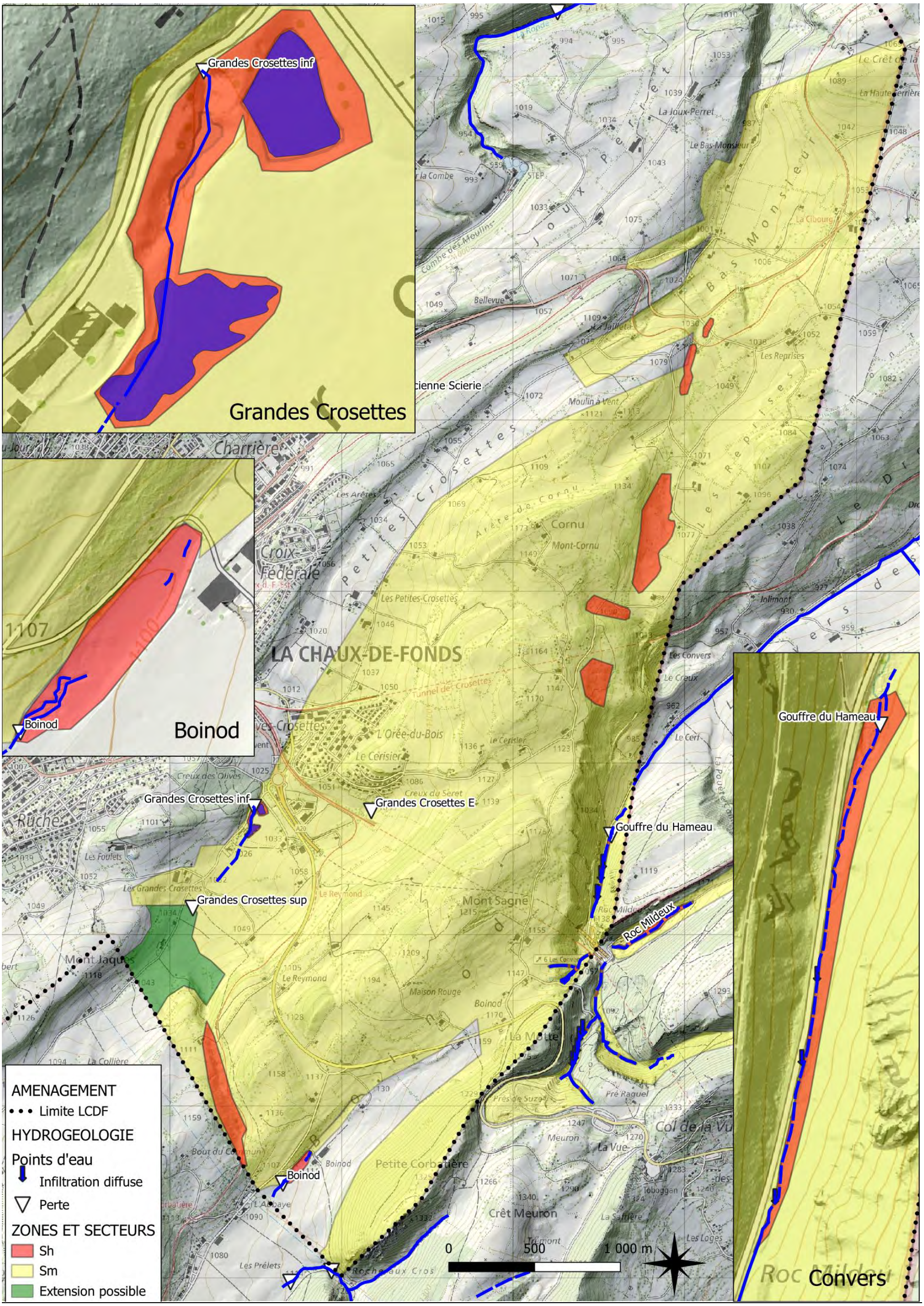
ANNEXE 23

Carte du total des points de protection.


AMENAGEMENT
Limite LCDF
HYDROGEOLOGIE
Points d'eau
Infiltration diffuse
Perte
Bassins d'alimentation
BA des captages de Cormoret
Apport interne
Secteur pour ZP NE
Apport interne
Apport externe contigu
Grandes Crosettes inf
Grandes Crosettes
Grandes Crosettes sup
Grandes Crosettes E
Boinod
Flanc NW Vallée de la Sagne - Moint Sagne
Mont Cornu - Petites Crosettes
Reprise-Bas Monsieur yc décr. Ferrière
Flanc SE Vallée de la Sagne (yc Dogger et combes marneuses)
Gouffre du Hameau
Décrochement de la Ferrière
Roc Mildeux
Convers
0
500
000 m

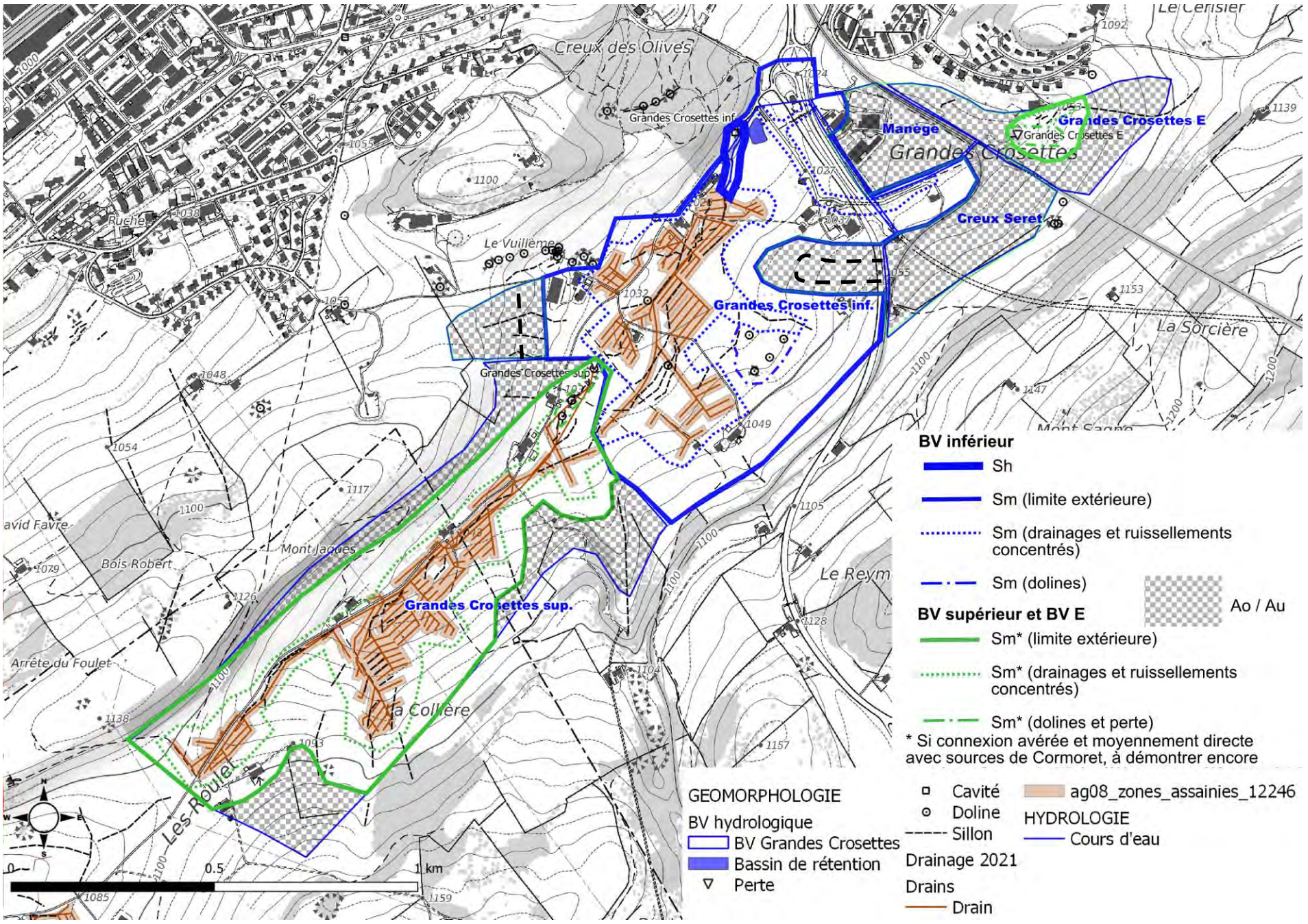
ANNEXE 24

Carte des zones de protection provisoire pour le secteur des Grandes Crosettes.



ANNEXE 25

Carte des zones de protection provisoire pour le secteur des Grandes Crosettes.



BAS MONSIEUR – LES REPRISES



1) BAS MONSIEUR : Pénéplaine (vue en direction du NE).



2) BAS MONSIEUR : Combe marneuse marquant la limite N du BAH (vue en direction du décrochement de la Ferrière).



3) BAS MONSIEUR : Doline au contact du décrochement de la Ferrière (partie extrême N du BAH).



4) BAS MONSIEUR : Décrochement de la Ferrière.



5) BAS MONSIEUR : Limite N du BAH (calcaires avec pendages vers le SE).



6) BAS MONSIEUR : Début de la dépression du chevauchement de la Jailletta, dirigée vers Bas Monsieur.



7) BAS MONSIEUR : Fin de la dépression du chevauchement de la Jailletta, dirigée vers Bas Monsieur.



8) BAS MONSIEUR : Argiles de décalcification sur le décrochement.



9) BAS MONSIEUR : ~ 20 cm d'horizon B sur la faille de la Jailletta.



10) LES REPRISES : Dolines.



11) LES REPRISES : Terminaison NE de la combe argovienne (vue vers l'amont).



12) LES REPRISES : Zone des ouvalas et dolines (vue vers le N).

MONT CORNUZ – PETITES CROSETTES



13) MONT CORNU : Secteur à moyenne couverture supposée.



14) PETITES CROSETTES : Calcaires affleurants sous 20-30 cm d'horizon A décapés (chantier H18).



15) MONT CORNU : Lapiaz en pleins champs.



16) PETITES CROSETTES : ~40 cm de terre végétale (horizon A).



17) MONT CORNU : ~40 cm de terre végétale (horizon A).



18) MONT CORNU : Doline au contact de la combe argovienne.



19) MONT CORNU : Doline au contact de la combe argovienne, avec eau stagnante.



20) MONT CORNU : Test d'infiltration à la sortie du trop-plein du réservoir.



21) MONT CORNU : Test d'infiltration à la sortie du trop-plein du réservoir, zone humide peu perméable.



22) MONT CORNU : Doline vers le chemin des Prises.



23) MONT CORNU : Grande doline très colmatée, en bordure de la faille du Mont Cornu.



24) MONT CORNU : Vallée sèche au-dessus de la sortie E du tunnel de Renan.



25) MONT CORNU : 20 cm d'horizon A sur calcaires altérés à argiles de décalcification (fouille 1 pour essai d'infiltration de {R13}, Q=0 l/min).



26) MONT CORNU : 20 cm d'horizon A sur calcaires altérés nappés d'un peu de limons ± argileux de décalcification brun-clair (fouille 2 pour essai d'infiltration de {R13}, Q=25 l/min).



27) MONT CORNU : 20-50 cm d'horizon A sur calcaires subbaffleurants du Kimméridgien recouverts de 10 à 50 cm de limons ± argileux de décalcification brun-clair (fouille 3 pour essai d'infiltration de {R13}, Q=44 l/min).

MONT SAGNE



28) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (petite).



29) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (grande).



30) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (grande), épikarst très tectonisé sous faible épaisseur de sol forestier.



31) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (grande), épikarst très tectonisé sous faible épaisseur de sol forestier.



32) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (grande), épikarst peu développé mais avec faille ouverte, sous faible épaisseur de sol forestier.



33) MONT SAGNE : Ancienne carrière ouverte (grande), épikarst peu développé, sous faible épaisseur de sol forestier.



34) MONT SAGNE : Bedrock affleurant dans champs.



35) MONT SAGNE : Bancs de calcaires affleurants dans champs.



36) MONT SAGNE : Epikarst peu développé dans calcaires assez massifs moyennement fracturés.



37) MONT SAGNE : Epikarst bien développé partiellement colmaté.



38) MONT SAGNE : Matériel de colmatage de la photo 37 (limons un peu argileux).



39) MONT SAGNE : Epikarst peu développé, sans couverture, à proximité de celui de la photo 37.



40) MONT SAGNE : Epikarst peu développé dans calcaires massifs affectés d'une grande fracture avec développement d'épikarst localisé et d'une cavité sous-jacente, sous bonne couverture de sol forestier, à proximité de celui de la photo 39.



41) MONT SAGNE : Terminaison N de la faille du Bout du Commun vers la combe des Grandes Crosettes.



42) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun avec chambre dans le point bas (partie N).



43) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie médiane) avec doline colmatée, avec bedrock affleurant en périphérie.



44) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie médiane) : ~ 20 cm d'horizon B (limons argileux).



45) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie médiane) avec alignement de petites dolines partiellement colmatées.



46) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie médiane) : ~ 20 cm d'horizon A (terre végétale) sur bedrock subaffleurant.



47) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie S) avec alignement de grandes dolines partiellement colmatées.



48) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie S) : Colmatage terreux.



49) MONT SAGNE : Faille du Bout du Commun (partie S) : calcaires affleurants en bordure.



50) MONT SAGNE : Epikarst très peu développé sur calcaires massifs peu fracturés.



51) MONT SAGNE : Epikarst et calcaires fortement tectonisés, en bordire de la RC du Reymond.



52) MONT SAGNE : Epikarst et calcaires fortement tectonisés, en bordire de la RC du Reymond.

BOINOD



53) BOINOD : Vue vers le S des crêtes de Malm de part et d'autre de la faille supposée passant par la Corbatière, avec la ferme de Boinos à gauche de l'image.



54) BOINOD : Vue vers l'aval, avec moraines et bloc erratique du Grison.



55) BOINOD : Injection dans la perte, essai W6 (vue vers l'amont et la ferme de Boinod).



56) BOINOD : Alignement de dolines perchées (vers tracteur).



57) BOINOD : Partie haute de la vallée de la Sagne.

GRANDES CROSETTES



58) GRANDES CROSETTES : Bassin d'accumulation/rétention N20.



59) GRANDES CROSETTES : Doline inférieure.



60) GRANDES CROSETTES : Nouveau bassin de rétention (étang).



61) GRANDES CROSETTES : Nouveau canal d'amenée à la perte inférieure.



62) GRANDES CROSETTES : Couverture terreuse (40-50 cm) au abords du projet de nouvel étang (photo : biol conseils).

LES CONVERS – PRES DE SUZE



63) LES CONVERS : Echangeur routier



64) LES CONVERS : Combe de Roc Mildeu (vue vers l'amont depuis l'échangeur).



65) LES CONVERS : Combe de Roc Mildeu (vue vers l'aval vers l'échangeur, avec indication de la chambre de reprise des eaux (à droite) et de la chambre liée aux captages de Renan (à gauche).



66) LES CONVERS : Séparateur de l'échangeur.



67) LES CONVERS : Sortie du séparateur, début de la Suze.



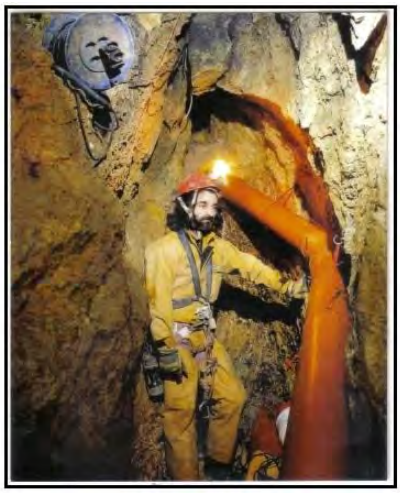
68) LES CONVERS : La Suze un peu en aval du séparateur.



La Suze au niveau du gouffre du Hameau. En crue, après une bonne pluie le ruisseau peut débiter plus de 600l/s, et est nul en étiage. La turbidité de l'eau est du à la décharge du Pré de Suze.

69) LES CONVERS : Crue de la Suze au droit du Gouffre du Hameau (tiré de {R23}).

▶ Didier Schürch dans la galerie à -40m. Le tuyau détourne l'eau à -65m pour éviter le danger de la recevoir dans l'étroiture qui donne accès au réseau amenant à -96m



70) LES CONVERS : Désobstruction du Gouffre du Hameau (tiré de {R23}).



71) LES CONVERS : Sortie temporaire en aval du Gouffre du Hameau.





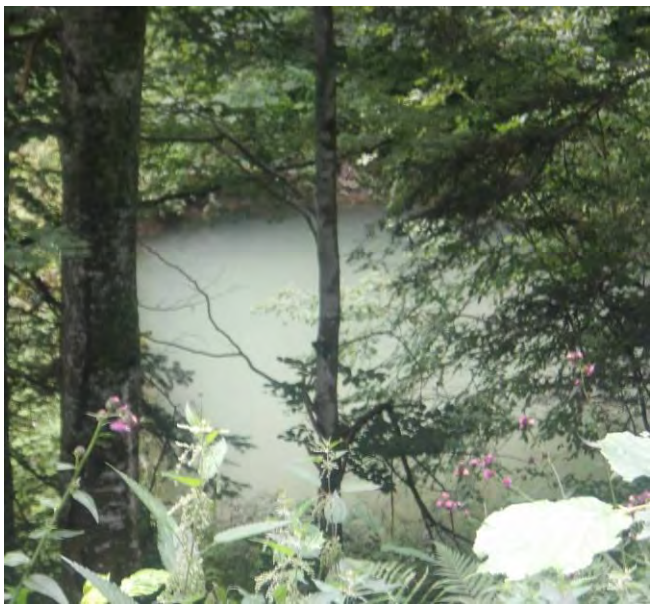
72) LES CONVERS : Partie de la Suze au sortir des Convers (vue vers l'amont – en haut et l'aval – en bas).



73) LES CONVERS : Haut du vallon de St-Imier, avec décrochement de la Ferrière et décharge des Prés de Suze en arrière plan.



74) LES CONVERS : Moraine locale au Creux.



75) PRÉS DE SUZE : Bassin en pied de décharge des Prés de Suze (voir aussi Figure 9).



Coulée de boue dans le ruisseau sous la décharge du Pré de Suze qui est en liaison hydraulique avec le Gouffre du Hameau et les sources de Cormoret.

76) PRÉS DE SUZE : Coulée de boue historique récurrente issue de la décharge des Prés de Suze (tiré de {R23}).



77) LES CONVERS : Ruisseau temporaire arrivant en direction de la chambre de la photo 78.



78) LES CONVERS : Chambre de reprise des eaux du ruisseau temporaire issue des Prés de Suze.



79) LES CONVERS : Calcaires microfissurés sur le décrochement de la Ferrière (bordure W), avec couverture quasi inexistante.



80) LES CONVERS : Calcaires très fracturés subverticalement sur le décrochement de la Ferrière (bordure W), avec couverture quasi inexistante.



81) LES CONVERS : Calcaires très fracturés subverticalement sur le décrochement de la Ferrière (bordure W), avec karst ouvert.