

PROJET DE STATION D'ÉPURATION EN RIVE DROITE DU NANT

*Evaluation des risques
hydrologiques et géotechniques*

Décembre 2008

Rapport rédigé par Ch. PETEUIL
Avec la collaboration de B. AUBER

OFFICE NATIONAL DES FORETS

Service de Restauration des Terrains en Montagne
de l'Isère



9, quai Créqui - 38000 GRENOBLE
Tél. : 04.76.23.41.61 - Fax : 04.76.22.31.50
E.mail : rtm.grenoble@onf.fr - Web : www.onf.fr



SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 2 |
| 1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS | 2 |
| 1.2 DEMARCHE SUIVIE | 2 |
| 2. PRESENTATION DU BASSIN VERSANT | 3 |
| 2.1 CADRE GEOLOGIQUE | 3 |
| 2.1.1 ELEMENTS GENERAUX | 3 |
| 2.1.2 HYDROGEOLOGIE | 3 |
| 2.2 HISTORIQUE DES CRUES REMARQUABLES | 9 |
| 3. HYDROLOGIE DES CRUES | 10 |
| 3.1 PRECIPITATIONS EXTREMES | 10 |
| 3.1.1 PRECIPITATIONS JOURNALIERES | 10 |
| 3.1.2 PRECIPITATIONS DE COURTE DUREE | 11 |
| 3.2 DEBITS DE CRUE | 14 |
| 3.2.1 DEMARCHE RETENUE | 14 |
| 3.2.2 TEMPS DE CONCENTRATION | 14 |
| 3.2.3 DEBIT DECENNAL | 16 |
| 3.2.3.1 Synthèse hydrométrique régionale | 16 |
| 3.2.3.2 Méthodes de prédétermination | 17 |
| 3.2.3.3 Débit décennal retenu | 17 |
| 3.2.4 DEBIT CENTENNAL | 18 |
| 4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS | 19 |
| 4.1 APERÇU GEOMORPHOLOGIQUE | 19 |
| 4.2 EVALUATION QUALITATIVE DES RISQUES LIES AUX CRUES | 21 |
| 4.3 ANALYSE HYDRAULIQUE DES CONDITIONS D'ECOULEMENT DES CRUES | 24 |
| 4.3.1 DEMARCHE | 24 |
| 4.3.2 RESULTATS | 25 |
| 4.3.2.1 Crue de durée de retour 50 ans | 25 |
| 4.3.2.2 Crue de durée de retour 100 ans | 25 |
| 4.3.2.3 Crues exceptionnelles | 25 |
| 4.4 EVALUATION DE LA STABILITE GEOTECHNIQUE DES TERRAINS CONCERNES PAR LE PROJET | 26 |
| 4.5 RECOMMANDATIONS POUR LA PRISE EN COMPTE DES RISQUES NATURELS | 27 |
| 5. BIBLIOGRAPHIE | 28 |

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

La municipalité de Cognin les Gorges projette de réaliser une station d'épuration des eaux usées de la commune. Le site d'implantation préfiguré est situé en amont immédiat du pont de l'ancienne route nationale en bordure de la rive droite du lit mineur du ruisseau du Nant (Cf. la figure 1). Compte tenu de la situation particulière des terrains concernés, il s'avère nécessaire de d'apprécier :

- la nature et l'intensité des aléas hydrologiques liés aux crues du Nant ;
- le niveau de stabilité des terrains alluviaux susceptibles d'assurer l'infiltration des eaux épurées.

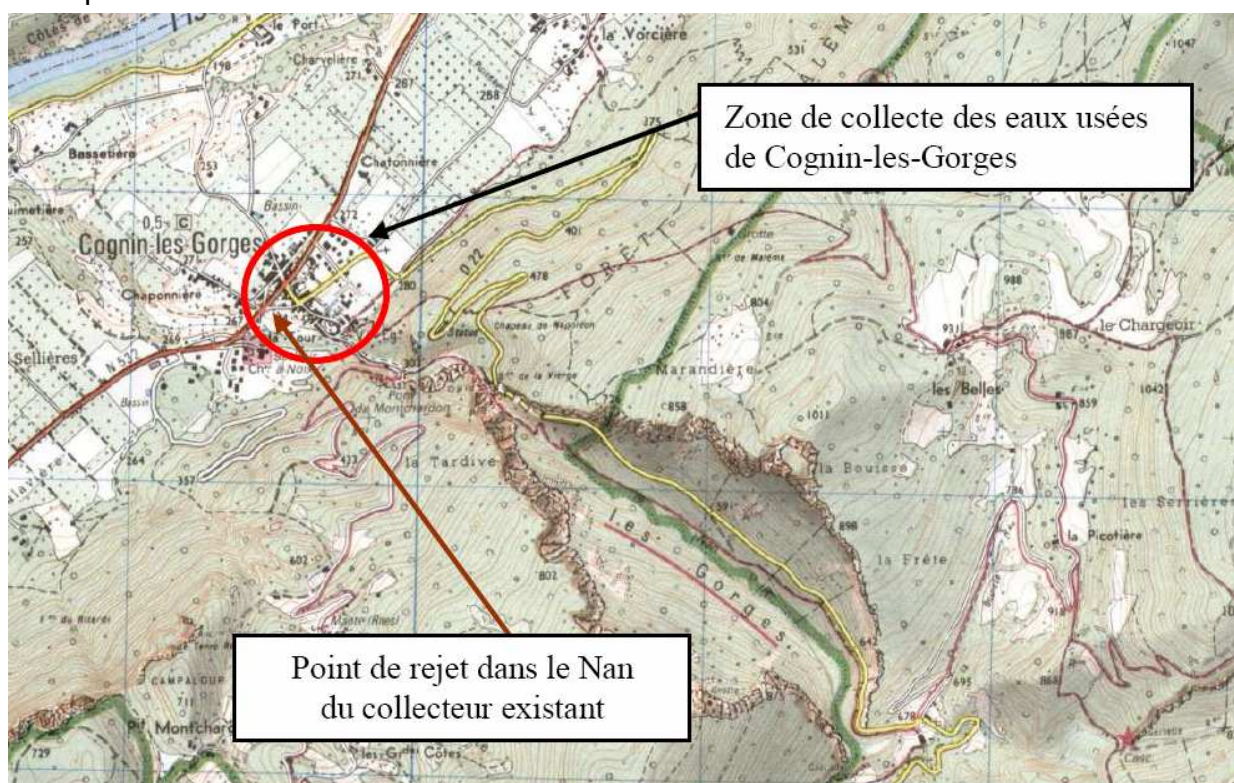


Figure 1 : plan de localisation du projet (source : cabinet ECE)

1.2 DEMARCHE SUIVIE

Pour satisfaire ces objectifs, la démarche suivante est proposée dans la suite de l'étude :

- examen des principaux éléments géographiques permettant de caractériser le bassin versant hydrographique du ruisseau du Nant ;
- recensement des crues historiques remarquables ;
- caractérisation des scénarii hydrologiques de référence à partir d'une analyse régionale des précipitations extrêmes et de l'application de méthodes de prédétermination des crues ;
- analyse de la capacité hydraulique du lit et des conditions de transit des crues de référence ;
- appréciation de la stabilité géotechnique des terrains sujets à l'infiltration ;
- proposition de mesures permettant la prise en compte des aléas naturels prévisibles.

2. PRESENTATION DU BASSIN VERSANT

2.1 CADRE GEOLOGIQUE

2.1.1 Eléments généraux

L'extrait de la carte géologique présenté ci-après (figure 2) donne un aperçu des terrains rencontrés dans la zone d'étude.

Sur le plan hydrographique, le ruisseau du Nant naît, vers 850 m d'altitude, de la réunion des eaux du ruisseau de la Serve et du ruisseau de la Gerlette. Ces deux cours d'eau dont les écoulements sont quasiment permanents drainent des bassins versants qui s'établissent respectivement au Sud et au Nord de la dépression de Malleval.

Cette combe boisée, caractérisée par des reliefs mamelonnés et culminant à moins de 1500 m d'altitude, est suspendue entre le vallon de Rencurel et la plaine de l'Isère. Elle est ceinturée au Sud par la falaise urgonienne, qui matérialise le rebord septentrional de la forêt des Coulmes et de la voûte anticlinale du même nom. Le relief de cette dernière est celui d'un vaste plateau entaillé de nombreux vallonnements. Au nord de cet escarpement, l'érosion a complètement éventré la voûte de l'anticlinal des Coulmes et a dégagé une échine boisée formée par les calcaires du Fontanil, de même que des terrains constitués de marnes et de marno-calcaires.

Du coté occidental, la dépression de Malleval est fermée par l'anticlinal du Nant, qui correspond au premier étage structural du versant. Cette échine calcaire exclusivement formée d'Urgonien est un mont jurassien typique. A la hauteur de Cognin les Gorges, les eaux du Nant ont dû trancher cette voûte pour rejoindre la plaine de l'Isère, ouvrant un canyon très spectaculaire en forme de boutonnière, les gorges du Nant.

2.1.2 Hydrogéologie

La détermination des valeurs de fortes crues d'un bassin versant s'avère très incertaine quand ses limites réelles ne sont pas connues avec précision. Cette situation est très courante lorsque l'on a affaire à des écoulements soutenus par une circulation souterraine importante dont on ne connaît pas, a priori, le comportement en cas de précipitations exceptionnelles.

Les terrains perméables « en grand », comme les calcaires urgoniens en partie présents sur le bassin du Nant (Cf. les figures 2 et 3), donnent en effet lieu par leur fissuration généralisée à une circulation karstique. La division du territoire karstique en bassins versants indépendants est surtout dépendante des conditions stratigraphiques. Le tracé général des conduits est par ailleurs déterminé dans les 3 dimensions, par les fractures principales et par le litage. Il peut être très complexe, avec superposition de plusieurs étages présentant chacun de nombreuses branches, et raccordés par des puits avant d'atteindre le collecteur et la résurgence.

Pour délimiter les zones d'alimentation des réseaux souterrains dont les bassins ne correspondent pas avec la topographie superficielle, on utilise généralement des méthodes colorimétriques.

Des colorations faites à Presles et à la grotte de Bury, sur le plateau des Coulmes, ont ainsi démontré l'existence de relations hydrogéologiques avec les sources d'Odier et de Pré Saint Martin, à l'aval du village de Choranche. Plusieurs autres circulations majeures drainent le massif des Coulmes-Choranche : sources Jallifer, Gournier, Coufin et Chevaline. Cette situation s'explique par un pendage vers le Sud du plateau des Coulmes et par de petites ondulations synclinales accompagnées de failles, qu'ont exploitées les circulations karstiques (Cf. la figure 4). Dans ces conditions, un risque de déversement conséquent des eaux du plateau des Coulmes vers le bassin versant du Nant peut a priori être écarté.

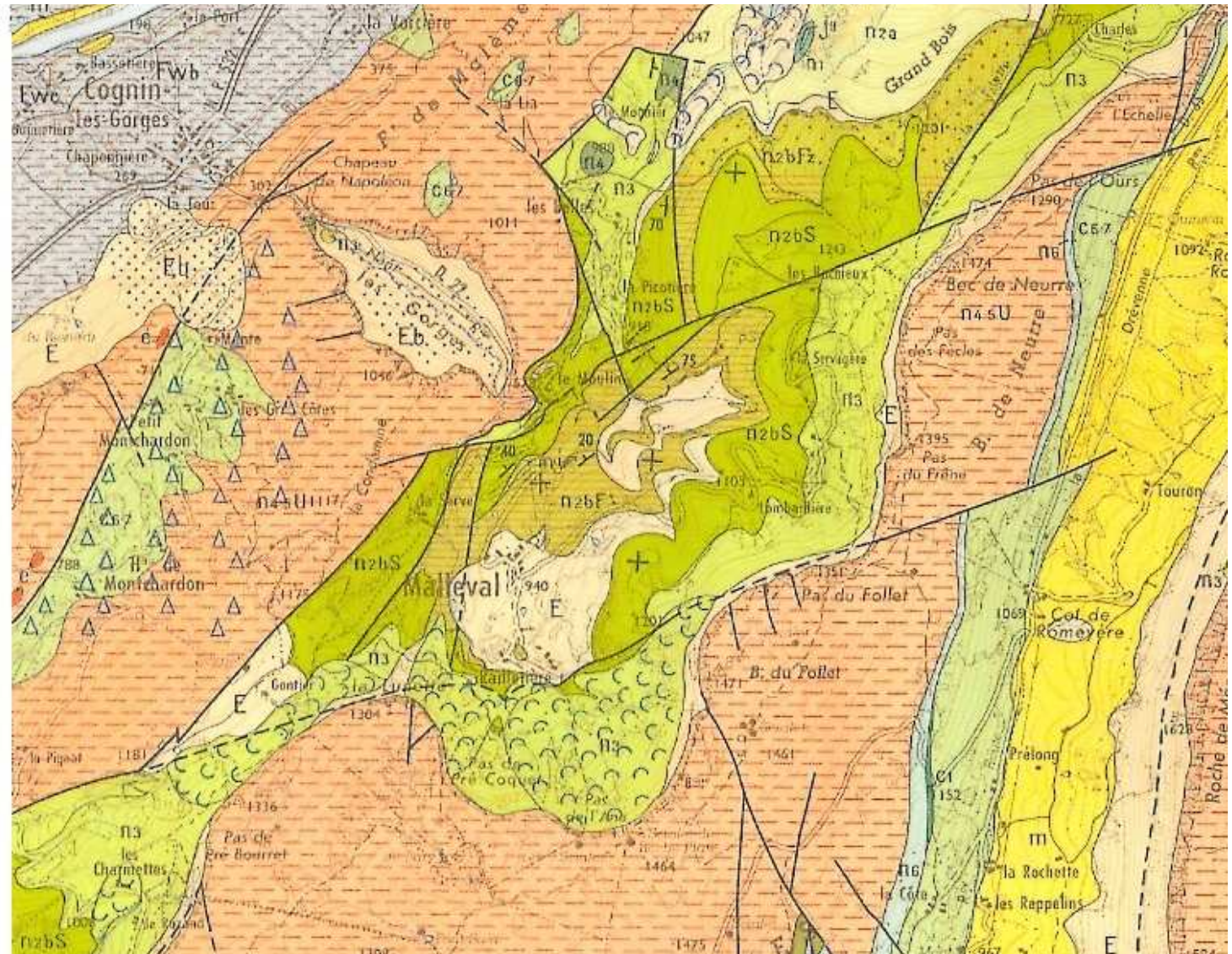
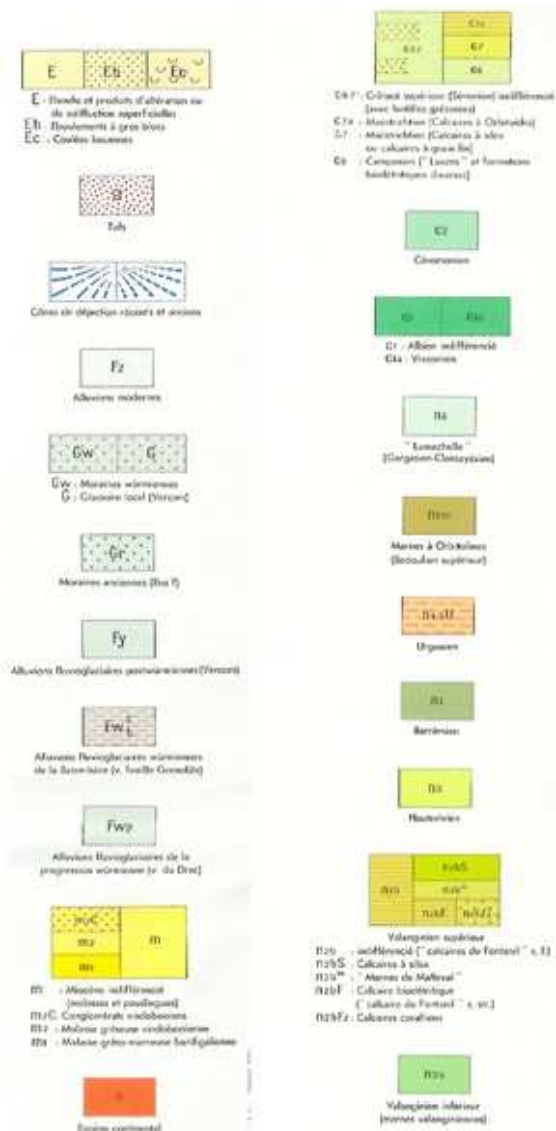


Figure 2 : extrait de la carte géologique au 1/50 000 - feuille Vif (source BRGM)

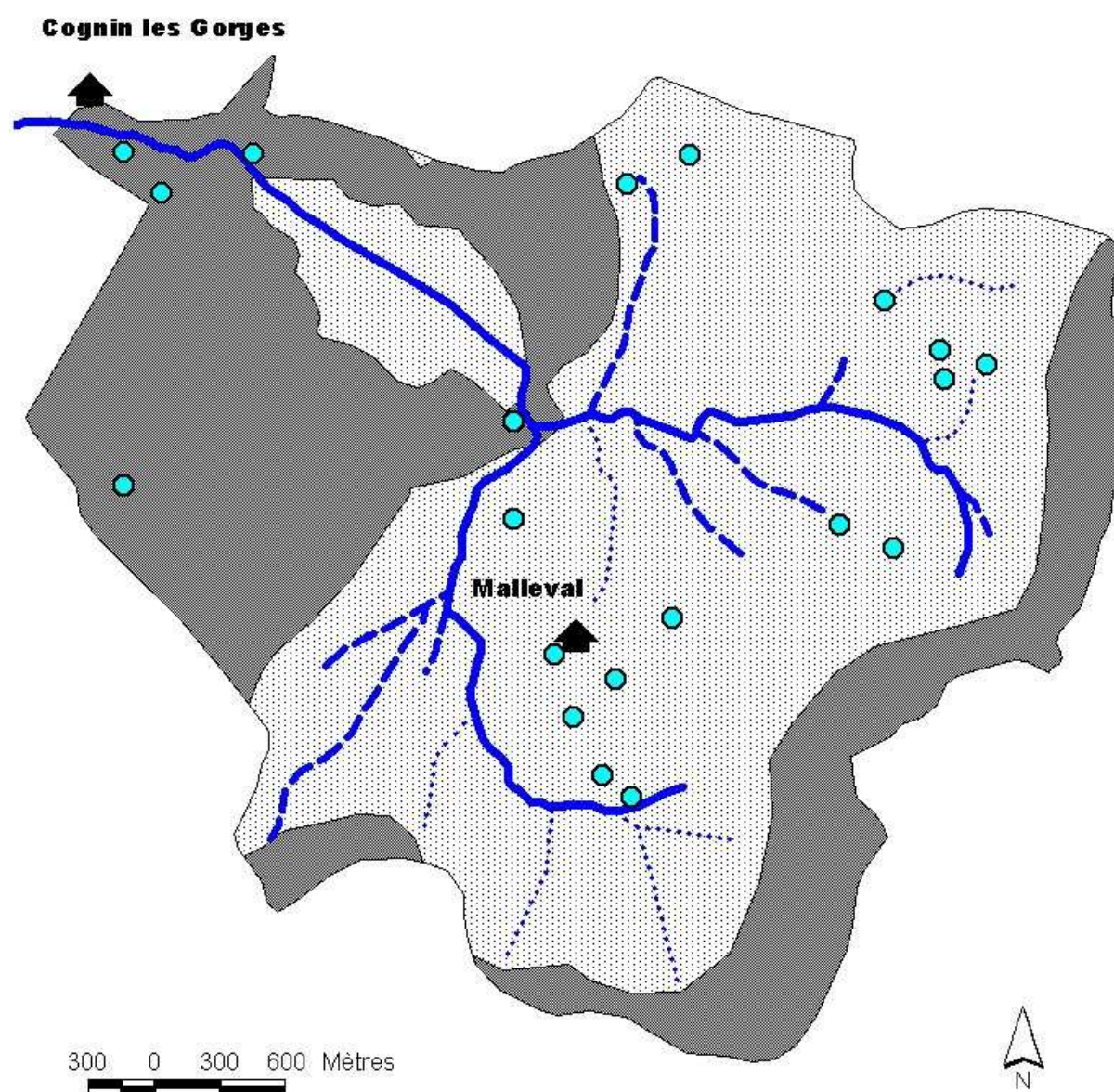
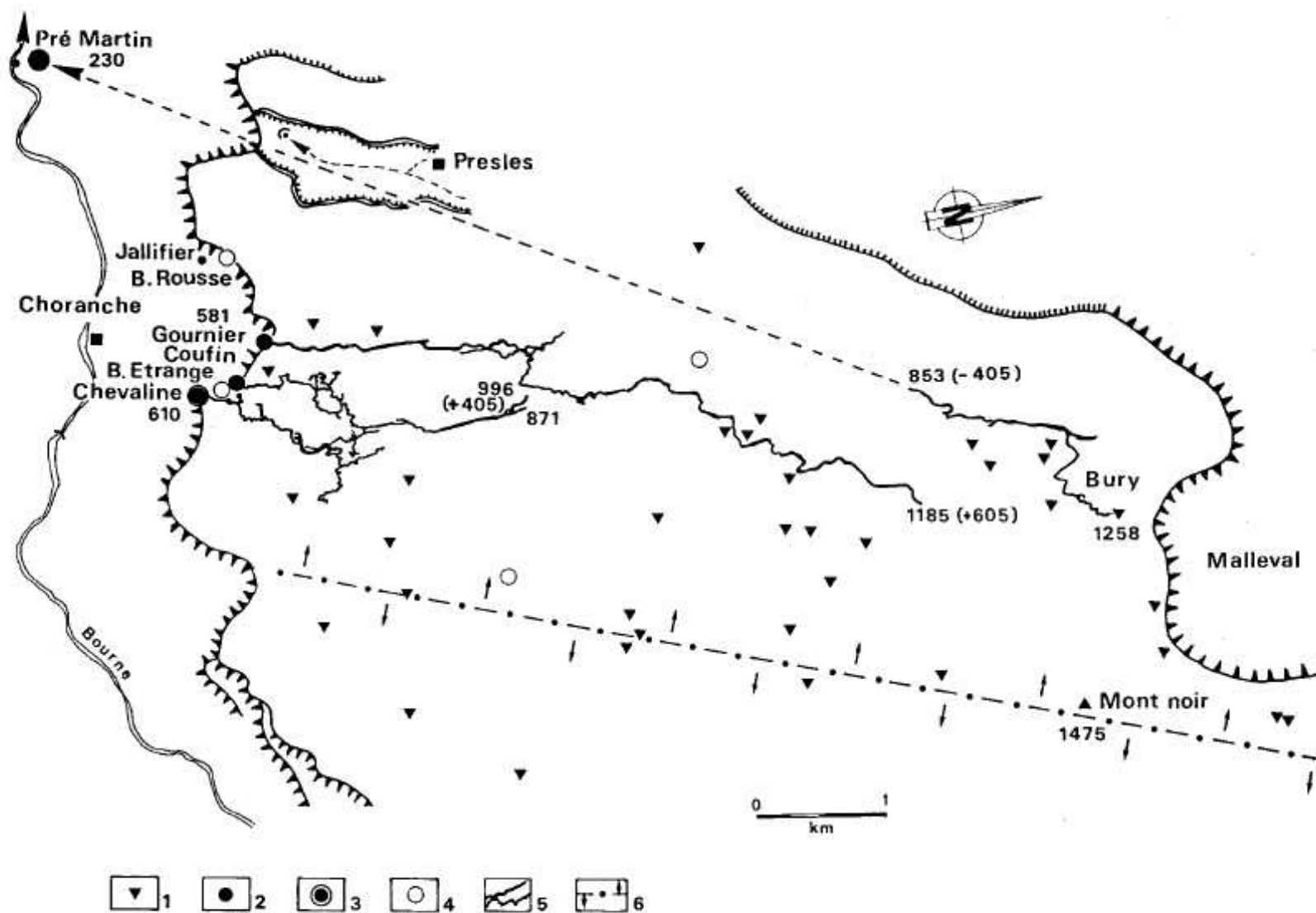


Figure 3 : éléments hydrogéologiques relatifs au bassin versant du Nant



1. gouffre; 2. émergence; 3. émergence temporaire; 4. grotte fossile; 5. réseau souterrain; 6. axe anticlinal: axe de dispersion hydrogéologique.

Figure 4 : extrait du dispositif spéléologique du massif des Coulmes (tiré de Delannoy et al., 1988)

La coupe présentée sur la figure 5 donne par ailleurs un aperçu de la structure des formations sédimentaires situées entre le village de Mallevall et la rive droite du vallon de Rencurel. Compte tenu du pendage et de la stratigraphie des terrains rencontrés, une possibilité de basculement des eaux s'infiltrant dans ce secteur vers le bassin hydrographique du Nant paraît peu plausible.

En revanche, les essais colorimétriques réalisés en 1999 par la DDAF ont montré l'existence d'une relation souterraine entre le bassin d'Inard, sous le hameau du Haut de Montchardon, et le captage situé en rive gauche du Nant, à l'aval immédiat du Pont de Montchardon. Cette situation est due à la présence d'une cassure extensive drainante, orientée approximativement selon un axe Sud Ouest - Nord Est (faille de Monchardon). Ces éléments nous conduisent à rattacher cette partie du versant au bassin hydrographique du Nant, conformément aux indications de la DDAF. Une telle hypothèse conduit alors à un accroissement de la surface du bassin versant « réel » d'environ 2 km² par rapport aux seules limites données par la topographie de surface.

Dans ces conditions et selon l'emprise considérée sur la carte de localisation de la figure 6, la superficie probable du bassin hydrographique du Nant atteindrait environ 14,7 km² au droit du projet de station d'épuration. Cette valeur de référence sera considérée dans la suite de l'étude.

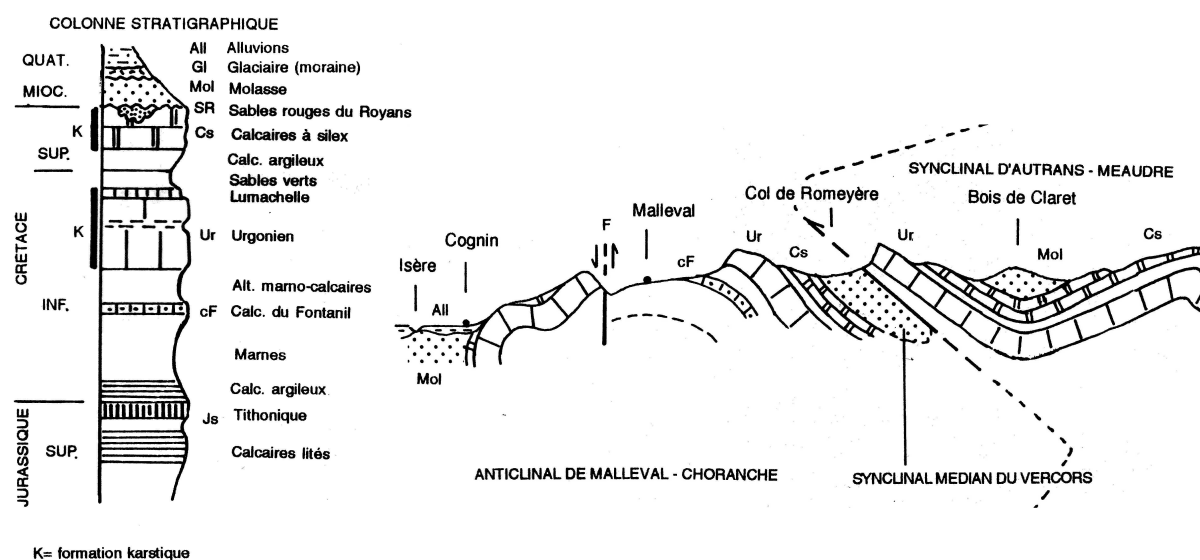


Figure 5 : coupe géologique entre Roméyère et Cognin les Gorges (source C. Kerckhove - 1994)

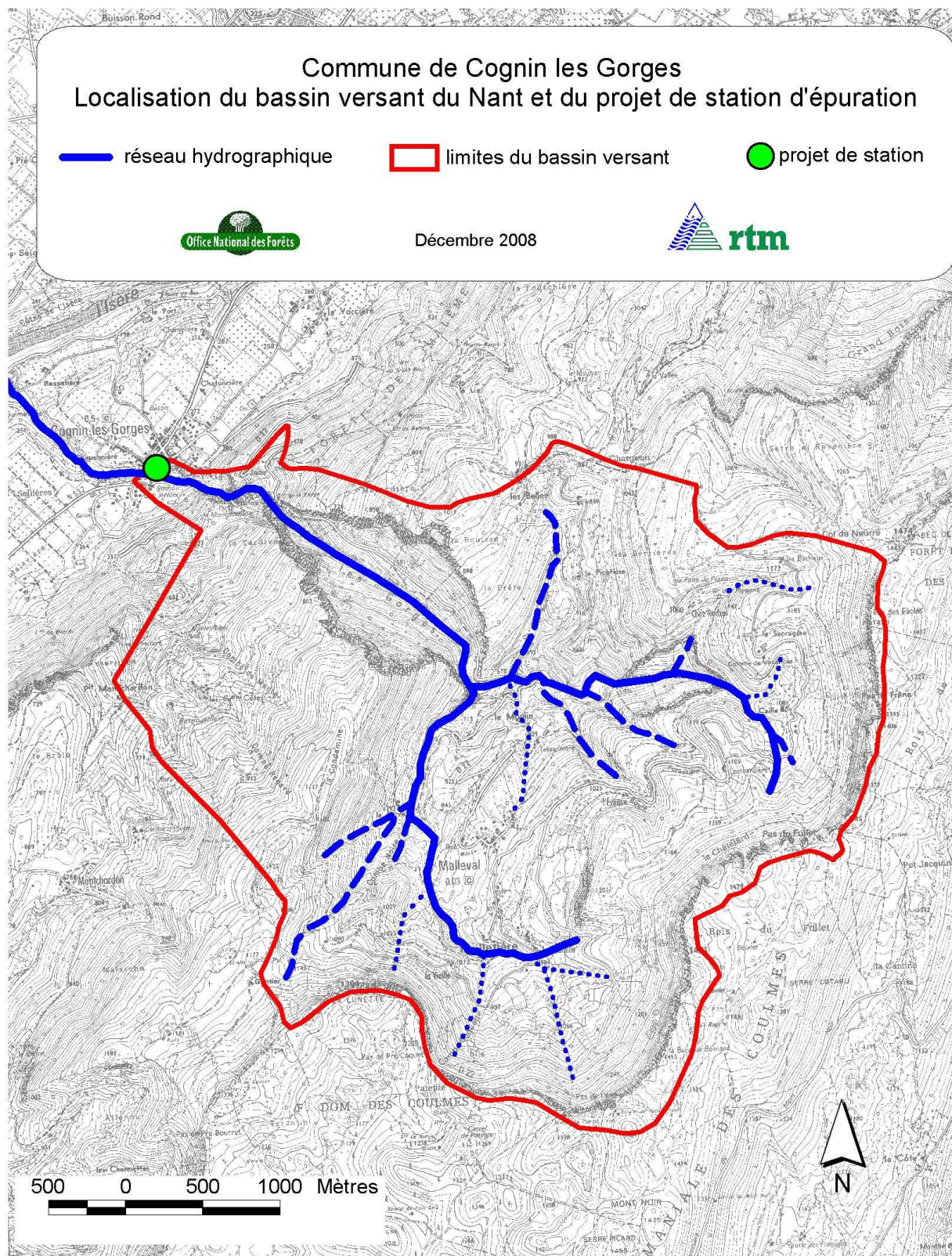


Figure 6 : plan de localisation du projet et délimitation du bassin versant hydrologique

2.2 HISTORIQUE DES CRUES REMARQUABLES

Les crues du ruisseau du Nant à l'origine de dommages remarquables ont été recensées dans le tableau suivant :

| Date | Description | Source |
|------------|---|--|
| 1721 | Une crue débordante du Nant cause de grands dommages et emporte une vie située à l'entrée de la montagne. | AC Cognin les Gorges |
| 21/05/1776 | Un orage de pluie et de grêle, violent et très localisé, provoque une crue du Nant qui déborde soudainement après avoir comblé son lit ordinaire de pierres, de graviers et de terre. S'élevant de 15 pieds (environ 5 m), il se répandit de tous cotés, ravageant les prairies, entraînant le gazon et la terre, et creusant profondément du côté des maisons. Depuis la sortie de la montagne jusqu'à l'Isère, tout fut ravagé et les arbres arrachés. Le torrent détruisit 3 maisons. Il emporta un terrain considérable du domaine de la Tour et y causa une « profondeur » d'une dizaine de mètres. Les jardins des particuliers qui étaient en dessous de leur maison ont également périés. | AC Cognin les Gorges |
| 31/07/1851 | Une averse intervenue par un temps d'une lourdeur accablante provoque à Cognin une crue « inouïe » du Nant. Le torrent a creusé un nouveau lit au milieu de la commune. 7 maisons se sont écroulées et le pont en pierre a été renversé. De part et d'autre de ce pont, 20 mètres de prairie ont été emportés. | Récit manuscrit du curé Rojat Courrier de l'Isère (05/08/1851) AD38 91M-n° 2 |
| 05/2005 | Une crue du Nant provoque quelques désordres dans le lit mineur, mais sans débordement. | Témoignage de la commune de Cognin les Gorges |

3. HYDROLOGIE DES CRUES

3.1 PRÉCIPITATIONS EXTREMES

La caractérisation des pluies susceptibles d'affecter le bassin versant est un préalable indispensable à l'estimation des débits de crue. Elle doit conduire à définir certains indices représentatifs du régime pluviométrique local.

Une analyse des données de pluies journalières issues de stations situées dans la périphérie du bassin est donc réalisée dans un premier temps. Elle permet d'avoir une vision globale du contexte pluviométrique et de prendre en compte d'éventuelles particularités climatiques locales.

D'autre part, la taille réduite du bassin versant conditionne des temps de réponse relativement courts à un événement pluvieux. On s'intéresse donc également aux pluies de faibles durées.

3.1.1 Précipitations journalières

Le bassin versant du Nant étant localisé à l'interface entre le plateau du Vercors et les collines du Bas Dauphiné, un examen régional des précipitations s'avère nécessaire pour mieux cerner les indices caractéristiques de sa pluviométrie.

La figure ci-dessous présente une estimation des pluies journalières des pluviomètres situés à proximité du bassin versant, aucune mesure n'étant disponible à l'intérieur de celui-ci. Sur le graphe, les postes considérés ont été groupés d'Ouest en Est, en fonction de leur appartenance à un domaine géographique donné. En outre, au sein d'une même entité, un classement selon un axe Nord - Sud a été retenu. On sait en effet que le Vercors et son rebord sont moins arrosés au Sud et à l'Est qu'au Nord et à l'Ouest.

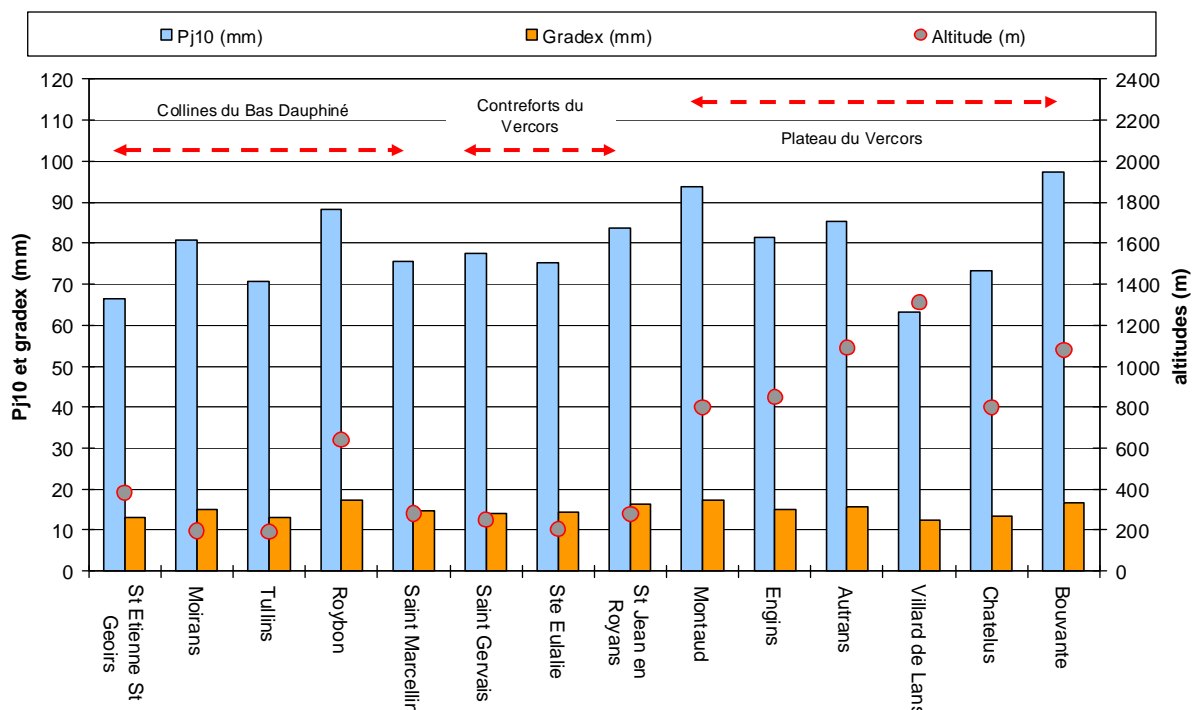


Figure 7 : pluies journalières décennales, gradex et altitudes des stations proches du bassin

L'examen de ces données montre en particulier que l'altitude n'est qu'un facteur apparent de la pluviométrie, celle-ci dépendant plus de la proximité des reliefs qui engendrent les plus fortes condensations par leur altitude, leur exposition et leurs pentes. En particulier, on observe une répartition des précipitations de période de retour décennale globalement moins structurée par l'altitude du poste que par l'organisation générale du relief, particulièrement en ce qui concerne les stations situées sur le plateau du Vercors. Par ailleurs, on constate une relative homogénéité des précipitations de période de retour décennale et du gradex pour les stations localisées sur le piémont du Vercors.

Compte tenu du positionnement du bassin versant et des ses altitudes caractéristiques, on considèrera que les valeurs de précipitations suivantes sont représentatives de la pluviométrie journalière de la zone d'étude :

| | |
|---|-----------------------|
| Pluie journalière décennale (non centrée) | Pj10 = 85 mm |
| Pluie journalière centennale (non centrée) | Pj100 = 123 mm |
| Gradex des pluies journalières (non centrée) | gradex = 16 mm |

3.1.2 Précipitations de courte durée

Même si l'occurrence de crues liées à des pluies de longue durée ne peut être exclue, la taille du bassin versant étudié conditionne des temps de réponse qui peuvent être particulièrement courts. Cette particularité implique nécessairement de s'intéresser aussi aux pluies à faibles pas de temps.

Pour cette étude, on dispose des données observées à partir de 3 pluviographes encadrant la zone d'étude :

- Saint Etienne de Saint Geoire (38), dans les collines du Bas Dauphiné ;
- Villard de Lans (38), dans la partie centrale du plateau du Vercors ;
- Bouvante - Forêt de Lente (26), dans la partie Sud Occidentale du plateau.

Ces données ont fait l'objet d'un traitement statistique afin de déterminer les quantiles caractéristiques des pluies extrêmes de faibles durées. Un ajustement sur la relation pluie-durée a ainsi été mené en utilisant une loi de Montana, du type :

$$P = a \cdot d^{1-b}$$

$$G = a' \cdot d^{1-b'}$$

Où :

- P : précipitation en mm
- G : gradex en mm
- d : durée de la pluie en minute
- a, a', b et b' : paramètres d'ajustement

Les figures ci-dessous présentent une comparaison des résultats obtenus pour les précipitations centrées de période de retour décennale, ainsi que pour les valeurs du gradex :

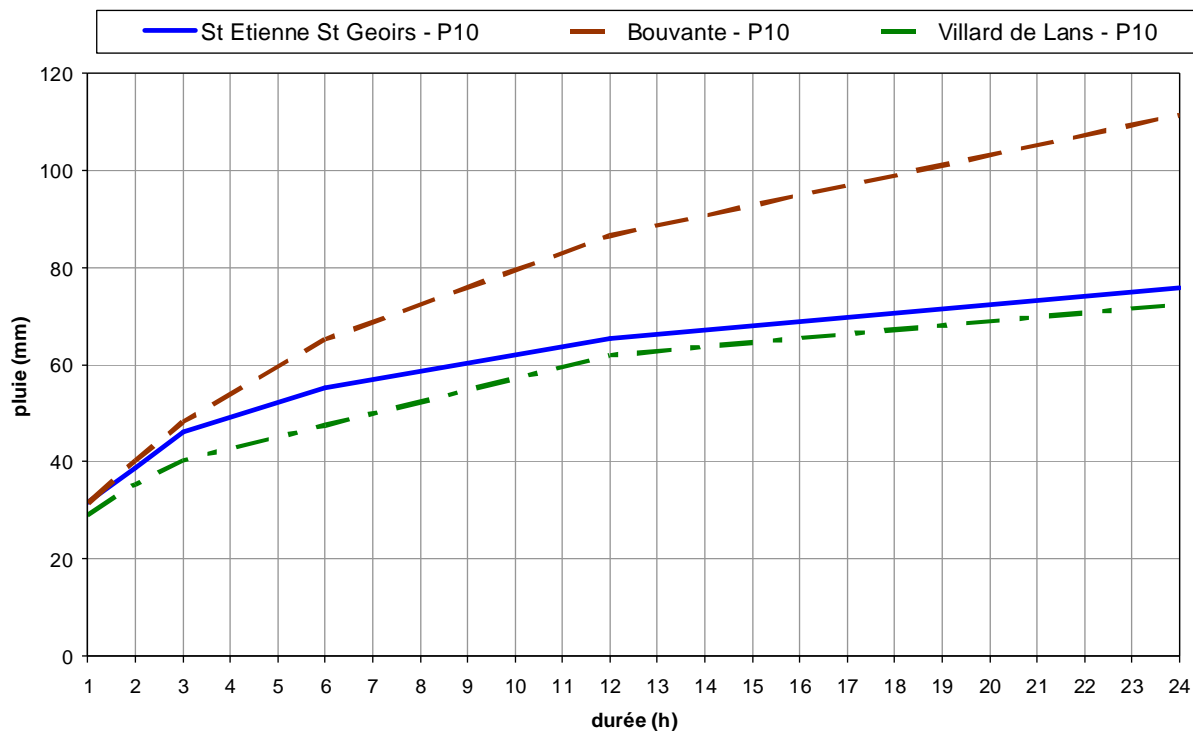


Figure 8 : courbes pluie décennale/durée des pluviographes situés à proximité du bassin

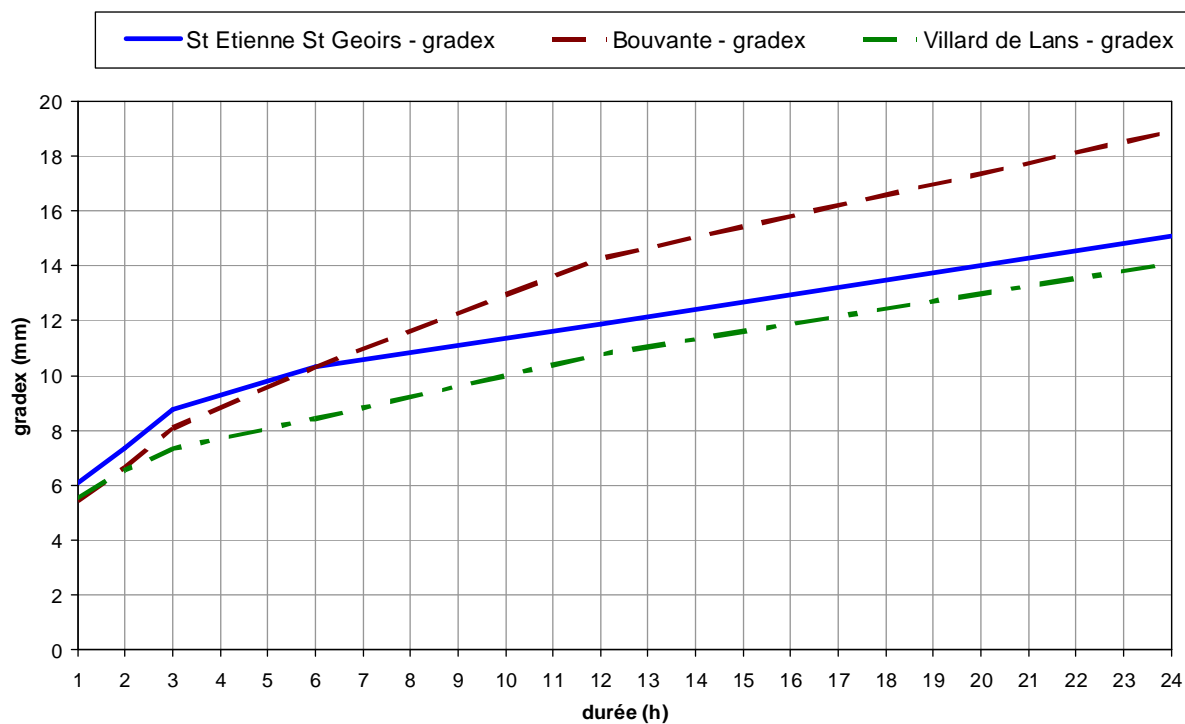


Figure 9 : courbes gradex/durée des pluviographes situés à proximité du bassin

Pour les plus faibles pas de temps, soit pour des durées d'observation inférieures à 3 heures, on n'observe pas de différence significative entre les valeurs calculées aux différents postes. Ce résultat révèle notamment que le relief a peu d'influence sur l'intensité des pluies de courtes durées. Il s'agit d'un constat relativement classique en zone de montagne.

Dans ces conditions, les relations pluie/durée/fréquence représentatives du bassin versant sont établies à partir d'un nouvel ajustement considérant les hypothèses suivantes :

- les pluies à faible pas de temps du poste de Bouvante - Lente sont supposées conformes aux précipitations du bassin versant du Nant ;
- les valeurs journalières de pluie et de gradex (non centrées) estimées à partir de l'analyse régionale sont conservées.

Ces hypothèses reviennent finalement à retenir les paramètres de Montana suivants pour le bassin versant étudié :

| | Valeur journalière (non centrée) | Coefficients de Montana (pluies centrées) | |
|------------------------|-------------------------------------|---|------|
| | | a | b |
| Pluie décennale | 85 mm | 31.9 | 0.65 |
| Gradex | 16 mm | 5.3 | 0.61 |

3.2 DEBITS DE CRUE

3.2.1 Démarche retenue

En l'absence d'observations hydrométriques directement ou indirectement exploitables, la méthode mise en œuvre pour l'estimation des débits caractéristiques de crue suit la démarche suivante :

- évaluation des durées caractéristiques de crue à partir des données historiques disponibles et de l'application de différentes formules empiriques ;
- estimation des crues de projet par confrontation de différentes approches applicables en prédétermination :
 - synthèse régionale sommaire des données hydrométriques disponibles,
 - formules statistiques établies au niveau national par le CEMAGREF pour l'estimation du débit de crue décennal d'un bassin non jaugé ;
 - méthodes déterministes de transformation d'une pluie de projet en débit de crue, pour des périodes de retour fréquentes à rares ;
 - méthodes hydro-météorologiques pour l'estimation des crues rares.

Au-delà des considérations hydrogéologiques développées précédemment, on gardera également à l'esprit que l'hydrologie des petits bassins versants de montagne est sujette à des incertitudes qui sont d'autant plus étendues que la superficie de l'impluvium considérée est petite. La principale cause de cette méconnaissance est le faible nombre de mesures expérimentales relatives aux cours d'eau à caractère torrentiel, tant du point de vue hydrométrique que pluviographique.

L'application de méthodes palliatives souvent très réductrices du fonctionnement complexe des bassins versants doit donc inciter à garder un certain recul vis à vis des estimations de débit obtenues.

3.2.2 Temps de concentration

L'application des approches pluie-débit et hydrométéorologique nécessitent au préalable de déterminer la durée caractéristique de la réponse du bassin versant aux pluies. On retiendra que ce paramètre correspond à la durée de l'averse la plus préjudiciable pour le bassin versant, c'est à dire celle qui provoquera le débit de pointe le plus élevé dans le cours d'eau.

A défaut d'observations, cette durée peut être estimée à partir de formulations empiriques ou statistiques diverses, dont certaines ont été calées en France et d'autres dont les domaines de validité sont parfois moins bien connus. Le tableau figurant page suivante présente plusieurs résultats issus de l'application de méthodes d'estimation courantes.

On constate sans surprise que les estimations varient considérablement d'une méthode à l'autre. La morphologie du bassin étudié nous amène néanmoins à privilégier des temps de réponse relativement courts pour l'estimation du débit de pointe de crue. En première approche, la valeur suivante est donc retenue au droit du projet :

| |
|-----------------------|
| $T_c = 2,0 \text{ h}$ |
|-----------------------|

Il convient de garder à l'esprit que les bassins versants de montagne peuvent aussi connaître de fortes crues à la suite d'averses durables : ainsi en 1957 dans la vallée de l'Arc (73) et du Queyras (05), en 2002 dans la Valdaine (38) et en 2005 sur le massif de Belledonne (38).

| COURS D'EAU : le ruisseau du Nant à Cognin les Gorges | | | | |
|---|---|--|--|------------------|
| S = 14.72 km ² | surface | | | |
| L = 5.473 km | longueur du chemin hydraulique le plus long | | | |
| Ip = 0.170 m/m | pente pondérée | | | |
| Ph = 1948.00 m | altitude du point culminant | | | |
| Pb = 465.00 m | altitude de l'exutoire | | | |
| Hm = 790.00 m | altitude moyenne | | | Restauration des |
| e = 0.10 | coefficient d'écoulement | | | Terrains en |
| Pa = 1300 mm | pluie moyenne annuelle | | | Montagne |
| Pj10 = 85 mm | pluie journalière décennale | | | |
| Ta = 14.0 °C | température moy. annuelle | | | |
| iv = 331 | indice caractérisant l'état de végétalisation du bassin versant | | | |
| a ₁₀ = 32.0 | paramètre de Montana pour une durée de retour décennale | | | |

| méthode | paramètre | durée (h) | variables utilisées | domaine de validité |
|-------------------------|----------------|-----------|------------------------------|---|
| KIRPICH | T _c | 0.41 | L, Ph, Pb | ? |
| SOGREAH | T _c | 0.83 | S, L, Ph, Pb, e | ? |
| GIANDOTTI | T _c | 1.63 | S, L, Hm, Pb | ? |
| TURRAZA | T _c | 1.05 | S, L, Ip | ? |
| IZZARD-MEUNIER | T _c | 1.62 | S, L, Ph, Pb, iv | ? |
| VENTURA-PASSINI | T _c | 4.82 | S, L, Ip, e, a ₁₀ | ? |
| SCS BV rapides | D | 1.90 | S | 0,1 ha < S < 15 km ² |
| SOCOSE BV à forte pente | D | 7.83 | S, L, Ph, Pb, Pj10, Pa | 1 km ² < S < 200 km ² |
| SOCOSE | D | 11.82 | S, Pa, Pj10, Ta | 0 km ² < S < 200 km ² |

| | |
|------------------|-------------|
| VALEUR RETENUE : | 2.00 heures |
|------------------|-------------|

Figure 10 : prédétermination de la durée caractéristique des crues du bassin versant

3.2.3 Débit décennal

3.2.3.1 Synthèse hydrométrique régionale

Une synthèse régionale des données hydrométriques disponibles a été établie pour disposer d'un premier ordre de grandeur des débits de crue prévisibles sur le bassin versant. Ces données ont été extraites de la banque HYDRO du MEEDDAT. Elles concernent 20 stations des Alpes du Nord dont la superficie est comprise entre 10 et 100 km². La figure suivante présente les résultats obtenus à partir d'une analyse des différentes valeurs de débit de pointe de durée de retour décennale.

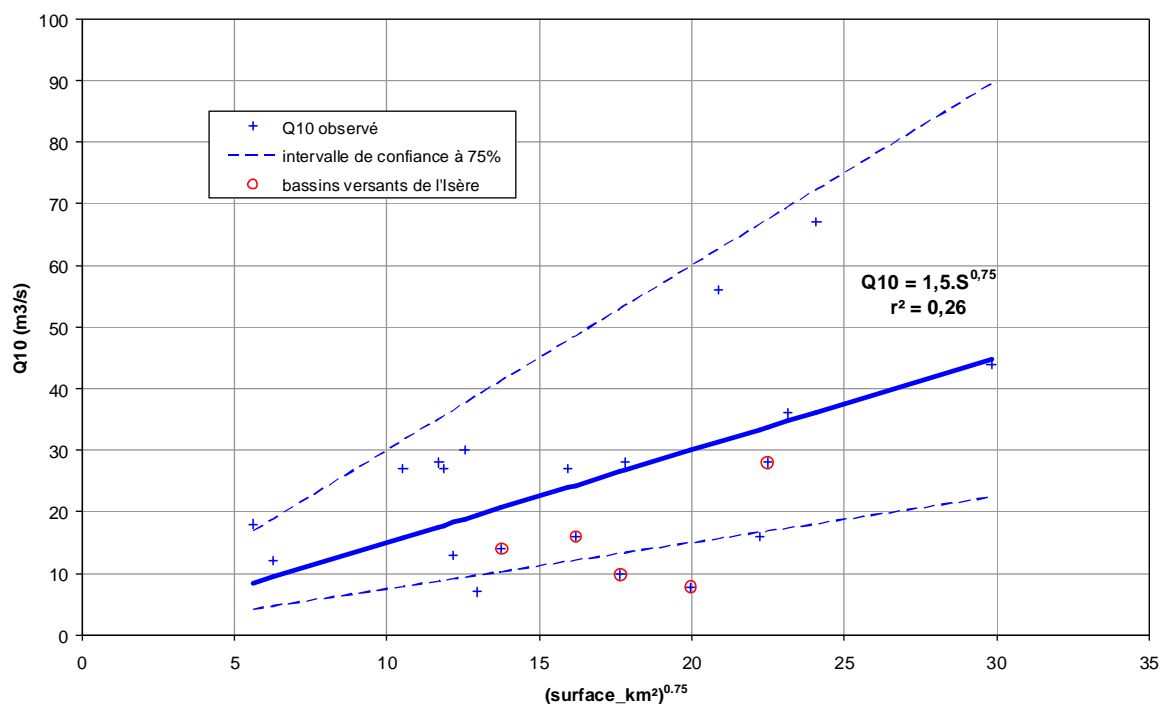


Figure 11 : évolution de débit décennal de pointe en fonction de la superficie du bassin versant

La dispersion des données autour de la droite de régression est très importante ($r^2=0,26$), ce qui traduit le fort niveau d'incertitude autour de la variable débit. Il faut aussi souligner que les bassins versants considérés appartiennent à des terroirs hydrologiques très distincts.

La relation suivante a pu être établie pour traduire l'évolution du débit décennal de pointe (en m³/s) en fonction de la surface drainée par le cours d'eau (en km²) :

$$Q_{i10} = 1,5.S^{0,75}$$

L'intervalle d'incertitude à 75% de cette relation correspond à une gamme comprise entre le double et la moitié de la valeur estimée. Par ailleurs, cette relation semble plutôt majorer les valeurs réellement observées sur les stations hydrométriques du département de l'Isère (Cf. les points cerclés en rouge sur la figure ci-dessus). Dans le cas du bassin versant du Nant, les estimations suivantes peuvent être proposées :

- le débit décennal est de l'ordre de 11 m³/s ;
- la valeur « vraie » a 75% de chance d'être comprise entre 6 et 23 m³/s.

3.2.3.2 Méthodes de prédétermination

Le tableau figurant ci-dessous présente les résultats obtenus après application de différentes approches classiquement utilisées en prédétermination des crues.

L'examen de ces données montre que l'estimation la plus élevée est fournie par la méthode simplifiée du SCS. Pour mémoire, on rappelle que son calage a été établi à partir de données issues d'impluviums à fort ruissellement superficiel, caractérisés par des sols relativement imperméables et faiblement recouverts par la végétation. Dans le cas du bassin étudié, il est très probable que cette approche conduise plutôt à une sur-estimation de la valeur « vraie ». Cette valeur est également très proche de la valeur haute de l'intervalle d'incertitude présentée précédemment.

| COURS D'EAU : | | le ruisseau du Nant à Cognin les Gorges | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|--|-------------|---------------------|-------------------|------|----------|--------|------|------------------------------------|----------|-----|-------------------------|-------------|------|-----------------------------|----------------|------|----------------------------|---|--|
| <div>S = 14.72 km² L = 5.473 km D = 2.00 h Pa = 1300 mm Ta = 14.0 °C P_{j10} = 85 mm P_{D10} = 40.66 mm b = 0.65</div> | | <div>R = 1.00 K = 1.20 Cr = 0.15 IP = 2 a = 1.5 b = 0.75</div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table><thead><tr><th>méthode</th><th>Qi10 (m³/s)</th><th>variables utilisées</th></tr></thead><tbody><tr><td>Formule régionale</td><td>11.3</td><td>S, a , b</td></tr><tr><td>SOCOSE</td><td>10.1</td><td>S, P_{j10}, L, b, Pa, Ta</td></tr><tr><td>CRUPEDIX</td><td>9.7</td><td>S, P_{j10}, R</td></tr><tr><td>RATIONNELLE</td><td>12.5</td><td>S, D, P_{D10}, Cr</td></tr><tr><td>SCS simplifiée</td><td>21.5</td><td>S, D, P_{D10}, K</td></tr></tbody></table> | | méthode | Qi10 (m³/s) | variables utilisées | Formule régionale | 11.3 | S, a , b | SOCOSE | 10.1 | S, P _{j10} , L, b, Pa, Ta | CRUPEDIX | 9.7 | S, P _{j10} , R | RATIONNELLE | 12.5 | S, D, P _{D10} , Cr | SCS simplifiée | 21.5 | S, D, P _{D10} , K | Restauration des Terrains en Montagne | |
| méthode | Qi10 (m³/s) | variables utilisées | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Formule régionale | 11.3 | S, a , b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOCOSE | 10.1 | S, P _{j10} , L, b, Pa, Ta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CRUPEDIX | 9.7 | S, P _{j10} , R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RATIONNELLE | 12.5 | S, D, P _{D10} , Cr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SCS simplifiée | 21.5 | S, D, P _{D10} , K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALEUR RETENUE : | | 11.0 m3/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure 12 : prédétermination du débit décennal de pointe

3.2.3.3 Débit décennal retenu

On retiendra finalement l'estimation suivante dans la suite de l'étude :

$$Q_{i10} = 11,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Soit un débit spécifique de $0,75 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

3.2.4 Débit centennal

L'extrapolation des débits de crue correspondant à des fréquences rares est réalisée à partir de l'application de méthodes sommaires, d'approches pluie-débit (Rationnelle) et de la méthode du gradex. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau figurant ci-dessous :

| COURS D'EAU : le ruisseau du Nant à Cognin les Gorges | | | | |
|---|-----------------------------|-----------------|---|--|
| S = 14.72 km² | G _q = 2.1 m3/s | | | |
| D = 2.00 h | G _{pD} = 6.9 mm/ug | | | |
| Q _{i10} = 11.0 m3/s | K = 1.20 | | | |
| Q _{i20} = 13.0 m3/s | Rh = 1 | | | |
| Q _{i50} = 19.0 m3/s | | | | |
| Durée de retour (T) | P _{DT} (mm) | Cr _T | Restauration des Terrains en Montagne | |
| 20 ans | 45.7 mm | 0.15 | | |
| 50 ans | 52.1 mm | 0.20 | | |
| 100 ans | 57.0 mm | 0.25 | | |
| Méthode | Qi20 (m3/s) | Qi50 (m3/s) | Qi100 (m3/s) | variables utilisées |
| SOMMAIRE | 12.7 | 18.5 | 24.8 | S, Rh |
| GRADEX (T _{seuil} = 10 ans) | 23.3 | 39.1 | 51.0 | S, D, Qi10, GpD, K |
| GRADEX (T _{seuil} = 20 ans) | 13.0 | 28.8 | 40.8 | S, D, Qi20, GpD, K |
| GRADEX (T _{seuil} = 50 ans) | 13.0 | 19.0 | 30.9 | S, D, Qi20, GpD, K |
| GRADEX PROGRESSIF | 13.0 | 17.8 | 23.6 | S, D, Qi10, Gq, GpD, K |
| RATIONNELLE | 14.0 | 21.3 | 29.1 | S, D, P _{D20} à 100, Cr ₂₀ à 100 |
| VALEURS RETENUES : | 13.0 m3/s | 19.0 m3/s | 30.0 m3/s | |

Figure 13 : prédétermination des débits de pointe de fréquence rare

La comparaison de toutes ces estimations montre que la marge d'incertitude sur le débit centennal est également très étendue, les valeurs obtenues allant pratiquement du simple au double.

On remarque que les débits maxima estimés résultent de l'application de la méthode du gradex. Cette approche, plutôt dédiée à l'estimation des débits de crue exceptionnelle, correspond en effet à des situations hydrologiques très sévères pour les bassins versants. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il est fait l'hypothèse d'une saturation totale des terrains au delà d'un seuil de débit dont la période de retour est relativement fréquente (soit 10 ou 20 ans). Dans le cas du bassin versant du Nant, une telle hypothèse ne nous paraît pas justifiée, en particulier compte tenu du taux de recouvrement des terrains par la végétation.

Les autres estimations montrent en revanche un certain nombre de convergences qui nous amènent à faire le choix suivant :

$$Q_{i100} = 30,0 \text{ m3/s}$$

On arrive alors à un débit spécifique de 2,0 m3/s/km².

4. ANALYSE DES RISQUES NATURELS

4.1 APERÇU GEOMORPHOLOGIQUE

D'un point de vue géomorphologique, la zone du projet se situe au débouché des gorges du Nant. Ces gorges sont marquées par une incision caractéristique très forte liée probablement :

- dans un premier temps, à la crise Messinienne qui a dû initier l'incision dans ces calcaires massifs. Cette période correspond à un assèchement de la Méditerranée et à une incision généralisée des massifs alpins et pyrénéens jusqu'au bassin méditerranéen (- 5 MA).
- puis dans un second temps à la dernière période post glaciaire du Pleistocène, durant laquelle l'érosion fut active sur les reliefs et l'incision a dû prendre une grande ampleur, permettant l'enfoncement du lit du Nant (-20 000 ans).

Conjointement à l'encaissement des gorges du Nant, des dépôts fluvio-glaciaires se sont mis en place au pied de ce rebord calcaire, ainsi que des dépôts de terrasses alluviales liés à l'Isère et au Nant (cf. figures 14 et 15).

Bien que les cycles géologiques liés aux périodes d'incisions et de dépôts laissent subsister quelques doutes quant à leur agencement dans le détail, cette morphologie est aujourd'hui bien visible dans le secteur de la zone du projet. De plus, les petites terrasses alluviales récentes du Nant se distinguent tout à fait dans le lit majeur du Nant par des petites ruptures de pente au niveau de la zone d'implantation prévue de la station d'épuration (cf. figures 2 et 3).

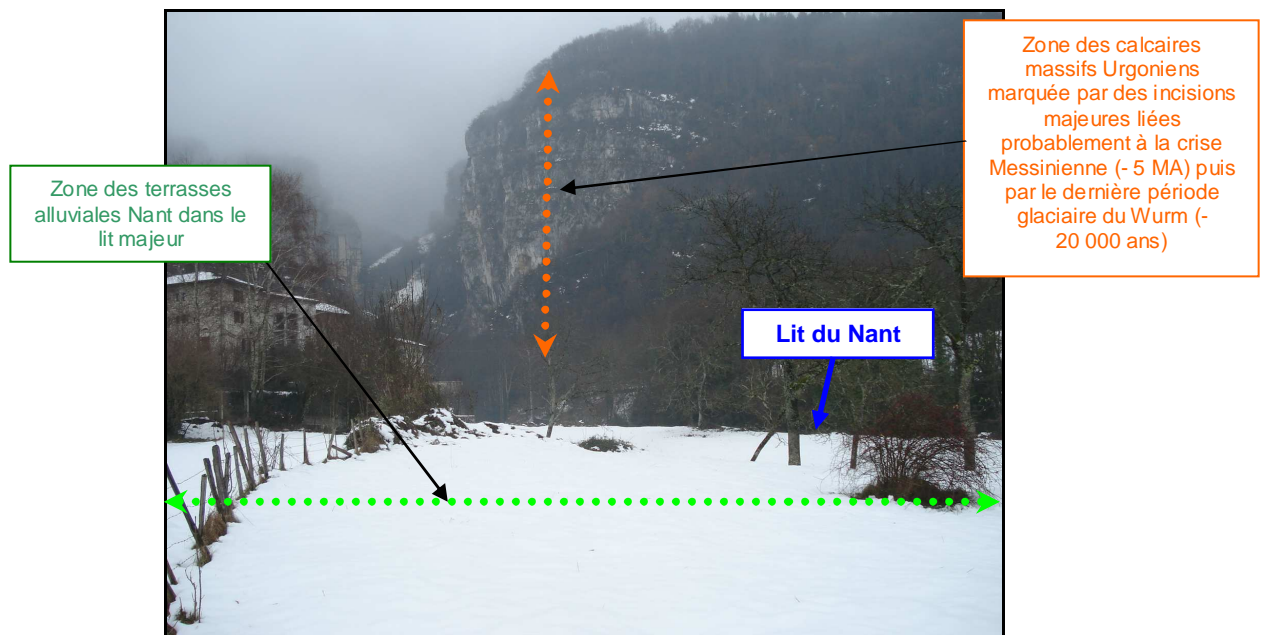


Figure 14 : aperçu géomorphologique de la zone du projet

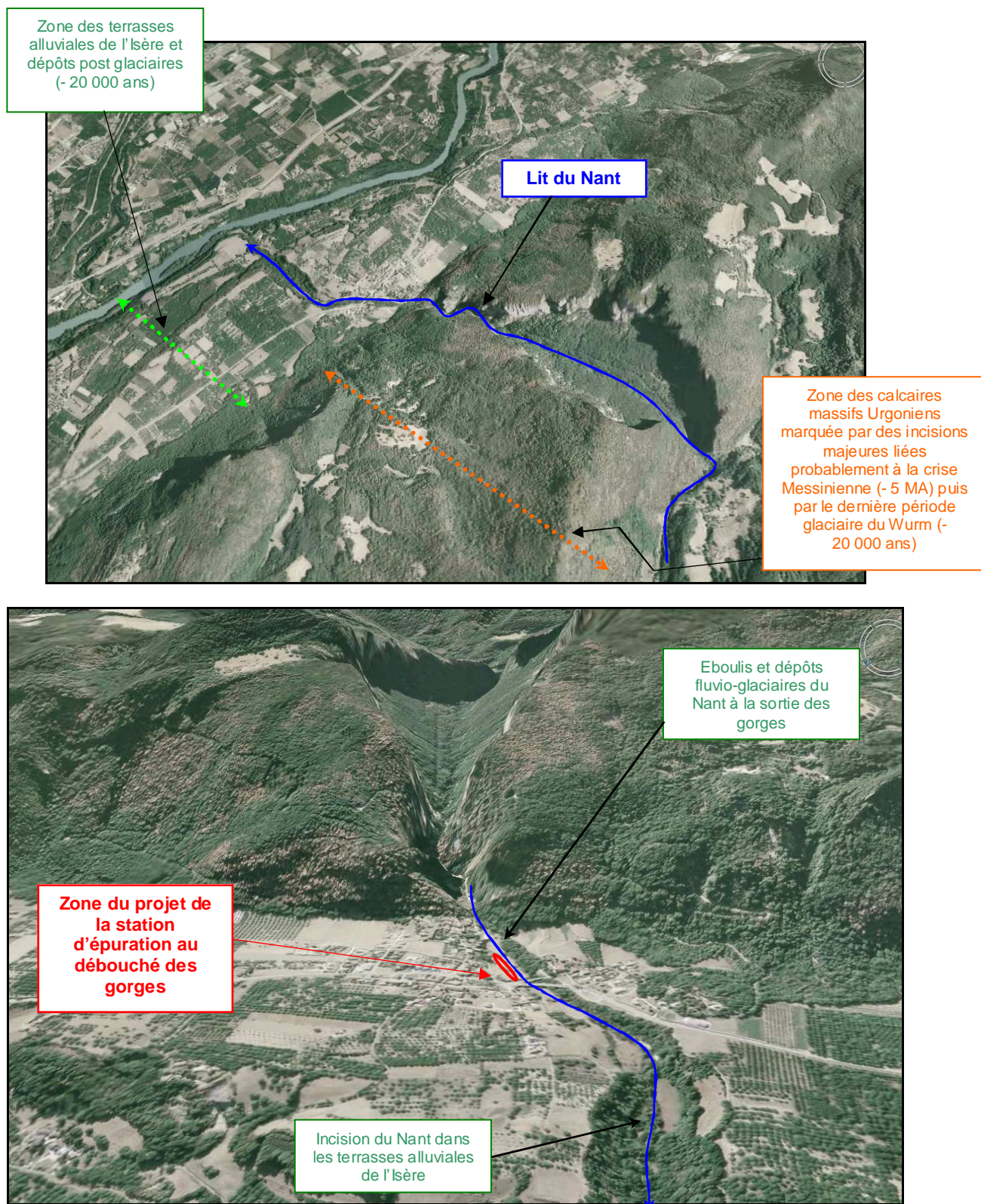


Figure 15 : situation géomorphologique du projet (source IGN - Géoportail)

4.2 EVALUATION QUALITATIVE DES RISQUES LIES AUX CRUES

Dans toute la partie terminale de son cours, le lit du ruisseau du Nant présente une morphologie typique de lit « à blocs » constitué d'une série de marches et de cuvettes. Les éléments structurant ces différentes marches sont de taille grossière, leur diamètre dépassant souvent 50 cm (Cf. la photo 1). Compte tenu de la pente, qui ne dépasse pas 5% au droit du projet, cette configuration confère au lit du Nant une certaine stabilité vis à vis du risque d'incision. En cas de crue, elle peut donner un caractère très turbulent aux écoulements du ruisseau et conduire à l'apparition de vagues typiques des écoulements torrentiels (Cf. la photo 2).



Photo 1 : allure du lit du Nant en amont immédiat du pont de l'ex-RN532.

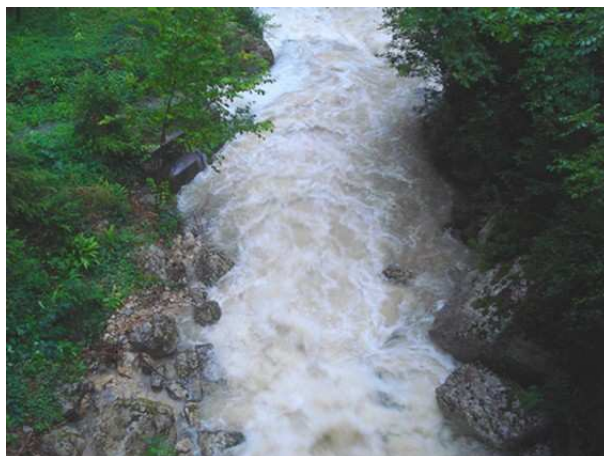


Photo 2 : le Nant vu depuis le pont de Montchardon lors de la crue du 6 septembre 2008

L'observation du lit, notamment dans la zone de la confluence avec l'Isère, montre que les apports solides ordinaires du Nant sont très réduits. Cette situation tient à de nombreux facteurs : très faible étendue des zones en érosion active dans le bassin d'alimentation, présence régulière d'affleurements rocheux en fond de lit et existence d'un pavage résistant au niveau du chenal d'écoulement.

Même si une reconnaissance détaillée du bassin n'a pas été menée dans le cadre de cette étude, il semblerait que la principale zone d'ablation véritablement active soit localisée entre 450 et 350 m d'altitude, en rive gauche du Nant. Elle concerne plusieurs zones d'éboulis plus ou moins déstabilisés, issus des falaises urgoniennes (Cf. la photo 3). En cas de forte crue, les apports en matériaux produits par de telles zones pourraient provoquer un rehaussement du fond du lit, particulièrement au droit des biefs caractérisés par une inflexion marquée de la pente longitudinale.



Photo 3 : tablier d'éboulis affouillé en rive gauche des gorges du Nant.

Au niveau des berges, on observe de très nombreux arbres penchés ou dépérissants menaçant de tomber dans le lit au prochain coup de vent ou à la prochaine crue. Certains arbres couchés dans le lit sont déjà susceptibles de former des amoncellements qui augmentent considérablement les risques de débordement et de rupture d'embâcles en cas de forte crue du Nant (Cf. la photo 4).



Photo 4 : arbres couchés dans le lit au droit du projet

Dans l'ensemble, le lit mineur est caractérisé par un encaissement assez remarquable. Au niveau de la rive droite, notamment, la hauteur de la berge atteint environ 3 m, pour un chenal dont la largeur moyenne est de 7 à 8 m. Généralement, le sommet de la berge située en rive gauche est plus bas que celui de la rive opposée (≈ 1 m), sauf en amont immédiat du pont de l'ancienne route nationale, où une importante quantité de remblais a été mis en décharge directement en bordure du lit. Dans ce même secteur, la profondeur du chenal n'atteint plus que 2 m à peine, ce qui laisse craindre des risques de débordement plus marqués. Cette situation s'explique notamment par la présence d'un seuil situé à une dizaine de mètres en aval du pont de l'ancienne route nationale. Cet ouvrage provoque une chute de l'ordre de 2 m. Il conduit aussi à une réduction sensible de la pente longitudinale du ruisseau sur une vingtaine de mètres, comme le montrent la photo 6 page suivante et le profil longitudinal présenté ci-dessous.

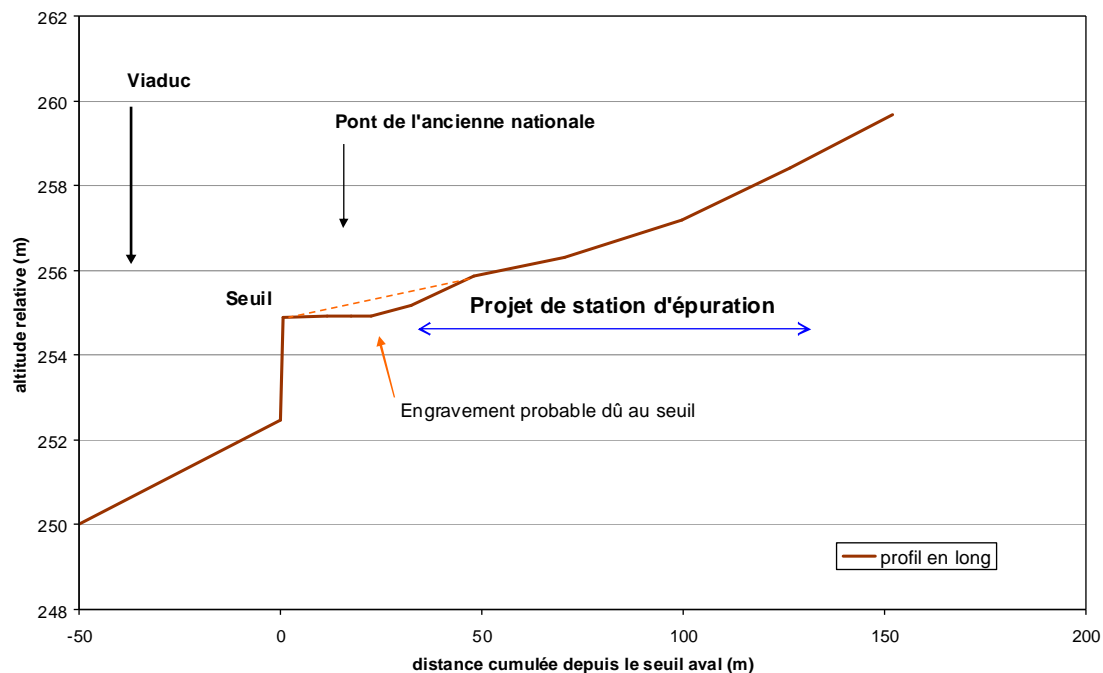


Figure 16 : profil en long du ruisseau au droit du projet



Photo 5 : vue générale montrant le remblai de la RN et l'emboîtement des différentes terrasses alluviales en rive droite du Nant.



Photo 6 : vue sur le pont de la route nationale depuis le seuil aval.

Dans ce secteur, le lit mineur est également contraint par les culées du pont de l'ancienne route nationale. Cet ouvrage présente une ouverture de 7 m, à peu près conforme à la largeur au plat fond du lit mineur. Dans le lit majeur, cette infrastructure a conduit à l'édification d'un imposant remblai routier barrant l'ensemble de la vallée (Cf. la photo 5).

L'examen du lit majeur révèle en rive droite l'existence d'une série de terrasses alluviales emboîtées qui témoignent de l'abaissement progressif du chenal d'écoulement du Nant, corrélativement à celui de l'Isère (Cf. la photo 5). Si les deux terrasses les plus hautes semblent aujourd'hui nettement hors d'atteinte des crues du ruisseau, la morphologie de la terrasse jouxtant le lit mineur actuel révèle encore le passage de crues passées (crue de 1776 ?). La dimension moyenne de la bande d'écoulement mesurée est alors de l'ordre de 10 m depuis le sommet de la berge.

En conclusion de cette approche qualitative des risques :

- en cas de forte crue, il faut s'attendre à observer des écoulements particulièrement turbulents, ainsi que le développement de vagues au niveau de la surface libre du courant ;
- un léger rehaussement du lit dû à l'effet prévisible du seuil sur les transports solides est à prendre en compte en amont immédiat de l'ouvrage. Au minimum, une pente d'équilibre de l'ordre de 2% peut alors être considérée en première approche.
- les risques de formation d'embâcles sont très importants en l'état actuel, tant au niveau du lit mineur qu'au niveau du pont de l'ancienne route nationale. Ils pourraient induire des risques d'érosion et de débordement qui doivent inciter à prendre une certaine marge de recul en cas d'obstruction du lit. A l'avenir, une gestion régulière et adaptée de la ripisylve devrait permettre de prévenir efficacement ces risques.
- de part leur présence, le seuil et le pont de l'ancienne nationale ont sans doute un impact hydraulique significatif. Cette influence pourrait se traduire par le développement un remous liquide et solide à l'origine d'une aggravation probable des risques de débordement.

4.3 ANALYSE HYDRAULIQUE DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DES CRUES

4.3.1 Démarche

L'analyse des conditions d'écoulement a été réalisée à partir du modèle HEC-RAS. Il permet la simulation en régime uniforme permanent (et non permanent) des conditions d'écoulement des crues dans le lit mineur et le lit majeur des cours d'eau dont la pente reste inférieure à quelques pour cents.

Sa mise en œuvre nécessite au préalable la construction d'un modèle numérique de terrain représentant la vallée étudiée. Dans le cas du cours d'eau étudié, 9 profils en travers ont été relevés pour les besoins de l'étude. Les ouvrages présents in-situ (seuil aval et pont) ont également été intégrés au modèle, de même que l'évolution prévisible du lit liée aux apports solides. La localisation des profils levés est précisée ci-dessous.

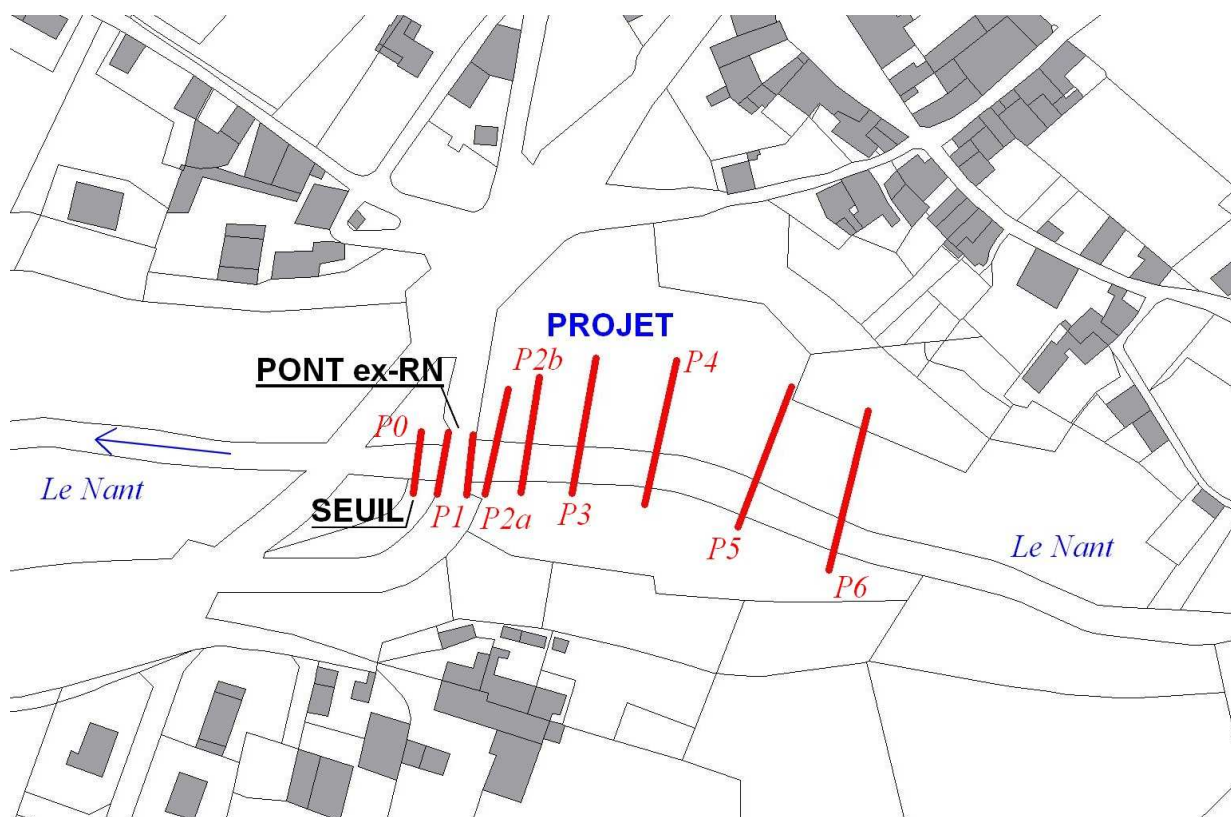


Figure 17 : localisation des profils en travers

En l'absence de crue dont on connaît de manière fiable à la fois le débit et le niveau atteint par l'écoulement en différents points, le réglage du modèle a été réalisé en retenant plusieurs coefficients de rugosité selon la nature et la morphologie du lit et des berges :

- $K = 15$ pour le lit mineur,
- $K = 20$ pour le lit majeur rive droite,
- $K = 10$ pour le lit majeur rive gauche.

Un régime d'écoulement critique a été retenu pour la condition limite aval compte tenu de la présence du seuil. Le niveau de référence retenu pour l'évaluation des risques de débordement correspond à la charge de l'écoulement, afin de tenir compte de la turbulence des écoulements induite par la morphologie du lit mineur en cas de forte crue.

4.3.2 Résultats

4.3.2.1 Crue de durée de retour 50 ans

Aucun débordement n'est prévisible en cas de crue de durée de retour 50 ans, mais le niveau de plein bord est atteint au droit des profils P2a et P2b. En dehors de ces deux profils, la revanche avant débordement est alors comprise entre 1,2 et 1,7 m, ce qui est très confortable. Dans le lit mineur, la vitesse moyenne de l'écoulement oscille entre environ 1,7 et 2,9 m/s. Le régime d'écoulement est du type fluvial, sauf à l'approche du seuil, qui correspond à un passage au régime critique.

4.3.2.2 Crue de durée de retour 100 ans

Pour un événement de durée de retour égale à 100 ans, le débordement dans le lit majeur est effectif au droit des profils P2a et P2b. Le débit qui s'écoule en dehors du lit mineur est néanmoins très faible puisqu'il est inférieur à 1 m³/s. Ceci correspond à une lame d'eau de l'ordre de 40 à 50 cm et à une bande d'écoulement latérale inférieure à 10 m. La zone de débordement concerne un linéaire d'environ 20 m mesuré depuis le pont de l'ancienne nationale. Dans le lit mineur, la vitesse est comprise en moyenne entre 1,8 et 3,4 m/s.

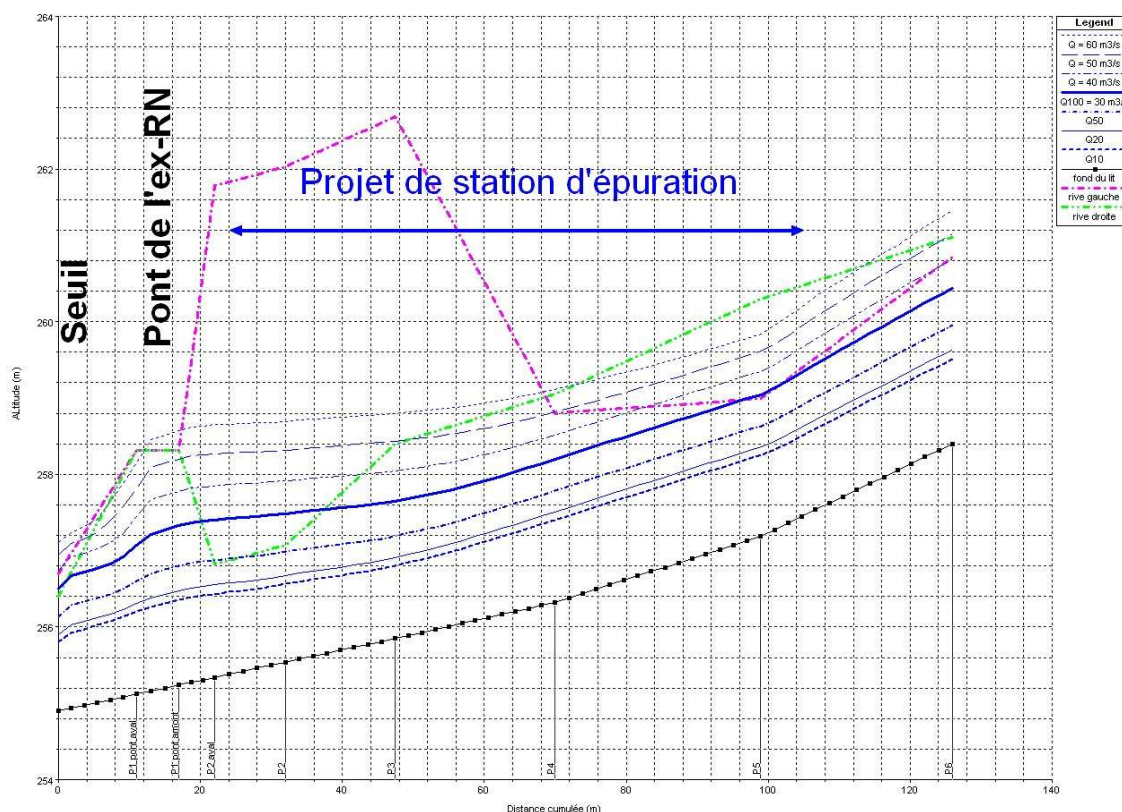


Figure 18 : lignes d'eau correspondant à différents débits

4.3.2.3 Crues exceptionnelles

Les conditions d'écoulement de crues plus rares que la crue centennale ont également été examinées. Jusqu'à un débit de 50 m³/s (durée de retour estimée à 300 ans), il apparaît que les modalités de débordement évoluent peu en comparaison d'un événement centennal, hormis une légère extension de la zone inondable vers l'amont, due à l'intensification du remous hydraulique. Pour un débit de 60 m³/s (durée de retour estimée à 500 ans), le risque de débordement dans le lit majeur est généralisé. Néanmoins, l'extension latérale de la crue ne devrait guère dépasser plus de 10 m et les lames d'eau écoulées devraient rester inférieures à 50 cm. Ponctuellement, ces niveaux pourraient par contre atteindre 1,8 m sur une vingtaine de mètres en amont immédiat du remblai de l'ancienne route nationale. Dans l'ensemble, les vitesses moyennes restent comprises dans une gamme allant de 2 à 4 m/s.

4.4 EVALUATION DE LA STABILITE GEOTECHNIQUE DES TERRAINS CONCERNES PAR LE PROJET

En premier lieu, il convient de préciser que lors de la visite réalisée sur la zone du projet, aucun indice de mouvements de terrain n'a été repéré.

La zone du projet se situe dans le lit majeur du Nant. A ce niveau les formations de surface sont constituées par des dépôts fluvio-glaciaires et fluviaux. On trouve donc des éléments de type galets intégrés dans une matrice argilo-terreuse. Toutefois, la teneur en argiles des terrains reste faible. Il en résulte que terrains devant supporter le projet sont relativement stables. De plus, en dehors de quelques talus visibles, la pente du terrain naturel est faible, ce qui ne rend pas cette situation propice aux instabilités gravitaires.

De plus, les terrains en présence, constitués par une forte proportion d'éléments centimétriques et pluricentimétriques (graves à graves sableuses), restent suffisamment drainants pour accueillir les eaux d'infiltration de la station d'épuration.

Par conséquent, un rejet des eaux traitées dans le terrain naturel n'est pas de nature à provoquer le développement d'instabilités géotechniques.

Il faudra néanmoins veiller, particulièrement en cas de déplacement latéral du projet, à préserver un fruit de 1V/3H lors des futures opérations de terrassement et de talutage, et aussi prévoir une végétalisation rapide des parties les plus en pente.



Figure 19 : Vues de la zone du projet et de son relief actuel (mini-terrasses, talus)

4.5 RECOMMANDATIONS POUR LA PRISE EN COMPTE DES RISQUES NATURELS

Compte tenu des éléments qui viennent d'être exposés et de la nature des enjeux concernés par ce projet, il apparaît que :

- l'infiltration des eaux d'épuration dans les terrains destinés à recevoir le projet de station d'épuration n'est pas de nature à provoquer de mouvements de sols.
- un entretien adapté et régulier de la ripisylve est nécessaire pour prévenir les éventuelles formations d'embâcles en cas de crue. Cet entretien consistera au débroussaillage des berges du ruisseau, à l'enlèvement des arbres morts, notamment ceux déjà tombés dans le lit, ainsi qu'à l'abattage sélectif des arbres pouvant poser problème en cas de forte crue (arbres sous-cavés, glissés, fortement penchés, dépérissants,...). En amont immédiat du pont de l'ancienne nationale, l'entretien devra être assez sévère sur une distance de 50 m. Il pourra ensuite être réalisé avec plus de souplesse en s'éloignant de cette infrastructure.
- le respect d'une marge de recul de 10 m par rapport au sommet des berges paraît suffisant pour tenir compte des aléas liés à l'érosion latérale et aux débordements du ruisseau du Nant en cas de crue centennale, y compris si ces risques sont éventuellement aggravés par la formation d'embâcles dans le lit mineur. Cette mesure est également efficace pour que les équipements projetés ne subissent pas de dommages irréversibles en cas d'événement dépassant une durée de retour de 100 ans.

Cette dernière contrainte implique de revoir l'implantation initiale du projet, en retenant une disposition éloignant les bassins de la bordure du lit mineur et collant plus à la topographie du terrain naturel. Ceci suppose également de réaliser des travaux de terrassement supplémentaires au niveau de la terrasse alluviale intermédiaire.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] BRGM, carte géologique au 1/50000, feuille Vif
- [2] DDAF, 1999, Approche d'une délimitation du bassin versant de Cognin les Gorges - Opération de traçage en milieu karstique
- [3] Delannoy J-J, Guendon J-L, Quinif Y., 1988, Les remplissages spéléologiques : un apport à la connaissance de la karstogénèse du massif des Coulmes (Vercors, Alpes), Annales de la société géologique de Belgique, T 111
- [4] Hydrogéotechnique Sud-Est, 2007, Station d'épuration de Cognin les Gorges, rapport d'étude géotechnique, missions G11-G12
- [5] Kerckhove, 1994, Cours de géologie générale, ENSHMG
- [6] RTM, base de données « événements »