



DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.10024



Ville du Mont-Dore

**ETUDE DES ZONES INONDABLES DU
LOTISSEMENT INDUSTRIEL DE LA COULEE**

Indice	Date	Chef de projet	Chargé d'études
2.0	Juin 2011	Yann COMEAUD	Florence GOURDON

Le système qualité de GINGER SOPRONER est certifié ISO 9001-2008 par



SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
TABLE DES PLANCHES	3
I. AVANT-PROPOS	4
II. PHASE 1 : ETAT DES LIEUX ET DEBITS DE REFERENCE	6
II.1. Description des cours d'eau et thalwegs	6
II.1.1. Description du « Creek Lotissement industriel »	6
II.2. Débits de référence.....	10
II.2.1. Méthode SPEED	10
II.2.2. Méthode rationnelle	10
II.2.3. Résultats	11
II.3. Diagnostic hydraulique	12
II.3.1. Ouvrage de franchissement de l'Axe 200 (OH2).....	12
II.3.2. Fossé entre OH2 et OH3	13
II.3.3. Ouvrage de franchissement OH3	14
II.4. Analyse géologique et géomorphologique	15
III. PHASE 2 : MODELISATION HYDRAULIQUE	20
III.1. Construction du modèle et hypothèses de calcul	20
III.1.1. Géométrie.....	20
III.1.2. Coefficients de Strickler	20
III.1.3. Conditions aux limites.....	20
III.1.1. Régime d'écoulement.....	22
III.2. Simulation des crues de référence	22
III.3. Analyse des incertitudes	24
III.3.1. Sensibilité aux variations du débit.....	24
III.3.2. Sensibilité aux variations de la rugosité	24
III.3.3. Sensibilité au régime d'écoulement	24
III.3.4. Sensibilité à la condition limite aval.....	24
III.4. Analyse du fonctionnement hydraulique du creek.....	25
III.5. Conclusion de la phase 2	26

IV.	<u>CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS</u>	<u>27</u>
IV.1.	Carte des iso-cotes, iso-hauteurs, iso-vitesses.....	27
IV.2.	Carte des aléas.....	27
V.	<u>ANNEXES</u>	<u>29</u>

TABLE DES PLANCHES

<i>Planche 1 : Aléas d'inondation de référence sur le lotissement industriel de La Coulée</i>	<i>5</i>
<i>Planche 2 : Plan des bassins versants.....</i>	<i>8</i>
<i>Planche 3 : Aménagements projetés et diagnostic</i>	<i>9</i>
<i>Planche 4 : Carte géologique</i>	<i>16</i>
<i>Planche 5 : Photos aériennes de 1976 et 1988</i>	<i>19</i>
<i>Planche 6 : Plan des profils modélisés.....</i>	<i>21</i>

I. AVANT-PROPOS

La Ville du Mont Dore a réalisé la viabilisation de l'extension du lotissement industriel de la Coulée (3^{ème} Tranche). Le secteur, longé sur sa partie Est par un creek et traversé à l'origine par un thalweg, avait fait l'objet des études suivantes :

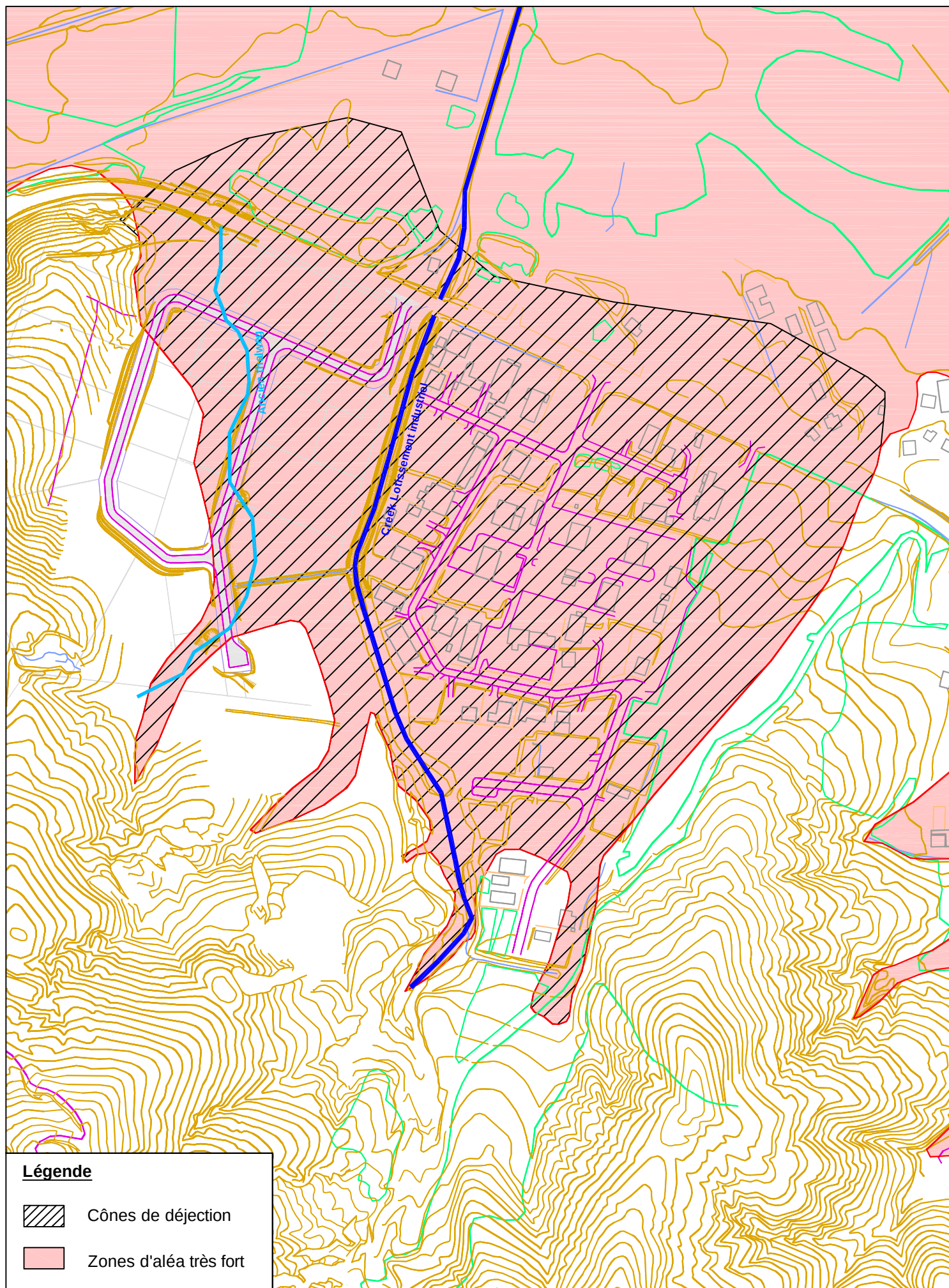
- Atlas des cartes d'inondabilité potentielle (CAREX et Hydrex, 2003). Ces études consistent en la délimitation des aléas inondation, par approche hydrogéomorphologique sur les creeks de la commune et par approche hydraulique sur la Coulée et la Lembi. Actuellement, sur le secteur d'étude, ces cartes sont la référence en terme d'aléas d'inondation. Cette carte place une part importante du lotissement industriel de la Coulée en aléa très fort en raison de la présence d'un cône de déjection sur l'ensemble de la zone de projet. Un extrait de cette carte est fourni en planche 1.
- Etudes Hydrauliques complémentaires sur la Commune du Mont Dore (SOGREAH, 2010) qui complètent les études hydrauliques initiales (SOGREAH, 2006). Ces études consistent en l'étude des zones inondables de différents creeks du Mont-Dore par modélisation hydraulique. Initialement, ces études avaient caractérisé le risque inondation par approche hydraulique sur cette 3^{ème} Tranche du lotissement, mais la topographie utilisée ne prenait pas en compte les travaux de viabilisation effectués sur le secteur. Dans la version régularisée de 2010, ce secteur a été exclu de l'étude.

La Ville souhaite donc :

- réactualiser cette étude sur le secteur du lotissement industriel en tenant compte des changements de topographie et des ouvrages de gestion des eaux pluviales réalisés,
- préciser le risque lié à la présence du cône de déjection.

La démarche menée dans cette étude sera donc la suivante :

- Réactualisation des bassins versants en fonction de la nouvelle topographie du site,
- Reprise des débits spécifiques de référence de l'étude initiale SOGREAH, pour assurer une homogénéité d'approche sur l'ensemble des creeks du Mont-Dore,
- Diagnostic hydraulique de l'ancien thalweg qui est actuellement en partie canalisé,
- Diagnostic géologique et hydrogéomorphologique pour caractériser le risque lié à la présence du cône de déjection,
- Réactualisation du modèle (sous le logiciel HEC-RAS) de l'étude initiale SOGREAH,
- Réactualisation des cartes d'aléas avec une topographie et un modèle à jour.



Etude des Zones inondables du lotissement industriel de la Coulée

Planche 1 : Aléas d'inondation de référence sur le lotissement industriel de La Coulée

Format : A4
Echelle :
1/4000

II. PHASE 1 : ETAT DES LIEUX ET DEBITS DE REFERENCE

II.1. DESCRIPTION DES COURS D'EAU ET THALWEGS

Le réseau hydrographique au droit de la troisième tranche de la zone industrielle de La Coulée se compose :

- D'un creek qui longe sa partie Est. Ce creek, drainant un des bassins versants les plus importants du massif du Mont Dore, a été recalibré et retracé entre 1990 et 1992 (ces travaux ont été réalisés par les anciens services du Génie Rural des Eaux et Forêts). Il sera par la suite appelé « Creek Lotissement industriel ».
- D'un thalweg qui traversait, avant sa viabilisation, l'actuelle zone d'extension du lotissement industriel. La partie amont du bassin versant de ce thalweg est aujourd'hui raccordée sur le creek « Lotissement industriel ». Ce thalweg sera par la suite appelé « Thalweg 1 ». Les eaux collectées par ce thalweg transitent par deux ouvrages hydrauliques qui peuvent être à l'origine de débordements. Un diagnostic hydraulique des risques de débordements de ce thalweg sera effectué dans le paragraphe II.3.

II.1.1. Description du « Creek Lotissement industriel »

δ Description du bassin versant

La localisation des bassins versants est fournie en planche 2.

Le creek « Lotissement industriel » draine un bassin versant d'une superficie de 1.8 km² au niveau de l'ouvrage de franchissement de la RP1.

Les caractéristiques générales du bassin versant sont les suivantes :

Surface drainée (km²)	1.8
Plus long chemin hydraulique (m)	1545
Pente moyenne pondérée (%)	15
Dénivelé maximal (m)	720

En amont, les versants très pentus, restés naturels, sont fortement végétalisés (hormis sur les zones d'arrachements des ravines naturelles). La pente du thalweg principal est d'environ 25% sur cette zone.

En aval, une faible partie de la surface drainée est urbanisée (lotissement industriel).

δ Description du cours d'eau

Le linéaire étudié porte de l'amont de la 3^{ème} Tranche du lotissement industriel jusqu'à l'ouvrage de franchissement de la RP1 (OH1).

Sur ce tronçon, le creek, artificiel, est très marqué avec un lit mineur de 15 m de large en tête. Le fond du lit est composé principalement de galets et blocs. Sa pente moyenne, sur le linéaire étudié est de 3 à 5%.

Le lit majeur est constitué en rive droite du lotissement industriel (hangars, clôtures...). En rive gauche, l'extension de la zone industrielle est encore à l'état de projet, les parcelles, remblayées, sont bien dégagées.

Sur la zone d'étude, le seul ouvrage hydraulique est un ouvrage cadre de 4m x 2m franchissant la RP1.



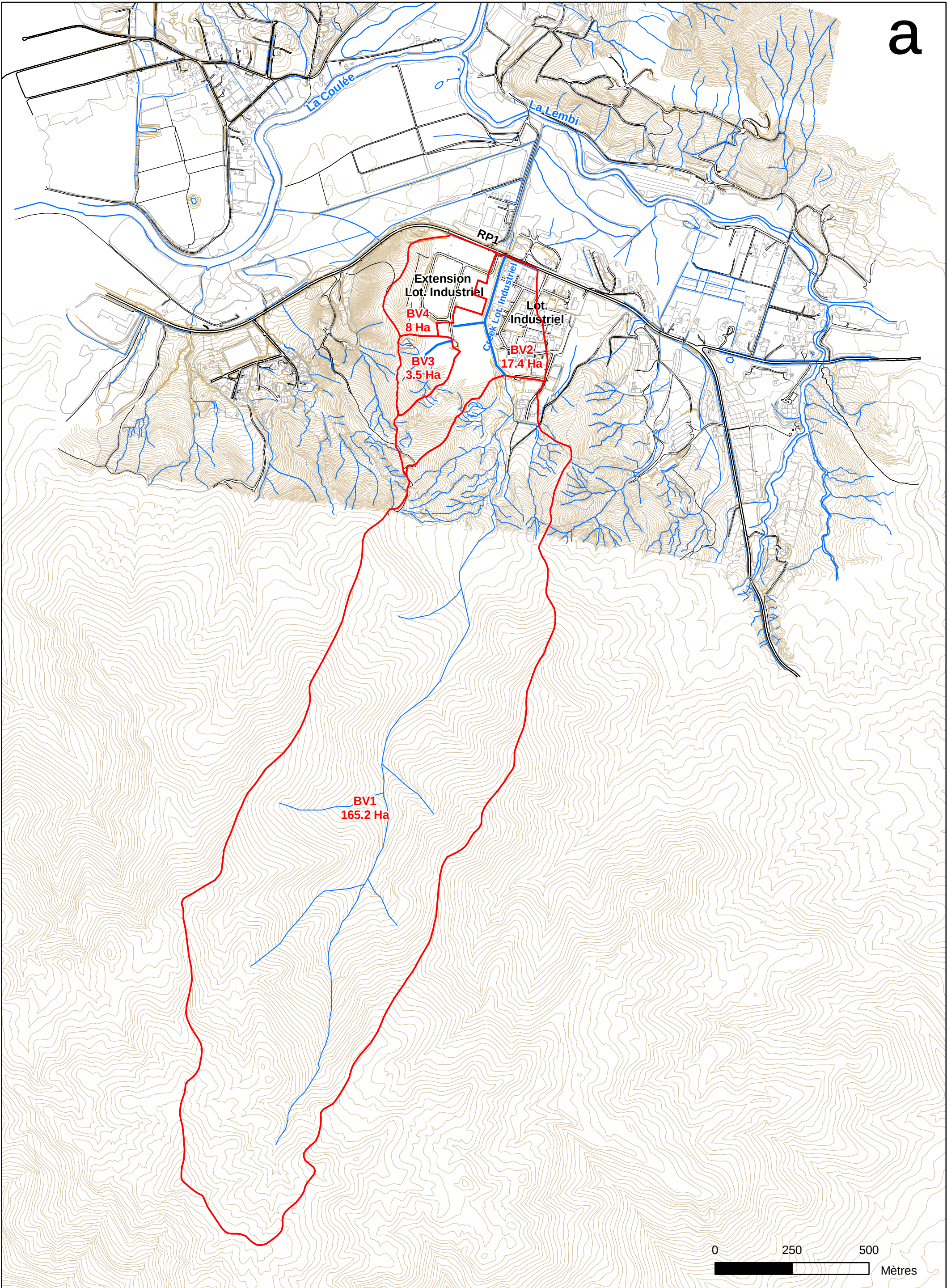
Lit mineur du « Creek Lotissement industriel » en amont de la RP1



Ouvrage cadre RP1 (OH1)

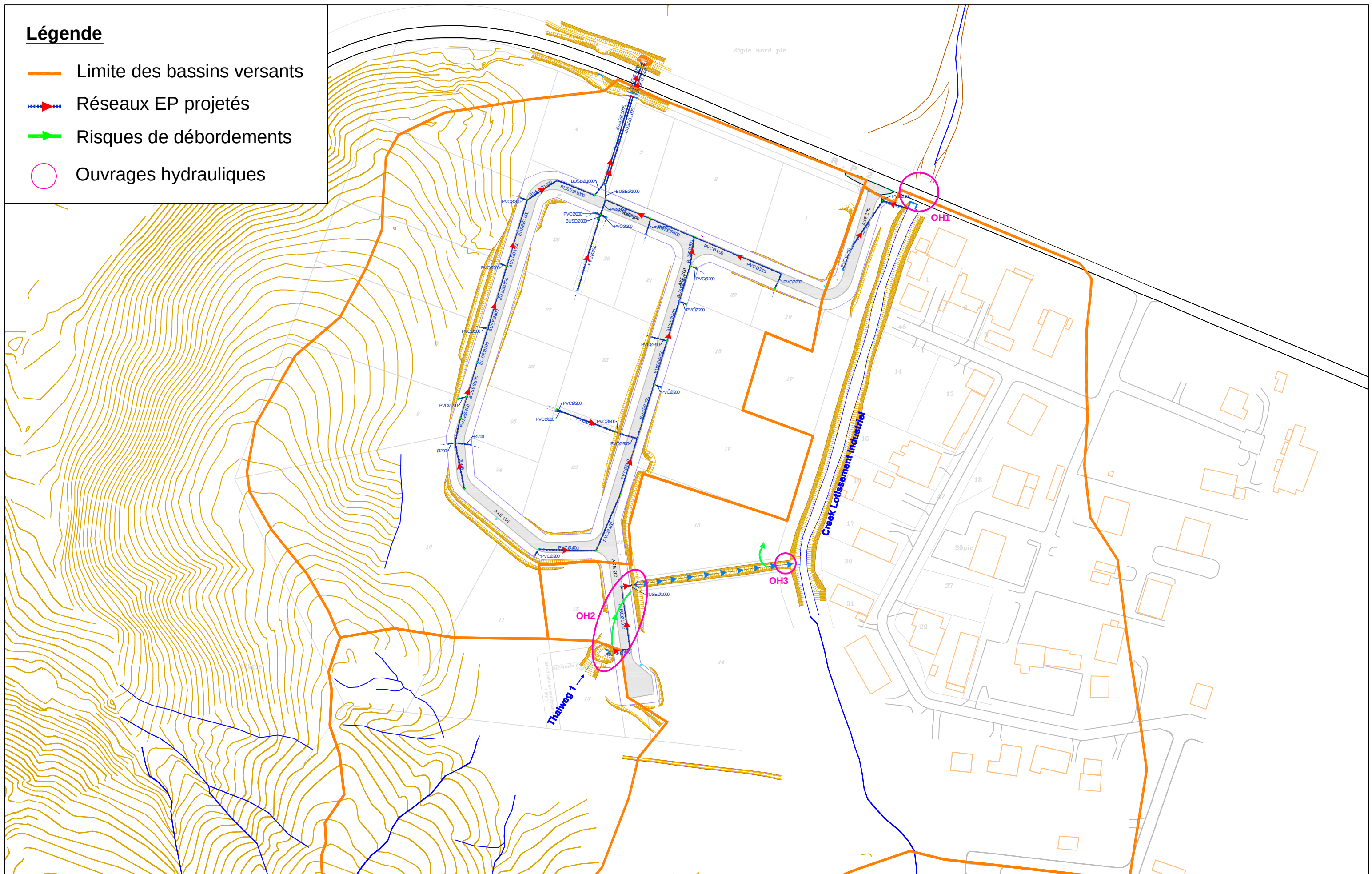
Lit majeur en rive gauche et fossé

a



Légende

- Limite des bassins versants
- Réseaux EP projetés
- Risques de débordements
- Ouvrages hydrauliques



Etude des Zones inondables du lotissement industriel de la Coulée

Planche 3 : Plan des aménagements projetés

II.2. DEBITS DE REFERENCE

Dans le cadre de l'étude hydraulique initiale de SOGREAH, plusieurs méthodes de calcul des débits de référence ont été étudiées.

II.2.1. Méthode SPEED

La première basée sur la méthode SPEED conduit aux formulations des débits décennaux et centennaux suivantes :

$$Q_{10} = \frac{S^{0.75}}{12} (380 - 35) \quad Q_{100} = \frac{S^{0.75}}{12} (630 - 35)$$

Avec :

Q_T : débit de période de retour T (m³/s)

S : surface drainée (km²)

II.2.2. Méthode rationnelle

La seconde approche utilisée par SOGREAH est l'application de la méthode rationnelle. Celle-ci est généralement adaptée aux petits bassins versants, même si certains auteurs suggèrent son utilisation pour des superficies de bassins versants allant jusqu'à 250 km². Cette méthode se fonde sur l'hypothèse que les débits maximaux de crue d'un bassin versant sont directement proportionnels aux intensités pluviométriques calculées sur son temps de concentration. Le coefficient de proportionnalité, ou coefficient de ruissellement (C), est rattaché à l'occupation du sol du bassin versant. Il varie également en fonction de sa superficie, de sa pente et de l'intensité des précipitations. Basée sur une connaissance de la pluviométrie locale et des caractéristiques du bassin versant, l'équation s'écrit comme suit :

$$Q = \frac{1}{3,6} C.i (tc).A$$

Avec :

- C, le coefficient de ruissellement
- i (tc), l'intensité pluviométrique associée à la période de retour de l'événement pluvieux et au temps de concentration du bassin (mm/h).
- A, la superficie du bassin versant (km²)
- Q, le débit de pointe (m³/s)

δ Coefficient de ruissellement

Ce paramètre traduit l'aptitude du sol à ruisseler et représente la portion de pluie tombée qui rejoint effectivement l'exutoire du bassin versant.

Le coefficient de ruissellement varie en fonction de l'intensité de la pluie, de la pente du bassin versant et de l'occupation des sols.

Les coefficients de ruissellement retenus par la suite sont les suivants :

Occurrence	Coefficient de ruissellement
5 ans	0.6
10 ans	0.8
100 ans	1

δ Temps de concentration

Le temps de concentration des bassins versants du creek du lotissement industriel est calculé par la méthode des transferts. Cette méthode est issue d'une analyse réalisée par la DAVAR dans le cadre de la détermination des courbes enveloppes des débits spécifiques maximaux de crues pour le quart sud ouest de la Nouvelle Calédonie. Le temps de concentration est estimé en considérant une vitesse de transfert de l'ordre de 2 m/s (4 m/s si la pente est supérieure à 15 %) appliquée au drain hydraulique le plus long. Cette méthode semble donner des résultats cohérents, sur la base des observations menées en Nouvelle Calédonie. Pour les sous-bassins versants de quelques ha, une valeur seuil du temps de concentration de 6 mn est considérée. Les temps de concentrations retenus sont donc les suivants :

Bassins versants	Temps de concentration (en min)
BV1	17
BV1+2+3	20
BV3	6
BV4	6

δ Intensité pluviométrique

Lors de l'étude SOGREAH, l'intensité pluviométrique retenue pour l'application de la méthode rationnelle correspondait à la moyenne des intensités des stations de Montagne des Sources et Nouméa. Afin de rester cohérent avec cette précédente étude, les mêmes intensités seront réutilisées ici.

II.2.3. Résultats

Les débits obtenus sont alors les suivants :

Bassin versant	Surface drainée (km ²)	Méthode SPEED			Méthode rationnelle		
		Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
BV1	1.65	29.6	42	72	27	42	75
BV1 +BV2 + BV3	1.83	31.9	45	78	28	44	78
BV3	0.04	1.6	2.3	4.0	0.9	1.3	2.4
BV4	0.08	3.1	4.3	7.5	2.0	3.0	5.4

Les résultats obtenus pour les bassins versants les plus importants sont quasi-similaires. **Ceux obtenus par la méthode SPEED seront retenus pour le bassin versant global (BV1+2+3) et le BV1 afin de rester en adéquation avec l'étude de SOGREAH.**

En revanche, pour les bassins versants de très faible superficie (BV3 et 4), la méthode SPEED surestime sensiblement les débits générés. La méthode rationnelle, mieux adaptée aux bassins versants de cette taille, sera retenue.

II.3. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE

Avant les aménagements de la 3^{ème} tranche du lotissement industriel, ce thalweg drainait un bassin versant d'environ 12-13 ha au droit de la RP1. Les aménagements de viabilisation réalisés ont sensiblement modifié l'organisation des écoulements. En amont du secteur d'étude, ce thalweg a été intercepté et canalisé vers le creek du lotissement industriel par le biais des ouvrages suivants :

- L'ouvrage de franchissement de l'Axe 200 (OH2),
- Un fossé entre OH2 et OH3,
- Une buse (provisoire) située juste en amont de la confluence avec le creek lotissement industriel (OH3).

Pour rappel, le bassin versant intercepté de ce thalweg (BV3) représente une superficie de 3.5 ha. La partie aval du bassin versant initial de ce thalweg (BV4, d'environ 8 ha) a été quasi entièrement aménagée. Un réseau pluvial a été créé pour collecter les eaux de voiries et de parcelles.

L'objet de cette partie est d'étudier et de quantifier les risques de débordements du thalweg 1 qui ne fera pas l'objet d'une approche hydraulique « classique » par modélisation, vu la très faible superficie du bassin versant drainé. Le diagnostic ne portera pas sur le fonctionnement du réseau pluvial de cette tranche du lotissement industriel, ces problématiques relevant de la conception du projet.

II.3.1. Ouvrage de franchissement de l'Axe 200 (OH2)

Pour rappel, le débit centennal drainé en amont de cet ouvrage est de 2.4 m³/s. En amont, la tête de l'ouvrage (fil d'eau environ 2.8 m sous le niveau de la route (Axe 200)), présente un bon entonnement. Ce passage canalisé sous l'Axe 200 est constitué de 3 tronçons :

- Une conduite Ø800 de pente 1.1% et de 13 m de longueur,
- Une conduite Ø1000 de pente 1% et de 37.5 m de longueur,
- Une conduite Ø800 de pente 1.2% et de 8.4 m de longueur.

L'exutoire de cette dernière canalisation est situé légèrement en contre-haut par rapport au fil d'eau du fossé, créant ainsi une chute d'environ 25-30 cm.

Après application de la formule de Manning Strickler, ce passage canalisé peut évacuer environ 1.1 m³/s dans la configuration où elle ne subit ni mise en charge amont ni contrôle par l'aval.

Avant débordement sur l'Axe 200, (mise en charge de 2 m par rapport à la génératrice supérieure de la conduite), le débit capable de ce linéaire canalisé est de l'ordre de 1.7 à 2 m³/s (calcul de canalisation par mise en charge amont). En conclusion :

- Pour les crues quinquennales, le débit est évacué sans mise en charge amont,
- Pour les crues décennales, une mise en charge par l'amont sera observée mais sans débordement sur la route,
- Pour la crue centennale, une surverse sera à noter sur l'Axe 200 (débit surversé de l'ordre de 0.5 à 0.7 m³/s). La lame d'eau sur la route pour un tel débit sera d'environ 10 cm et n'affectera aucun enjeu.

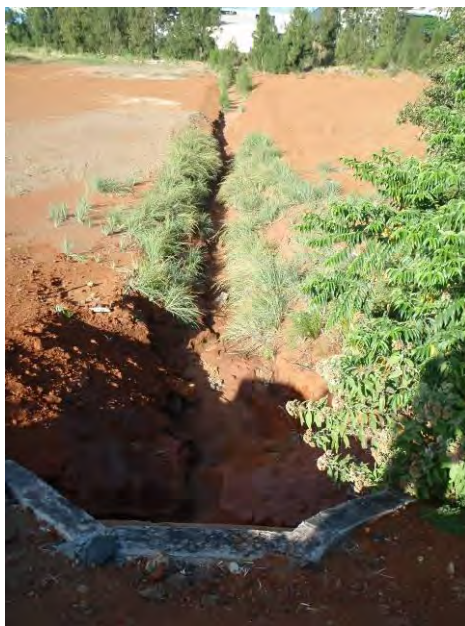


Une surveillance accrue et l'évacuation des dépôts en amont de l'ouvrage seront essentiels pour assurer le bon fonctionnement de cet ouvrage.

II.3.2. Fossé entre OH2 et OH3

Le fossé envisagé entre l'ouvrage OH2 et le creek présente un profil triangulaire avec une hauteur comprise entre 0.8 et 1 m et une largeur en tête de 4 à 5 m. La pente longitudinale est d'environ 5 %. Cette configuration permet d'évacuer les débits centennaux générés.

Ce fossé étant cependant réalisé dans les terrains latéritiques, ce fossé s'est érodé sur sa partie amont tandis que sur l'aval des dépôts sont à noter. Ces phénomènes ont sensiblement modifié le profil en long du fossé. Afin de pérenniser cet aménagement, il serait donc souhaitable de lui redonner la configuration envisagée sur les plans projet et de l'enrocher (berges + fond du lit) avec des enrochements 100-300 mm ou de prévoir un caniveau béton.



Fossé

II.3.3. Ouvrage de franchissement OH3

Cet ouvrage de franchissement provisoire de la piste qui longe le creek, non envisagé initialement sur les plans projet (le fossé rejoignait en effet le creek sans ouvrage), est constitué d'une buse Ø500 de pente d'environ 5%.

Sa capacité est très nettement insuffisante par rapport aux débits amont, et un risque de débordement sur la piste et surtout du fossé sur les parcelles aval est à craindre. A noter qu'en aval de cette buse un effondrement de la berge s'est produit sur 4 à 5 m de large, lié vraisemblablement aux surverses sur la piste et aux vitesses importantes du creek en période de crue.

	
<i>Amont de l'ouvrage</i>	<i>Aval de l'ouvrage (effondrement de la berge)</i>

Afin d'éviter des surverses du fossé vers les terrains viabilisés en contrebas, lié à la présence de cet ouvrage insuffisant, il est fortement conseillé de reprendre ce passage (radier enroché au fil d'eau du fossé, ouvrage de franchissement à dimensionner dans le cadre des études de détail ...).

Quoiqu'il en soit il est essentiel de protéger la berge de cet exutoire dans le creek, afin d'éviter une érosion importante de celle-ci avec un risque que la piste soit emportée et que potentiellement des débordements du creek se produisent à cet endroit vers les parcelles.

II.4. ANALYSE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

L'objet de ce volet est d'identifier le contexte géologique et hydro-géomorphologique de ce secteur afin de pouvoir caractériser le risque lié à la présence du cône de déjection.

L'analyse ci-après est basée sur les données suivantes :

- Carte géologique au 1/50 000 (source DIMENC) (cf. Planche 5),
- Cartographie des formations superficielles et mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, massif du Mont-Dore, Maurizot P. (2001) (rap. BRGM RP-50725-FR), extraits fournis en Annexe 1
- Etude de faisabilité géotechnique – Lotissement industriel – 3^{ème} Tranche (A2EP 064/07/G/LG-1), carte de la morphologie du site et extraits joints en Annexe 2.

Les différentes études confirment, au même titre que l'étude Carex de 2003, la présence du cône de déjection (cf. Planche 5) en pied de versant qui s'étend sur la totalité du lotissement industriel existant et qui affecte en partie Est la 3^{ème} tranche concernée par la présente étude, avec une délimitation qui diffère très légèrement selon les études.

Les autres formations en place sur le secteur d'étude sont :

- Des formations d'altération des serpentines (latérite rouge graveleuse essentiellement),
- Une zone de blocs rocheux (blocs de péridotites affleurants)

L'étude des aléas mouvements de terrains (BRGM, 2001) dresse une description des phénomènes historiques (arrachements, glissements de terrain, ravines, zones d'épandages, coulées de débris et de boue, ...) et analyse l'évolution de ces désordres par photo-aériennes (1942, 1954, 1976, 1982).

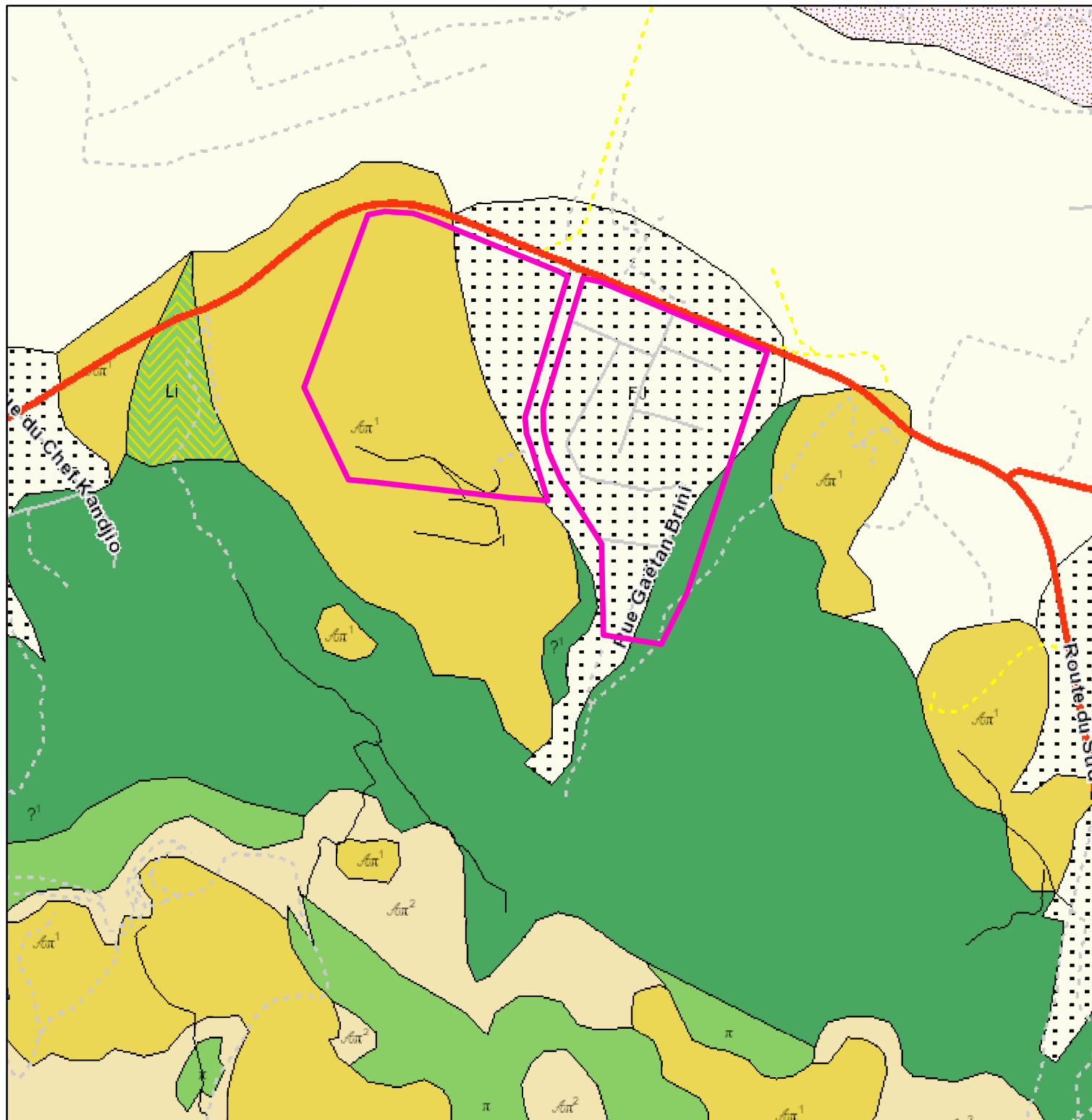
De manière synthétique, il ressort de cette étude que sur le bassin versant du lotissement industriel des arrachements et coulées de débris se produisent sur les versants amont avec la **présence d'une grande ravine active**, dont l'extension a progressé très nettement entre 1942-1954 et de manière imperceptible mais probable à compter de cette période. **Aucun aménagement minier** n'est à noter sur le bassin versant.

En aval, soit au niveau du lotissement industriel, le phénomène évoqué précédemment alimente une zone d'épandage et d'alluvionnement, qui constitue le lit majeur de ce torrent. Les travaux de recalibrage et de rectification du lit de ce creek au droit du lotissement industriel ont fortement modifié, sur l'aval, cette zone d'épandage.

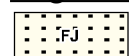
Au final, cette étude a conclu au classement du secteur d'étude en aléa faible (aléa des massifs miniers, laves torrentielles, paquets glissés, coulée de débris) et un aléa torrentiel a été indiqué sur le creek (bande de 25 m de part et d'autre du cours d'eau) pour mentionner le risque lié au fonctionnement torrentiel de ce creek (cf. Annexe 1).

De façon à préciser ce risque torrentiel, deux approches ont été menées :

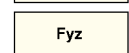
- l'analyse hydraulique conduite dans la phase ultérieure,
- une analyse des photos aériennes historiques.



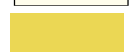
Légende



Cônes de dejection indifférenciés, FJ



Alluvions actuelles et récentes, Fyz



Formations d'altération, Latérites épaisses sur péridotites, A Pi(1)



Formations d'altération, Latérites minces dur péridotites, APi(2)



Nappe des péridotites, Serpentinites, Lambda(1)



Nappe des péridotites, péridotites indifférenciées, Pi



Formations d'épandages et de versants, Formations de pente à débris ferrugineux, E7



Emprise du lotissement industriel

La photo aérienne de 1976 témoigne de la situation du secteur d'étude avant la réalisation des premières tranches du lotissement industriel de la Coulée. Si, sur la partie amont du lotissement industriel, le lit du torrent a peu évolué par rapport à la situation de 1988 et même actuelle, sur la partie aval, le lit du creek transitait dans l'actuel lotissement industriel avec un ouvrage sous la RP1 à quelques dizaines de mètres de celui actuel.

La configuration de 1988 témoigne des premiers aménagements du lotissement industriel qui n'ont pas encore affecté le creek.

La photo aérienne de 1992 (cf. ci-après) illustre la situation actuelle du creek avec un lit reprofilé et « chenalisé » et un ouvrage de franchissement de la RP1 entre le lotissement existant et la 3^{ème} Tranche.



Photo aérienne du secteur d'étude (1992)

Les travaux de recalibrage du creek ont eu lieu dans les années 1990-1992, lors de l'aménagement du lotissement industriel, le cliché de 1992 montre en effet un lit totalement dégagé et dépourvu de végétation, ce qui laisse penser que les travaux de recalibrage ont été terminés peu avant cette date.

Plusieurs constats peuvent être dressés sur ces deux photos aériennes de 1976 et 1988 :

- globalement, la largeur du lit du torrent est comprise entre **40 et 50 m**. Cette largeur correspond à l'espace de mobilité de ce creek avec des zones de dépôts (galets, blocs) et des méandres qui évoluent au fil des crues,
- Il semblerait qu'au droit du virage actuel du creek des déversements en rive gauche se soient produits, déversements qui rejoignent l'ancien thalweg existant avant la viabilisation de la 3^{ème} Tranche.

Le tracé et le profil du creek ayant été totalement modifié sur l'aval, il est difficile de conclure par rapport à cette situation antérieure naturelle.

En conclusion, si la présence du cône de déjection est en effet confirmée par les différentes études, celui-ci ne semble pas être actif. Le creek du lotissement industriel présente en effet un lit bien marqué sur la partie amont avec un encaissant de 7 à 10 m qui rend peu probable un éventuel débordement ou divagation sensible de ce cours d'eau.

Hormis quelques arrachements naturels, les apports solides amont sont peu ou pas importants, et la zone de dépôt en amont du lotissement industriel jouera un rôle tampon (stockage des matériaux en cas d'apports conséquents). Il convient donc de la conserver et de veiller à son état d'engrèvement, dans la mesure où les matériaux peuvent être repris et transportés en aval (actuellement les épaisseurs d'alluvions sur cette zone semblent peu importantes, le substratum rocheux peut être entre-aperçu par endroit).

La problématique hydrogéomorphologique ne se situe donc pas au niveau du risque généré par le cône de déjection, mais plutôt par le risque d'érosion des berges et éventuellement de déversement sur le linéaire recalibré. L'approche hydraulique menée ci-après permettra de fournir des éléments quant à ces risques.

**Extension du lot. industriel
(3ème tranche)**

**Lot. industriel
existant**

Photo aérienne de la zone d'étude datant de 1976
(Source DITTT)

Légende

 Zones de débordements

Photo aérienne de la zone d'étude datant de 1988
(Source DITTT)

**Extension du lot. industriel
(3ème tranche)**

**Lot. industriel
existant**

III. PHASE 2 : MODELISATION HYDRAULIQUE

III.1. CONSTRUCTION DU MODELE ET HYPOTHESES DE CALCUL

III.1.1. Géométrie

Le modèle hydraulique a été élaboré sur la base du modèle réalisé par SOGREAH lors de l'étude de 2010 auquel a été ajouté un profil aval. Par ailleurs, lorsque cela c'est révélé nécessaire, les profils ont été étendus sur la base :

- Du fond de plan au 1/2000^{ème},
- Du plan de récolement de l'extension du lotissement industriel.

Les profils représentant la RP1 et le profil P0.5 n'ont pu être « fermés » dans la mesure où la topographie voisine ne le permet pas. Ces profils représentent la zone d'écoulement préférentiel et cette configuration est légèrement sécuritaire dans la mesure, notamment au droit du profil P0.5, où l'expansion des crues peut être plus importante et abaisser en réalité le niveau d'eau. Une analyse de l'impact de ce choix de modélisation sera développée au paragraphe III.3.

III.1.2. Coefficients de Strickler

En l'absence de témoignages et de laisses de crues sur le secteur, le modèle n'a pas pu être calé. Cependant, dans le cadre des nombreuses études réalisées par GINGER SOPRONER sur la Nouvelle Calédonie, des coefficients de Strickler, traduisant la rugosité des lits mineurs et majeurs de talwegs ont pu être calés.

Les valeurs suivantes seront retenues par la suite :

- **25** en lit mineur, celui-ci étant bien marqué et propre et donc favorisant un bon écoulement.
- **14** en lit majeur de rive gauche en amont de la RP1, celle-ci étant bien dégagée avec une végétation rase ou inexistante (il sera montré par la suite que les débordements ne concerneront pas les zones à urbaniser ce qui aurait légitimé des coefficients plus défavorables pour prendre en compte les bâtis et clôtures),
- **7** en lit majeur de rive droite et en rive gauche en aval de la RP1, ces secteurs étant urbanisés et encombrés par des bâtiments, hangars...

III.1.3. Conditions aux limites

La hauteur normale calculée pour une pente de 1.8% (pente moyenne du fond du lit entre OH1 et la confluence avec la Lembli) a été retenue comme condition limite et appliquée au profil P0.5.

Les cotes d'inondation de la Lembli (11.40 m NGNC au droit du secteur d'étude) déterminées par Hydrex, n'ont pas été retenues comme conditions limite aval dans la mesure où elles ne paraissaient pas être plus importantes que celles générées par ce creek.

Légende

Profils modélisés

Ouvrages modélisés

Cours d'eau modélisés

Etude des Zones inondables du lotissement industriel de la Coulée

Planche 6 : Plan des profils modélisés

Format : A4

Echelle : 1/2000

III.1.1. Régime d'écoulement

Les différentes simulations ont permis de mettre en évidence que le régime d'écoulement est torrentiel. Le modèle a cependant été simulé en régime fluvial afin de ne pas sous-estimer (et donc être légèrement sécuritaire) les hauteurs d'eau calculées. En effet, pour un même débit dans une section la hauteur d'eau en régime fluvial est plus importante que celle en régime torrentiel et à contrario pour la vitesse. Les vitesses peuvent donc être sous-estimées mais dans la mesure où les écoulements sont toujours supérieurs à 1 m/s, cette problématique n'est pas influente pour la présente étude. A contrario, dans le cadre des études d'aménagements du creek, ce régime torrentiel devra être retenu afin de ne pas sous-estimer les vitesses et ainsi sous-dimensionner les protections à envisager.

Une analyse de sensibilité en comparant le régime fluvial (ici critique) et torrentiel sera menée.

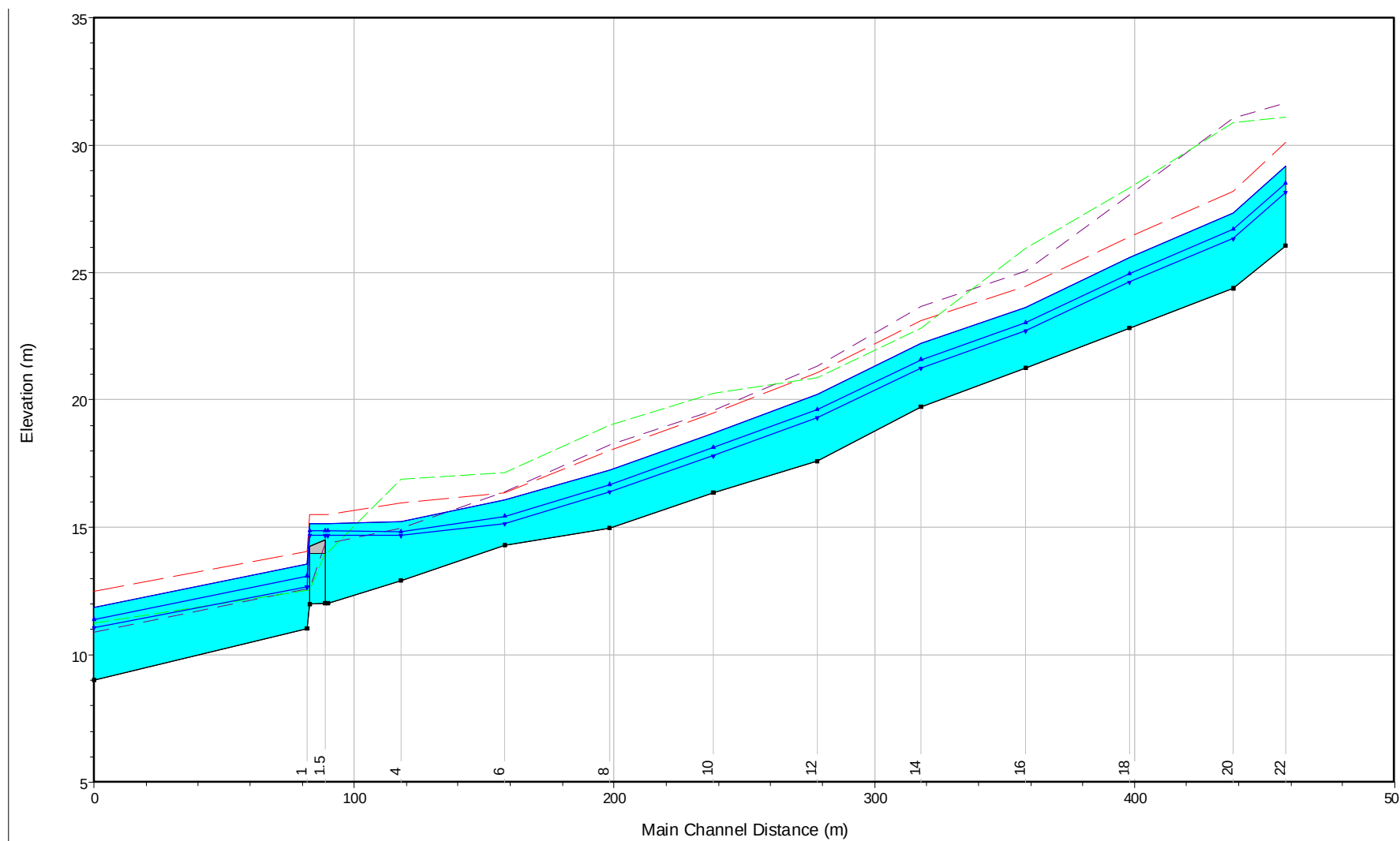
III.2. SIMULATION DES CRUES DE REFERENCE

Les cotes d'inondation et lignes d'eau calculées pour les différentes crues de référence sont présentées ci après :

Profils	T=5 ans (m NGNC)	T=10 ans (m NGNC)	T=100 ans (m NGNC)
22	28.15	28.51	29.19
20	26.35	26.68	27.34
18	24.64	24.97	25.59
16	22.73	23.03	23.63
14	21.26	21.59	22.23
12	19.32	19.62	20.23
10	17.83	18.12	18.7
8	16.38	16.66	17.23
6	15.15	15.43	16.09
4	14.7	14.83	15.23
2	14.7	14.87	15.17
1	12.65	13.08	13.57
0.5	11.06	11.4	11.84

Cotes calculées au droit des profils

Le graphique de la page suivante présente les lignes d'eau calculées pour les occurrences 5, 10 et 100 ans. Les lignes en pointillés (vert pour la rive droite, violet pour la rive gauche) représentent le dessus de berge. La ligne en pointillé rouge représente la charge hydraulique pour l'occurrence centennale.



Lignes d'eau simulées sur le « Creek Lotissement industriel » pour les occurrences 5, 10 et 100 ans

III.3. ANALYSE DES INCERTITUDES

Les lignes d'eau des différentes simulations sont présentées en Annexe 3 en comparaison de la ligne d'eau centennale de référence.

III.3.1. Sensibilité aux variations du débit

Une variation de $\pm 20\%$ du débit centennal de chacun des creeks a été simulée. Il ressort de cette comparaison une variation maximale de la ligne d'eau de ± 30 cm par rapport à la ligne d'eau centennale. Cette variation et donc cette sensibilité du modèle aux variations de débit est non négligeable mais reste toutefois dans les gammes de précision du modèle.

III.3.2. Sensibilité aux variations de la rugosité

Une variation de $\pm 20\%$ des coefficients de Strickler traduisant la rugosité et donc les pertes de charges linéaires par frottement a été testée. Cette variation engendre une variation de la ligne d'eau de ± 0 cm à 15 cm ponctuellement par rapport à celle obtenue avec les coefficients retenus pour le modèle. Cette sensibilité du modèle reste limitée dans la mesure où la hauteur d'eau est équivalente à la hauteur critique, celle-ci ne dépendant que du débit et non de la pente et de la rugosité.

III.3.3. Sensibilité au régime d'écoulement

Une simulation en régime torrentiel a été réalisée afin d'évaluer l'incidence du choix de régime d'écoulement. En moyenne, la ligne d'eau calculée en régime fluvial est 45 cm au dessus de celle calculée en régime torrentiel, avec des variations atteignant 90 cm localement. Cette différence est non négligeable, cependant, le choix de simulation en régime fluvial (critique) permet de rester sécuritaire en termes d'aléas d'inondation.

III.3.4. Sensibilité à la condition limite aval

Pour rappel, la condition limite aval retenue correspond à la hauteur normale pour une pente de 1.8%. Une variation de cette pente comprise entre les valeurs 1% et 2.5% (pente moyenne du creek en amont du profil P0.5) a été simulée. Cette variation engendre uniquement des variations entre les profils P1 et P0.5. Cette sensibilité reste très limitée avec une différence maximale de 10 cm par rapport à la ligne d'eau centennale de référence.

A noter que le profil P0.5 est tronqué, la topographie ne permettant pas de fermer ce profil. Ce choix de modélisation n'a que très peu d'incidence dans la mesure où la condition limite retenue conduit à une cote centennale au droit de ce profil de 11.84 m NGNC alors que la cote d'inondation de la Lembi est à 11.40 m NGNC. Il est donc possible que les cotes d'inondations soient légèrement surestimées sur cette partie aval (entre P1 et P0.5).

III.4. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU CREEK

L'analyse des résultats du modèle conduit aux constats suivants :

- La hauteur d'eau centennale calculée est la plupart du temps égale à la hauteur critique ce qui retraduit le fait que l'écoulement est en réalité torrentiel mais le choix de modélisation en régime fluvial contraint la hauteur d'eau calculée à un minimum égal à cette hauteur critique. Comme évoqué précédemment, ce choix de modélisation est sécuritaire en terme de hauteur calculée.
- L'ouvrage de franchissement de la RP1, est submergé dès la crue quinquennale, avec une lame d'eau de 0.20 m sur la route pour cette occurrence. La hauteur d'eau sur l'ouvrage est susceptible d'atteindre 0.65 m lors des crues centennales. Le linéaire de route affecté est de l'ordre de 35 m.
- Sur la quasi-totalité du linéaire étudié le cours d'eau reste contenu dans le lit mineur, hormis entre les profils P6 et P2 où un léger débordement en rive gauche est à noter. Ce débordement reste contenu, entre P6 et P4, sur la piste qui longe le creek. Entre P4 et P2, la voie d'accès du lotissement (axe 100) est inondée mais le débordement est contenu en limite du lot 1, celui-ci étant remblayé. En amont de la RP1, il est possible qu'une part des écoulements surverse vers le fossé qui longe cette route avec un risque potentiel d'inondation des parties basses des lots 1 à 4 (cf. Planche 3). Ce déversement n'est pas pris en compte dans le modèle, car il reste difficilement quantifiable et relativement négligeable en terme de débits déversés dans la mesure où les écoulements surverseront préférentiellement sur la RT1 entre la limite du lot 1 en rive gauche et le dessus de berge en rive droite. Ces écoulements qui rejoignent le fossé longeant la RP1 vont mettre en charge le fossé notamment au niveau de la traversée des deux buses Ø1000 jusqu'à la cote de la route. Une fois cette cote atteinte, une légère surverse sur la RP1 se produira se qui limite la cote d'inondation sur la partie basse de ces lots.

En amont du profil 6, les vitesses moyennes d'écoulement dans le lit sont très importantes entre 3 et 4 m/s dans la simulation en régime critique voire même 5 à 6 m/s dans les simulations en régime torrentiel.

Il est important de préciser que vu la configuration de ce creek et les vitesses atteintes en période de crue, du charriage des matériaux de l'amont et l'érosion du lit et des berges sur le secteur d'étude sont à attendre. Dans cette situation de transport solide, les résultats hydrauliques sont à prendre avec des précautions, les modélisations conduites ne prenant pas en compte ces phénomènes.

Les débordements en rive gauche sur le projet de la 3^{ème} tranche du lotissement industriel paraissent peu vraisemblables, les hauteurs d'eau étant de 1 à 1.5 m inférieures au dessus de berge (de même la charge hydraulique reste inférieure à la cote de dessus de berge). Ce constat ne s'applique que si aucun embâcle (arbre couché, ...) n'est présent dans le cours d'eau. Dans le cas contraire, une surverse pourrait éventuellement se produire en rive gauche (en rive droite les terrains sont plus hauts), avec un écoulement diffus qui emprunterait les lots 15 à 20 puis 2 à 4 avant de surverser sur la RP1 (cf. Planche 3).

III.5. CONCLUSION DE LA PHASE 2

En ce qui concerne le thalweg qui traversait la 3^{ème} Tranche du Lotissement industriel, les modifications de l'organisation des écoulements générés par le projet et les faibles bassins versants drainés ne légitiment pas une étude « classique » de caractérisation des aléas inondation, les problématiques relevant de l'assainissement pluvial. Différentes préconisations ont été mises en avant pour résoudre des possibles dysfonctionnements (surveillance et entretien de l'ouvrage OH2, enrochement du fossé ou caniveau béton, réaménagement d'OH3 et de son exutoire dans le creek, ...), mais quoiqu'il en soit le risque inondation des parcelles reste limité. Des débordements de ce fossé peuvent malgré tout se produire et affecter par ruissellement les lots 15 à 20 et 2 à 4. **Pour cette raison, un aléa de ruissellement est défini en aval du fossé.**

Sur la problématique du cône de déjection, si sa présence est avérée notamment au regard des études antérieures existantes, ce cône de déjection n'est plus actif. En amont du projet, l'encaissement important du creek de l'ordre de 5 à 10 m limite très fortement les possibilités de déversement et de création d'axes de débordements secondaires même si des zones de dépôts venaient à progresser dans le lit. En aval, sur le linéaire recalibré, les berges d'une hauteur de 4 à 5 m limite le risque de débordement sauf en cas de formation d'embâcle ou d'engrèvement important du lit (ce qui semble peu réaliste vu la pente et les vitesses d'écoulement). Afin de ne pas négliger tout de même ce risque de débordement puis déversement (potentiellement présent uniquement en rive gauche), **une zone de ruissellement a été définie du profil P14 au profil P6. De plus, il a été décidé en concertation avec le comité de pilotage de lever les aléas liés au cône de déjection.**

La problématique essentielle sur ce secteur réside dans le risque d'érosion des berges. Celles-ci sont constituées d'un mélange de blocs, d'alluvions et de latérite, matériaux très sensibles à l'érosion (comme le témoigne l'anse d'érosion qui s'est produite au droit de OH3). Ces berges sont partiellement végétalisées (bois de fer, herbes hautes, ...) mais la végétation en place ne permettra pas une stabilisation pérenne pour les vitesses d'écoulement de 4 à 6 m/s. A noter toutefois que le secteur le plus à risque, au niveau de l'extrados du méandre (profil P14), est actuellement enroché sur quelques mètres.

Un aménagement de stabilisation des berges de ce creek paraît donc nécessaire (notamment en raison des quelques enjeux existants en rive droite). La stabilisation nécessaire consisterait en un enrochement des berges du creek (ancrage d'au moins 1.5 m en fond de lit ou liaison des blocs sur le substratum si possible) sur le linéaire longeant le lotissement industriel (en amont du pont de la RP1) avec des blocs de diamètre 800 mm à 1 m. Une étude d'aménagement des berges de ce creek définira les caractéristiques précises de l'aménagement nécessaire. En l'attente que cet aménagement soit réalisé et que le risque de mobilité du lit soit totalement levé, il a été décidé de définir une zone de recul, classée en aléa très fort où les constructions seront interdites. La largeur de cette zone de recul reste délicate à définir. D'un point de vue géotechnique, les berges (avec saturation des terrains) seront stables avec une pente à 2H/1V. Il est peu probable, en l'absence d'écoulement, qu'elles évoluent à une pente inférieure. Cette condition de stabilité conduirait donc à une zone de recul de 10 m en pied de berge (soit env. 3 à 4 m en dessus de berge). Cette condition ne prend cependant pas en compte l'érosion en pied de berge liée aux écoulements qui conduira au recul progressif de cette berge. Elle n'est donc pas assez sécuritaire. **Afin de conserver une marge suffisante, la zone de recul présentera donc une largeur de 15 m à compter du dessus de berge.**

Enfin, une surveillance de l'état d'engrèvement du creek est indispensable (notamment au niveau de la plage de dépôt existante), afin de s'assurer que les sections actuelles d'écoulement ne soient pas réduites. Cette surveillance doit être effectuée annuellement et après chaque épisode pluvieux intense. La plage de dépôt existante doit être conservée et entretenue, elle favorise en effet le dépôt des apports solides amont et limite donc le transport solide en aval.

IV. CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS

IV.1. CARTE DES ISO-COTES, ISO-HAUTEURS, ISO-VITESSES

Lors de la modélisation de la crue centennale, les vitesses et cotes ont été calculées par le logiciel HEC-RAS au droit des différents profils.

Les iso-hauteurs (qui représentent les classes de hauteur d'eau par incrément de 0,5 m) et iso-vitesses (classes de vitesse $> 1\text{ m/s}$ ou $< 1\text{ m/s}$) ont été déterminées à partir des données issues de la modélisation et des relevés topographiques existants.

Les iso-cotes sont également reportées sur cette cartographie et représentent l'emplacement où la cote d'inondation indiquée (crue centennale) est à appliquer. Ces iso-cotes sont issues d'une interpolation des cotes calculées au droit des profils. Au droit des singularités hydrauliques, où des variations rapides de niveau d'eau peuvent apparaître, les cotes calculées ont été indiquées.

En amont immédiat de la RP1, un risque de débordement vers le fossé qui longe cette route a été identifié, débordement qui pourrait affecter les parties basses des lots 1 à 4. La cote calculée en amont de la RP1 au droit de l'ouvrage de franchissement ne peut être appliquée, elle est en effet trop pénalisante dans la mesure où le niveau d'eau est quoiqu'il en soit limité par le niveau de la route (le déversement sur la RP1 limite en effet cette cote d'inondation). Pour prendre en compte ce risque inondation, difficilement quantifiable, il a été considéré que la cote atteinte sur ce secteur serait au maximum de la cote de la RP1 + 10 cm. Les vitesses restent inférieures à 1 m/s sur cette zone.

Les simulations effectuées ne prenant pas en compte ce déversement, des remblais peuvent être réalisés sur les parties basses des lots 1 à 4 car leur impact hydraulique sera nul au vu de cet état de référence. **Les remblais des lots 1 à 4 ne nécessitent donc pas la production d'une étude d'impact hydraulique au titre de la délibération n°29-2006/APS relative aux règles de constructibilité en zones inondables.**

IV.2. CARTE DES ALEAS

Un aléa est la probabilité d'occurrence en un point donné d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définies. Les inondations, glissements de terrains, tornades sont des exemples de phénomènes naturels. Sur une zone soumise à un aléa, l'ensemble des activités, des biens, des personnes représente l'enjeu. Celui-ci est entre autres caractérisé par sa vulnérabilité à l'aléa, c'est-à-dire l'ampleur des dommages que l'enjeu est susceptible de subir. Un risque est la confrontation d'un aléa avec des enjeux.

La carte des aléas résulte ici du croisement entre la hauteur d'eau et la vitesse selon les critères suivants:

Vitesse Hauteur d'eau	Faible à modérée	Forte à très forte
	$\leq 1\text{ m/s}$	$> 1\text{ m/s}$
$H \leq 1\text{ m}$	Moyen	Fort
$1 < H \leq 1,5\text{ m}$	Fort	Très fort
$H > 1,5\text{ m}$	Très fort	

Pour prendre en compte le risque d'érosion des berges du creek, en attente d'un aménagement de stabilisation, une bande de recul de 15 m de part et d'autre du dessus de berge du creek est définie en aléa très fort.

Afin d'assurer la protection des futurs enjeux en rive droite qui peuvent être affectés par des déversements du fossé en tête du lot 15 et/ou du creek entre les profils P14 et P6, une zone d'aléa de ruissellement est définie sur les secteurs où ces déversements peuvent s'effectuer. Sur cette zone, le plancher de construction doit être rehaussé de 30 cm par rapport au niveau des plateformes des lots au droit des constructions.

La zone de protection des thalwegs et cours d'eau est également portée sur la carte des aléas. Cette zone est définie par une bande de 6 m de part et d'autre des berges des thalwegs et cours d'eau.

V. ANNEXES

Annexe 1 : Extraits de l'étude « Cartographie des formations superficielles et mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, massif du Mont-Dore, Maurizot P. (2001) (rap. BRGM RP-50725-FR) »

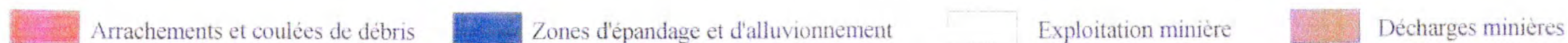
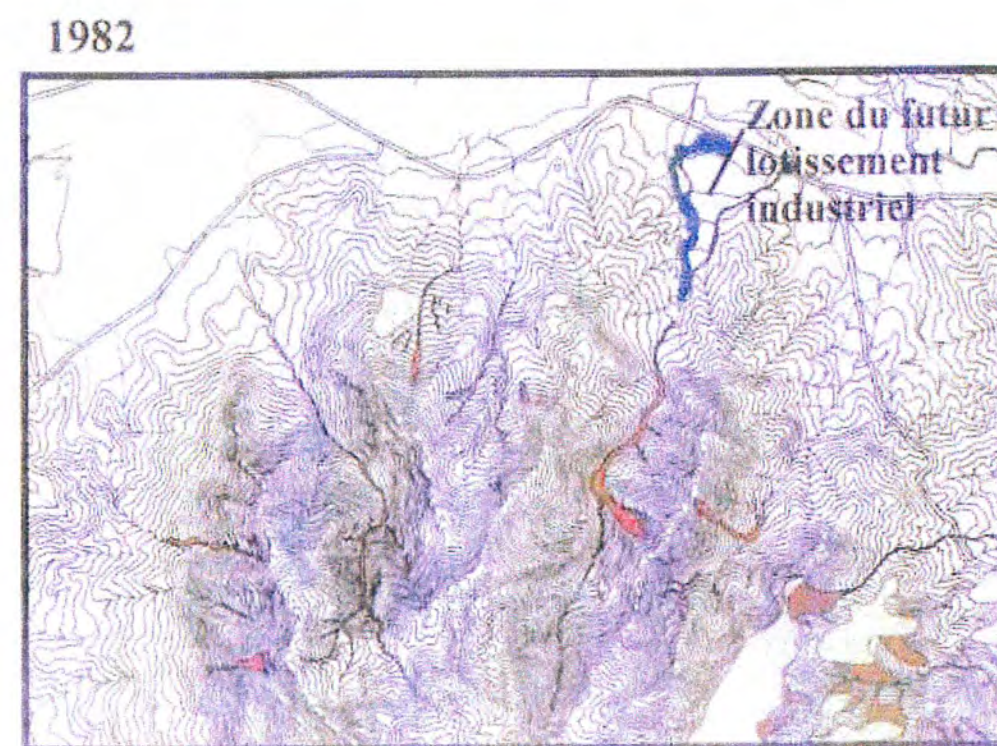
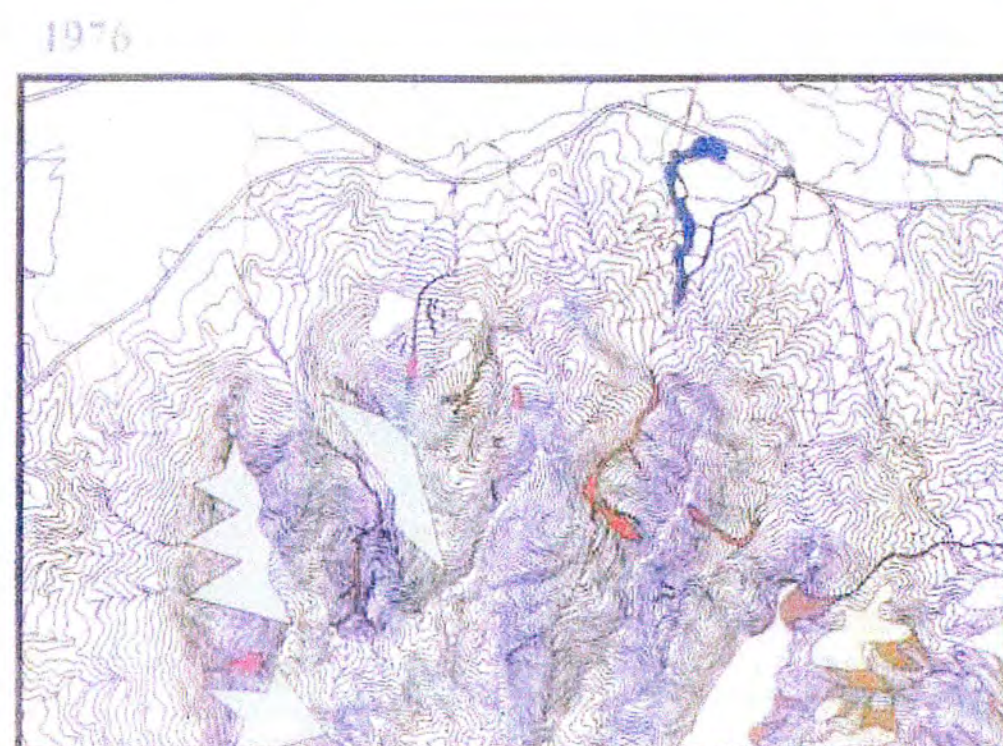
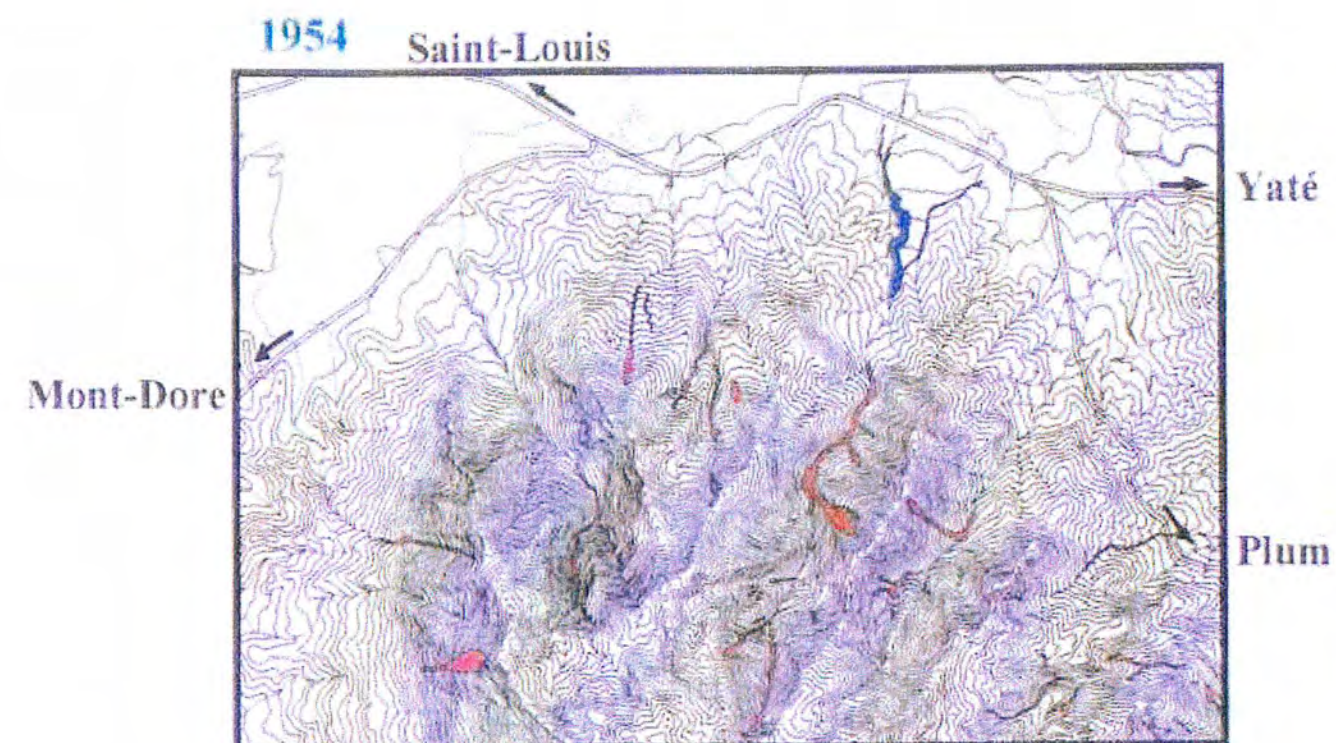
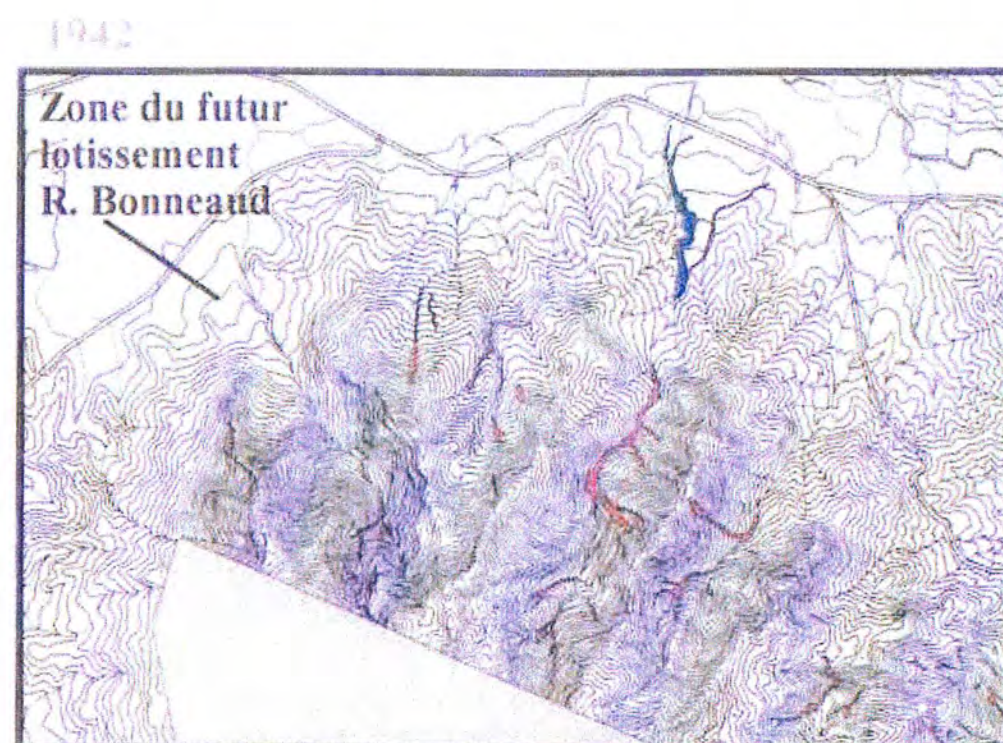
Annexe 2 : Extraits de l'étude géotechnique de faisabilité (A2EP/064/07/G/LG-1)

Annexe 3 : Résultats d'analyse des incertitudes

Annexe 1 :

**Extraits de l'étude « Cartographie des formations superficielles et
mouvements de terrain en Nouvelle-Calédonie, massif du Mont-Dore,
Maurizot P. (2001) (rap. BRGM RP-50725-FR) »**

Fig. 20 - Evolution des désordres de 1942 à 1982 sur le flanc nord du massif du Mont-dore



(sont hachurées les zones masquées sur les photos)

4.3 – Analyse rétrospective de l'évolution des désordres par photographies aériennes

4.3.1 – Finalité de la méthode

En l'absence de recul historique et de chroniques anciennes permettant d'évaluer la fréquence et l'intensité des phénomènes étudiés, l'un des seuls moyens de suivi de leur évolution est l'observation des photographies aériennes. Cette analyse peut permettre de mieux approcher certains paramètres tels que la progression de l'extension des désordres, leur répétitivité, les vitesses de cicatrisation et enfin de mieux apprécier les probabilités d'occurrence.

4.3.2 – Sources de données

Quatre couvertures photographiques "standards" disponibles sur l'ensemble du Territoire ont été principalement utilisées :

- 1942 : photographies de l'armée américaine à 1 / 20 000, verticales et obliques en noir et blanc.
- 1954 : photographies IGN à 1 / 40 000 en noir et blanc.
- 1976 : photographies IGN à 1 / 20 000 en noir et blanc.
- 1982 : photographies IGN à 1 / 8 000 en noir et blanc.

Les échelles données sont celles du tirage sur papier. Il est possible d'agrandir dans la limite de la résolution de l'original.

4.3.3 – La méthode et ses limites

La méthode analytique est essentiellement visuelle. Sur tous ces documents, les désordres se manifestent par des zones claires correspondants à la destruction de la végétation, qu'il s'agisse de zones de départ (arrachements), de transport (ravines) ou d'atterrissement (alluvions). Mais les échelles sont variables. Il en est de même pour les angles de prises de vue et d'éclairage. Parfois des zones d'ombre empêchent toute observation. On suppose que les contrastes saisonniers sur la végétation, peu marqués en principe, n'interviennent pas. Les contrastes

hydriques sur les sols, fonctions de l'abondance et de la proximité des précipitations pendant la période précédant la prise de vue, ne peuvent en revanche pas être appréciés.

Le pas de temps procuré par ces documents est assez disparate puisqu'il varie de 6 à 22 ans. L'intervalle de temps le plus important (de 54 à 76) correspond d'ailleurs à une période critique pour le suivi de l'érosion, puisqu'il recouvre la période du "boom" du nickel qui a duré de 68 à 71. Les premières observations antérieures à cette période de référence remontent à 14 ans et les prochaines observations disponibles sont de cinq années postérieures. A partir des années 80, les prises de vue deviennent plus fréquentes.

La périodicité des documents disponibles est également à comparer avec la fréquence des événements pluvieux anormaux déclencheurs des mouvements de terrains les plus remarquables. La région de Nouméa a été affectée par les cyclones Béatrice en 1954, Colleen en 1969, Alison en 1979, Anne en 1988, soit des intervalles de 10 à 15 ans.

Compte tenu de toutes ces précisions sur la donnée on comprend que la méthode présente plusieurs limitations. L'échantillonnage dans le temps est très ponctuel. En outre, s'il est possible de mettre en évidence les changements les plus flagrants tels qu'apparitions, cicatrises ou aggravations spectaculaires et importantes, il n'est en revanche guère réaliste de vouloir mesurer précisément l'évolution des phénomènes. Pour donner un exemple, le déplacement d'un front d'érosion de 10 mètres (ce qui est considérable au regard des phénomènes étudiés) sur un document à l'échelle moyenne du 1 / 20 000 se traduira par un écart de 0.5 millimètres sur le cliché. La comparaison avec un cliché similaire, d'une autre époque, pris sous un angle et dans des conditions d'éclairage différents ne peut pas être valide dans de telles situations. Tout au plus pourra-t-on mettre en évidence des tendances et des modifications manifestes.

4.3.4 – Résultats

Compte tenu de toutes ces réserves, on peut néanmoins tenter de procéder à l'analyse rétrospective de quelques secteurs.

Bassin versant à l'amont du lotissement R. Bonneaud (figure 20) : Ce bassin versant est indemne de tout aménagement dans sa partie amont. Sur les anciennes photographies aériennes, on observe plusieurs indices limités mais perceptibles d'érosion du cours d'eau, correspondant plus à une mise à nu du lit qu'à du ravinement et à de l'alluvionnement. On constate une extension de cette zone mise à nu dans le creek, de 1942 à 1982. Elle se propage à la fois vers l'amont et l'aval. Si l'on compare avec l'état actuel (figure 5), on constate un retour à un état comparable à celui de 1976. Malgré ces signes manifestes d'une érosion sur la partie amont du creek, on n'observe jamais sur les documents de langues d'épandage et d'alluvionnement au débouché du creek dans la plaine alluviale de la Coulée. Les photographies aériennes ne permettent pas de relever la série de petits arrachements visibles actuellement sur le terrain sur les flancs du bassin. On peut en conclure que **depuis la période de 1942, il n'y a pas eu de désordre majeur (du type coulée de débris par exemple) dans ce bassin versant, mais qu'une certaine tendance à l'érosion existe.**

Bassin versant de la mine Odette (figure 20) : Ce bassin versant domine le lotissement des Jardins des Belep. En 1942 et 1954, un certain nombre de ravines et arrachements sont observables. Sur les clichés de 1976 apparaissent les travaux de la mine Odette (active de 1936 à 37 et de 1956 à 1957). Les clichés de 1976 puis de 1982 montrent l'apparition de quelques ravines additionnelles directement dans la zone d'influence des travaux de la mine à l'Ouest et une extension des zones ravinées dans la partie est. Cette tendance à l'aggravation des phénomènes érosifs est confirmée par l'observation de l'état présent. En résumé, les

zones de ravinements qui existaient dès 1942, se sont aggravées en nombre et en longueur de manière perceptible jusqu'en 1982 et il semble que les travaux de la mine Odette dans les années 50 soient en relation avec le phénomène.

Bassin versant du lotissement industriel (figure 20) : Il s'agit du bassin versant le plus étendu du massif du Mont-Dore. Le lotissement industriel est installé sur le cône de déjection du torrent qui draine cet ensemble. On y relève également les désordres les plus importants avec notamment une grosse coulée de débris en rive droite du creek (figure 20, photo 1) et de nombreux autres désordres anciens ou actuels. Il n'y a aucun aménagement minier sur l'ensemble de la superficie concernée. Entre les photographies aériennes de 1942 et 54, la ravine principale de la rive droite montre une progression indiscutable de la superficie de sa zone d'arrachement. Cette progression n'est plus perceptible pour les prises de vue suivantes. Sur le haut bassin versant, un certain nombre de ravines, mineures par rapport au phénomène précédent, nettement visibles en 1942 et 54, se cicatrisent en 1976, pour disparaître sur le document de 1982. A l'aval, le cône de déjection est marqué à toutes les époques par une zone d'épandage et d'alluvionnement importante, dont la morphologie change notamment entre 42 – 54 et 76 – 82, sans que l'on puisse conclure à une tendance. Dans la situation actuelle (figure 5) on ne note pas de différence flagrante par rapport à l'état 82, si ce n'est la canalisation de la zone d'épandage aval et son aménagement. En résumé, on retient pour ce bassin versant la présence d'une grande ravine active depuis 1942 jusqu'à nos jours, dont l'extension progresse, très nettement sur l'intervalle 42 – 54, puis de manière non perceptible mais probable par la suite. Ce phénomène a nourri constamment une zone d'épandage à l'aval.

Secteur de la mine de Rouvray (figure 21) : Cette zone est drainée par plusieurs creeks tous

5 – Carte des aléas

5.1 – Principe de réalisation

Il s'agit ici, après la phase analytique des précédents chapitres, de déterminer les critères de répartition des différents aléas recensés et de cartographier la plus ou moins grande probabilité d'occurrence et d'intensité des phénomènes pour établir un zonage permettant "in fine" aux autorités compétentes de classer les différents terrains dans le PUD du Mont-Dore.

Afin de rechercher une plus grande objectivité et une meilleure quantification dans l'évaluation de l'aléa et des facteurs d'instabilité, on fait appel aux outils SIG et en particulier à l'utilisation d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) pour déterminer les contours de certaines classes de pentes critiques, calculer les critères de proximité par rapport aux drains principaux, évaluer l'importance des débits théoriques dans les bassins versants et pour combiner de manière pondérée les données cartographiques entre elles. Nous avons utilisé pour cette étude un MNT à la maille de 10 m, issu de la numérisation des courbes de niveau de la carte DI3T à l'échelle du 1 / 10 000, garantissant une validité des résultats à cette échelle.

Les résultats de ces traitements numériques ne sont pas utilisés de manière brute et directe pour cartographier les aléas. Il s'agit de documents intermédiaires de travail. Il reste largement du ressort de l'expert de les interpréter et de les pondérer en s'appuyant sur sa base de connaissance. Au final, la carte d'aléas est réalisée en synthétisant toutes ces informations. Elle respecte lorsque cela est raisonnable les contours actuels du PUD de manière à ne pas introduire trop de changements.

L'aléa est habituellement qualifié en terme d'intensité de type faible, moyen, fort. **L'intensité représente un potentiel de dommage.** On la définit parfois comme une

fonction de l'importance et de l'ordre de grandeur du coût des mesures qu'il pourrait être nécessaire de mettre en œuvre pour s'en prémunir. A titre d'exemple on peut essayer de définir les niveaux d'intensité par les critères du tableau 1 ci-après.

Le niveau d'intensité nul, utilisé parfois en métropole, a été ici volontairement éliminé. Dans le contexte d'un pays à fort relief, à faible recul historique et soumis aux intempéries cycloniques, **nul ne peut écarter l'hypothèse d'un événement climatique majeur, déclenchant un phénomène sans précédent et entraînant des dégâts y compris en zone d'aléa minimal.**

Niveau d'intensité	Niveau d'importance des parades
Faible	Supportables financièrement par un propriétaire individuel
Moyen	Supportable financièrement par un groupe restreint de propriétaires
Fort	Intéressant une aire géographique débordant largement le cadre parcellaire, d'un coût très important et techniquement difficile

Tableau 1 – Exemple d'échelle conventionnelle d'intensité (d'après le Guide méthodologique des PPR, risques de mouvements de terrain)

A titre indicatif, nous suggérons ci-après quelques éléments réglementaires habituels et préconisations spécifiques assortissant généralement les cartes d'aléas (Guide méthodologique des PPR, risques de mouvements de terrain) :

Aléa d'intensité faible : constructible sous réserve des préconisations habituelles.

Aléa d'intensité moyenne : construction possible sous réserve de mesures spéciales de protection, gestion des eaux rigoureuse et de respect de la végétation.

Aléa d'intensité forte : zone inconstructible sauf pour accès et aménagements de nature à réduire les risques.

Deux types d'analyses ont été pratiqués pour évaluer les deux catégories de désordres précédemment analysés dans leur contexte géologique respectif : les "massifs miniers" d'une part, les "schistes" du substrat d'autre part.

Les différents types d'aléas qui sont pris en compte dans les "massifs miniers" sont :

- l'aléa de type **coulée boueuse et lave torrentielle** généré par l'environnement particulier du dôme latéritique surplombant les lotissements Mille et Berton. C'est le niveau maximal d'aléa présent dans la zone d'étude.

- l'aléa **écroulement en masse** qui caractérise le "paquet glissé" faisant face au col de Plum,

- l'aléa de type **arrachements et coulées de débris** qui est le plus commun dans tout le massif.

Le seul type d'aléa présent dans les "schistes" du substrat concerne les **glissements de terrain**.

Nous avons ajouté l'aléa lié au fonctionnement des torrents.

Rappelons que les **phénomènes les plus dangereux trouvent leur origine dans les "massifs miniers"** en raison de la nature du matériau mis en mouvement et des reliefs importants. Les désordres attendus en domaine de substrat volcano-sédimentaire sont en comparaison bien moindres. Il n'en demeure

pas moins que **le risque résultant dépend de la présence plus ou moins proche des enjeux.**

La prise en compte de ces enjeux n'est pas du ressort du technicien de l'aléa. Ce dernier ne décide pas de quelle manière doit être classée telle ou telle zone, ou si celle-ci est constructible ou pas. Ce travail relève de l'organisme instructeur. Il est par contre du devoir du technicien de l'aléa de bien expliciter son analyse et ses limites afin d'aider au mieux l'organisme instructeur dans sa décision. La transformation de la carte des aléas en carte de zonage réglementaire n'est pas une pure et simple transposition. Elle résulte d'une concertation entre les techniciens et les décideurs, et fait l'objet d'une négociation au cours de laquelle les différents aléas peuvent être appréciés diversement et pondérés, les limites déplacées en fonction des enjeux, des contraintes économiques, ou du bâti existant. C'est ainsi que sont établies les cartes de zonage des Plans de Prévention des Risques assorties d'un règlement, en Métropole.

Rappelons enfin que cette étude prend en compte l'aléa "mouvement de terrain". Cela concerne le domaine des versants et la partie amont et moyenne des torrents. L'aléa "inondation torrentielle" dans la partie basse des vallées, qui est toujours possible à l'occasion de fortes précipitations n'est pas pris pleinement en compte. Cette expertise relève plus du domaine de l'hydraulique que de la géologie. Tout au plus pouvons nous attirer l'attention sur ce phénomène lorsque des secteurs sont particulièrement exposés. Il n'y a pas à l'heure actuelle de spécialiste de ce type d'aléas en Nouvelle-Calédonie, alors que les risques à l'amont (mouvements de terrain) sont bien cernés (programme BRGM - SME), ainsi que les risques d'inondation à l'aval, dans les grandes vallées côtières (programme DER).

5.2 – Carte d'aléas et zonage PUD

Le zonage actuel du PUD, élaboré par l'Agence d'Urbanisme et d'Aménagement, la commune du Mont-Dore et la Direction des Ressources Naturelles de la Province Sud, nous a été fourni par le Service Topographique de la Province Sud. Il est présenté en figure 29. Trois grands types d'occupation du sol sont distingués :

- les zones urbanisées ou urbaines (UB, UI, UL, UR),
- les zones naturelles (NAB, NAI, NAR, ND),
- les zones de terres coutumières (A2).

Dans les zones naturelles on peut distinguer :

- les zones urbanisables pour le futur (NAB, NAI, NAR), qui sont le pendant des zones déjà urbanisées (UB, UI, UR),
- les zones de ressources naturelles (NC : agriculture, élevage, mines)
- et les zones protégées (ND).

Ces dernières se subdivisent en :

- zones littorales (NDli),
- zones de risques de glissements (NDrg) individualisées au vue d'études antérieures,
- zones inondables (NDri) en bordure de la coulée, la zone inondable de la rivière de Plum n'étant pas prise en compte du fait qu'aucune étude n'a pu y être réalisée.

En figure 30 est présentée la carte d'aléas. Les différents types d'aléas cartographiés sont :

- les aléas liés au massif minier (coulées de débris principalement),
- les aléas liés au substrat volcano-sédimentaire (glissements de terrain),
- les aléas liés au fonctionnement torrentiel.

Pour les aléas liés au massif minier, le critère de zonage principal est la nature géologique des terrains. La pente n'apporte pas d'information complémentaire puisqu'elle est corrélativement et systématiquement forte dans ce type de terrain. La zone d'aléa fort domine

dans ce type d'environnement. Elle correspond aux zones où sont susceptibles de se déclencher des phénomènes tels que les coulées de débris.

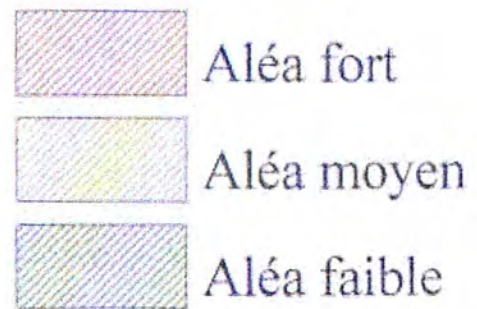
Pour les aléas liés au substrat, les critères de zonage sont l'état d'altération du substrat, tel que déterminable avec les moyens de l'étude (reconnaissance de surface dans les zones accessibles), et la pente. Dans ce contexte, l'aléa fort correspond aux zones dont les caractéristiques sont similaires aux zones de glissements connus ou dont la pente est supérieure à 30 %.

L'aléa torrentiel est représenté sous forme de "zones d'influences" de tailles proportionnelles au débit théorique des cours d'eau figurant sur les documents topographiques numériques disponibles. La largeur maximale de cette zone d'influence est de 50 mètres.

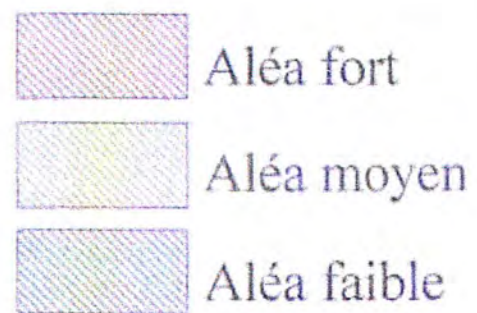
En figure 31, l'impact théorique du zonage d'aléas sur le PUD actuel est présenté. Les zones colorées en rouge correspondent à des zones urbanisées, urbanisables ou agricole du PUD qui tombent dans des zones d'aléas fort en domaine de massif minier ou de substrat. Ces zones devraient faire l'objet d'un nouveau classement dans le PUD. Les zones colorées en orange correspondent à des zones urbanisées, urbanisables ou agricole du PUD qui tombent dans des zones d'aléas moyen en domaine de massif minier ou de substrat. Le classement de ces zones doit faire l'objet d'une discussion. Les zones colorées en vert correspondent à des zones urbanisées, urbanisables ou agricole du PUD qui tombent dans des zones d'aléas faibles. Ces zones ne présentent en principe pas de problème particulier de classement.

Légende des planches 1 à 10

Aléas des massifs miniers (laves torrentielles, paquets glissés, coulées de débris)



Aléas du substrat sédimentaire (glissements de terrain)



Aléas inondations (d'après PUD actuel)



Aléa torrentiel

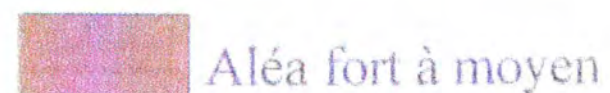
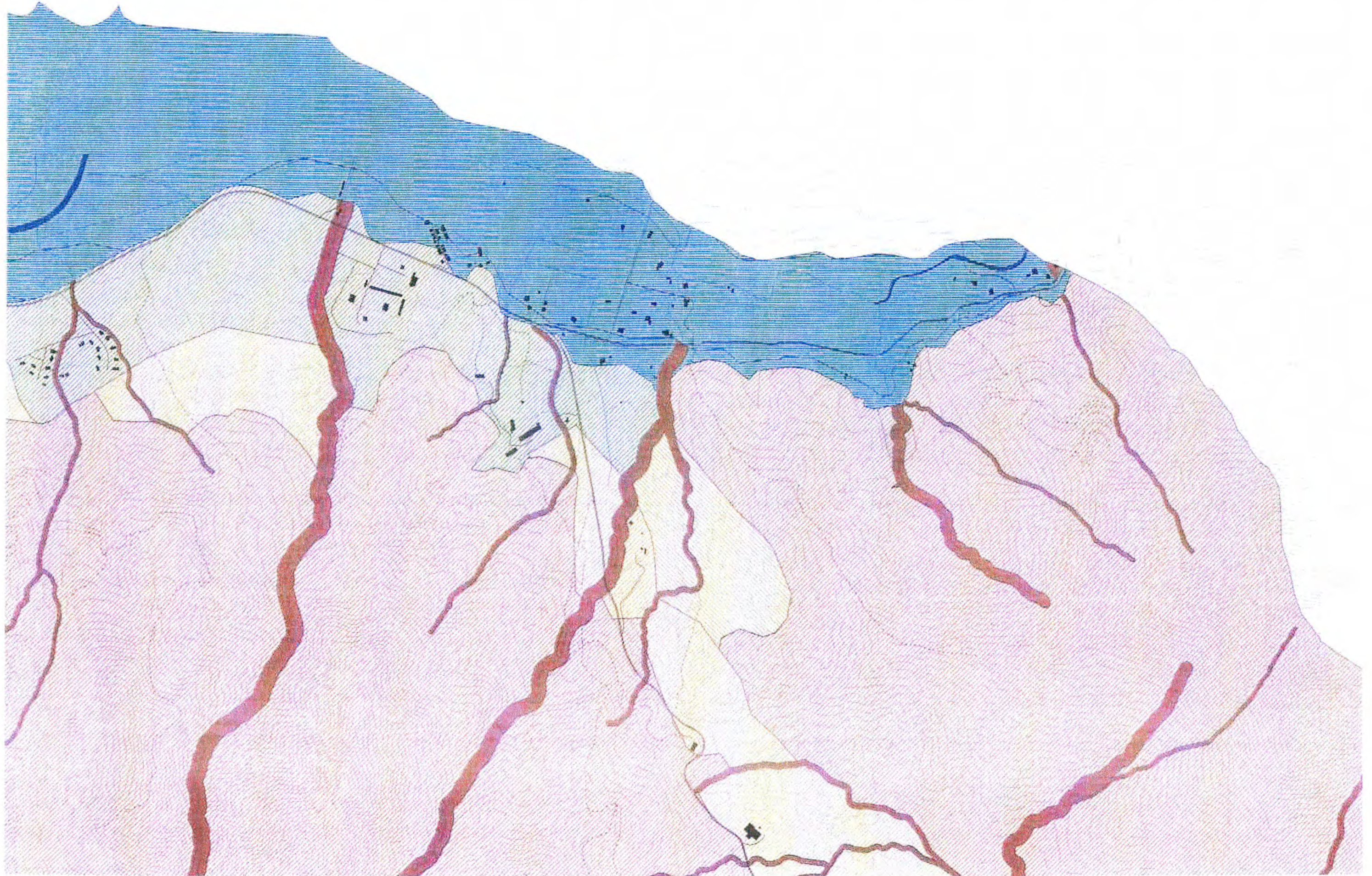


Planche 2



Annexe 2 : Extraits de l'étude géotechnique de faisabilité (A2EP/064/07/G/LG-1)
--

4. HYPOTHÈSES GÉOTECHNIQUES

4.1 DESCRIPTION GÉOMORPHOLOGIQUE ET LITHOLOGIQUE

4.1.1 Géomorphologie

Le site est composé de différentes collines de terre rouge avec en limite Est un creek prenant sa source sur le versant du Mont Dore.

On observe à l'angle nord-est du terrain, une zone de faible pente correspondant aux alluvions charriés par le creek.

Certains flancs de collines présents en limite sud-ouest de la zone d'étude présente des blocs rocheux en surface sans recouvrement latéritique.

4.1.2 Lithologie

L'ensemble des données de reconnaissance permet de différencier trois zones aux faciès distincts (cf. figure 2 : carte morphologique du site).

Zone alluviale

Il s'agit de la zone en bordure du Creek, de pente régulière en direction du nord, constituée de niveaux alluviaux sur latérite, surmontées de quelques remblais de silt graveleux au niveau des plate-formes.

Zone de collines de terre rouge

Il s'agit de la zone vallonnée située à l'ouest de la zone alluviale, constituée d'un profil d'altération des serpentines (latérite rouge graveleuse / saprolite / serpentine).

Zone de blocs rocheux

Il s'agit de la zone située au sud-ouest de la zone d'étude où l'on observe la présence de blocs de péridotite affleurant sur la colline.

4.2 COUPE GÉOTECHNIQUE DES SOLS

4.2.1 Résultats des essais *in situ*

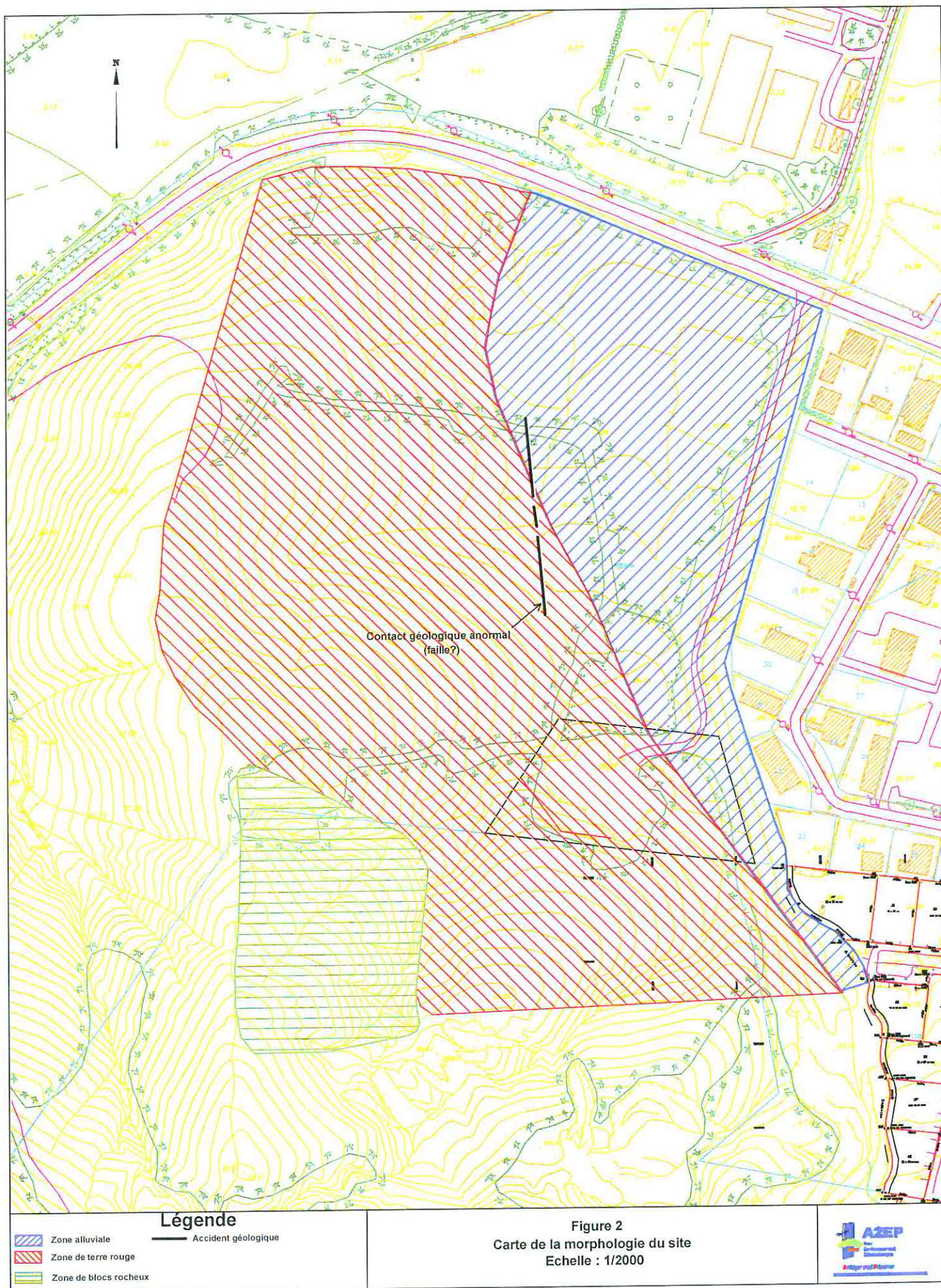
Les résultats des essais pénétrométriques et des puits à la pelle permettent de proposer les coupes géotechniques suivantes :

Zone alluviale (sondages PU4, EP1, EP8)

Horizon R (EP1 seulement)

<u>Nature</u>	: remblais de silt graveleux,
<u>Epaisseur</u>	: 1,20 m au droit du sondage EP1,
<u>Caractéristiques mécaniques</u>	: $2 \text{ MPa} < R_d < 7 \text{ MPa}$

- ✓ Il s'agit d'un horizon de résistance dynamique hétérogène et médiocre.

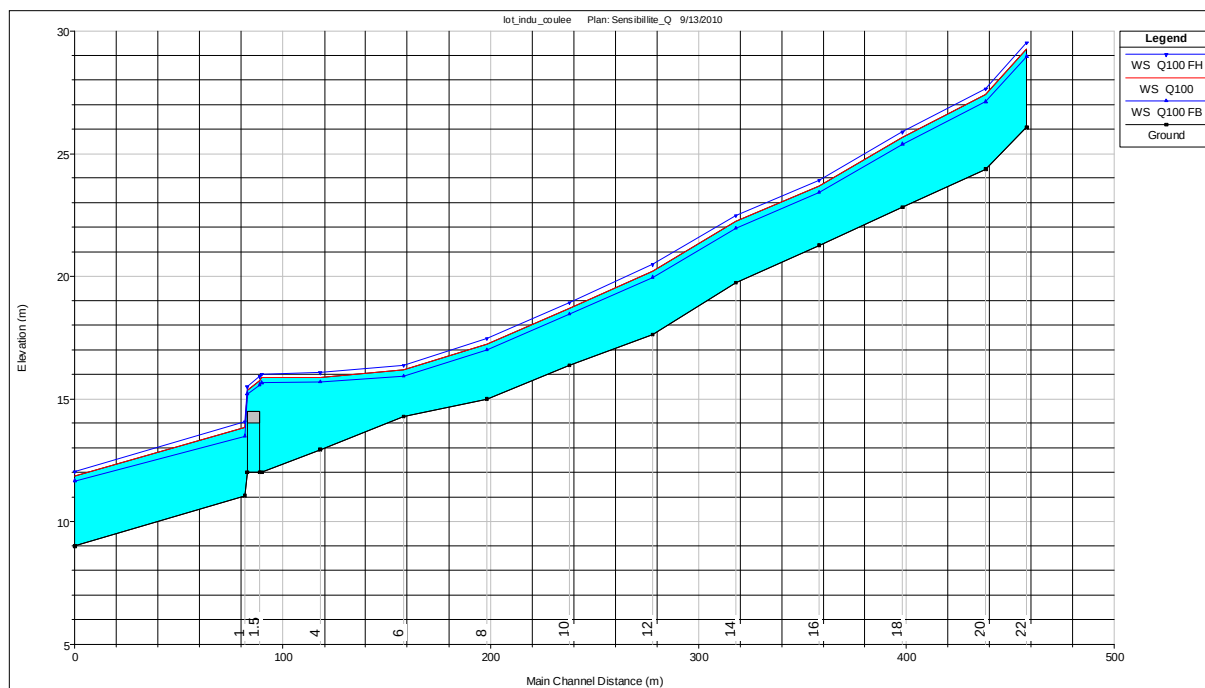


Annexe 3 : Résultats d'analyse des incertitudes
--

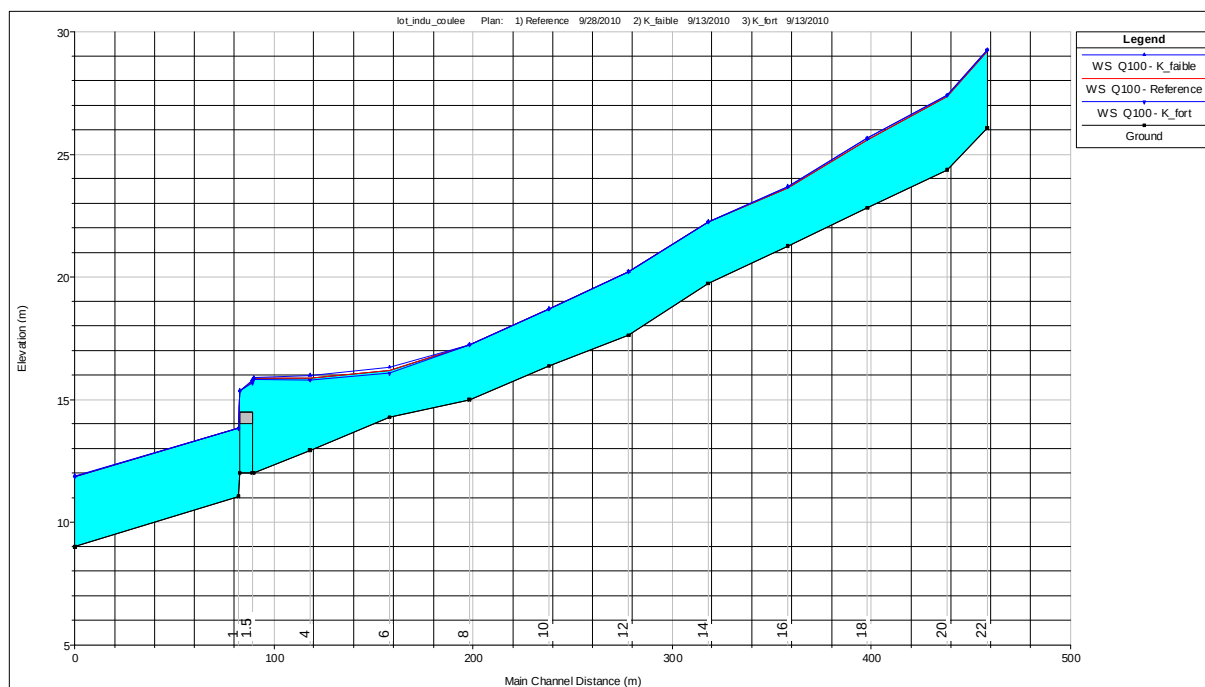
Annexe 3 : Analyse des incertitudes

Sur tous les graphes, la ligne rouge représente la ligne d'eau centennale de référence.

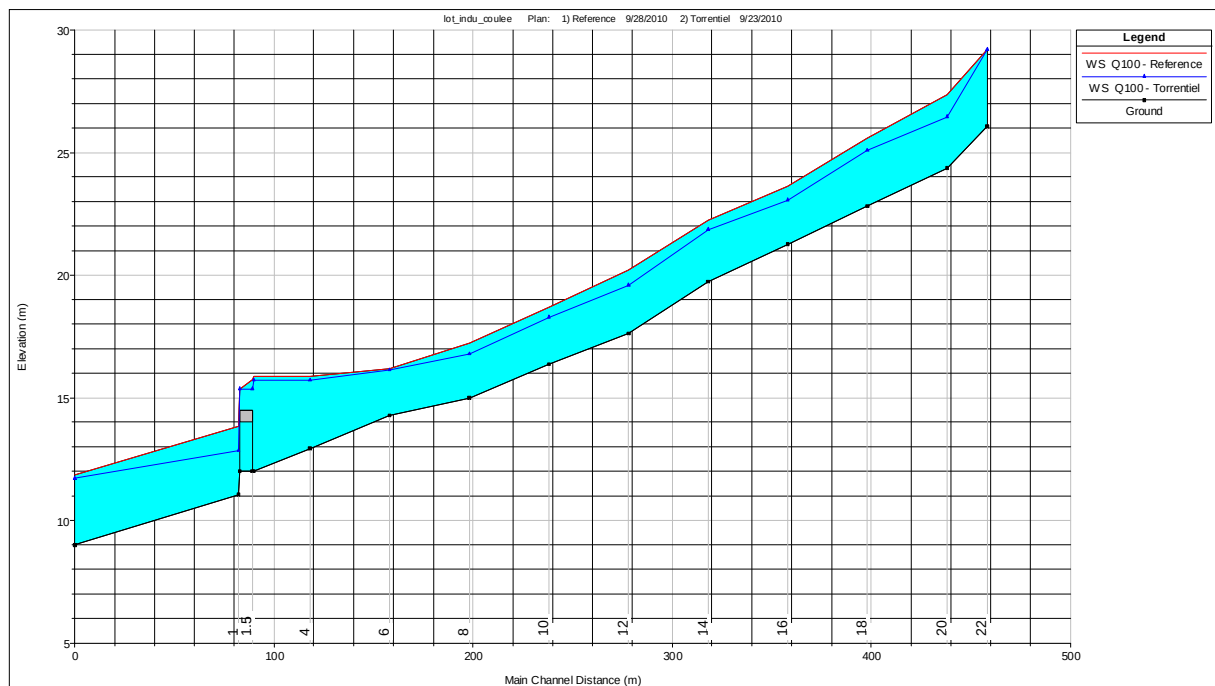
δ Sensibilité aux variations de débits



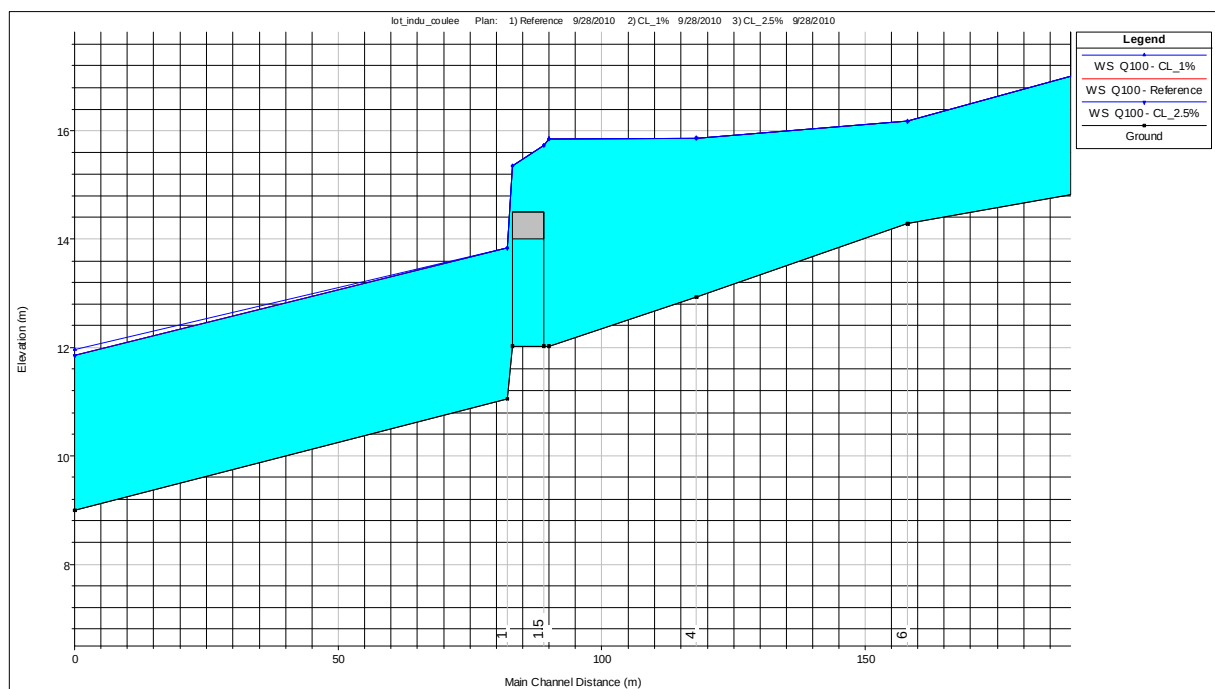
δ Sensibilité aux variations de rugosité



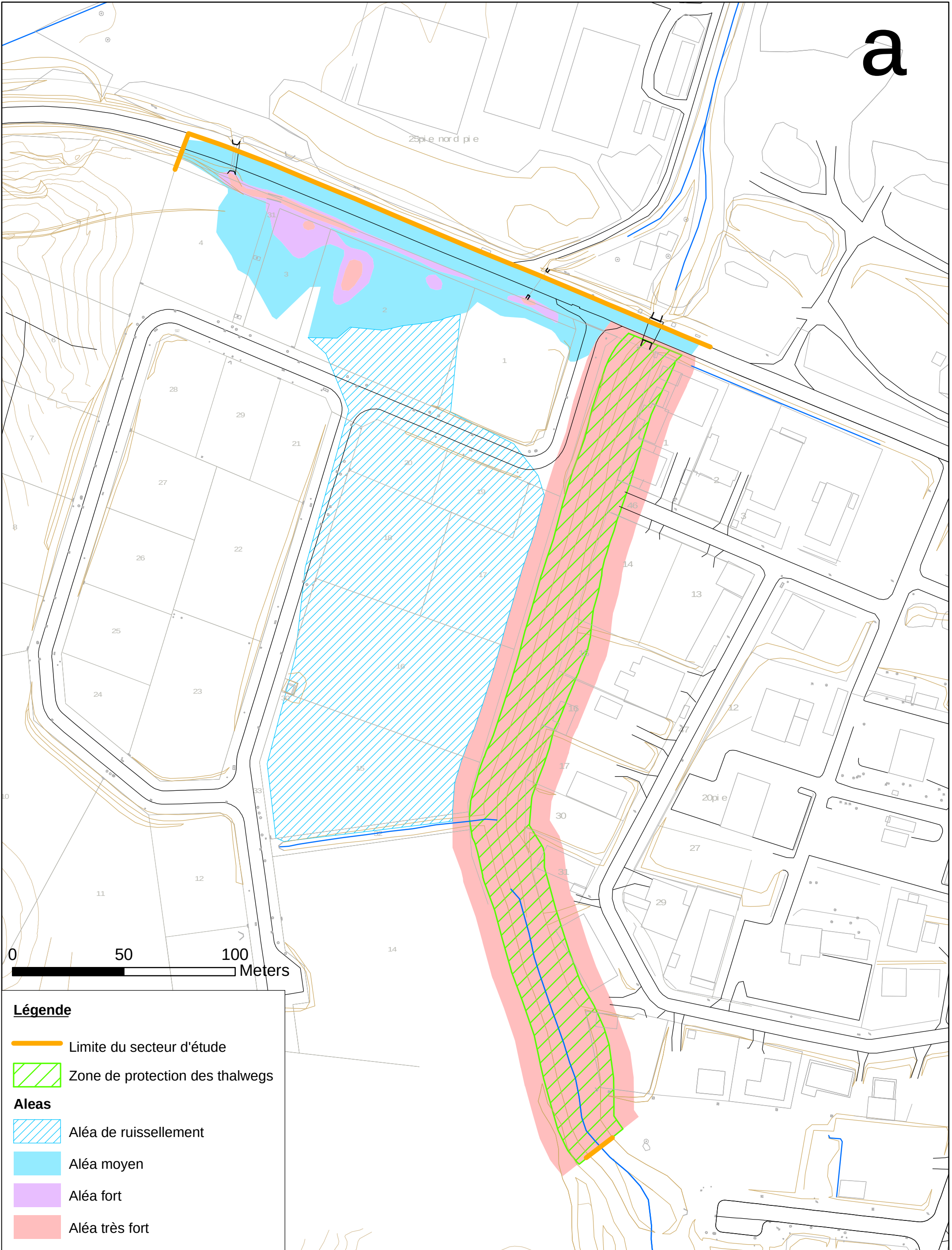
δ Sensibilité au régime d'écoulement



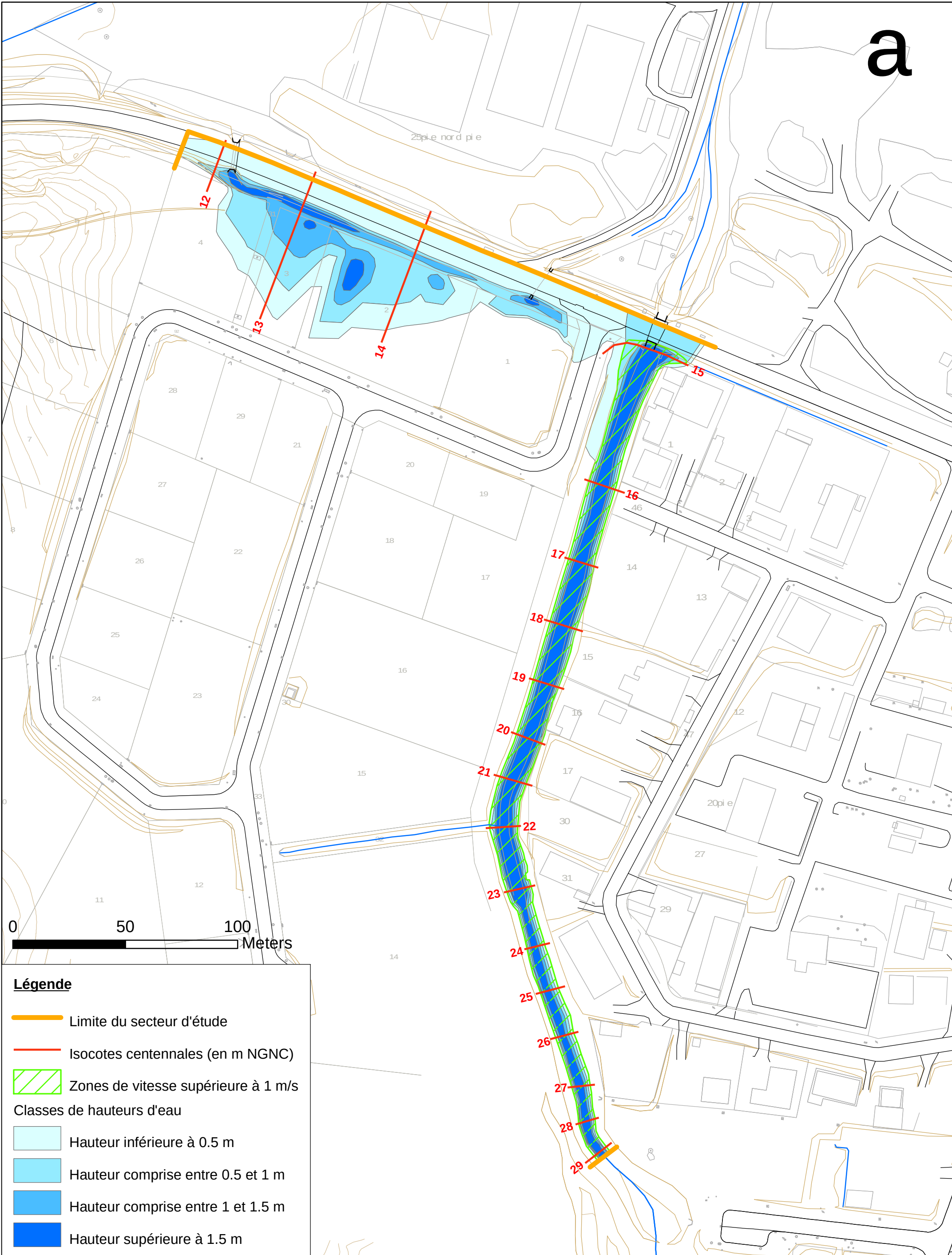
δ Sensibilité aux variations de condition limite



a



a



Légende

— Limite du secteur d'étude

— Isocotes centennales (en m NGNC)

▨ Zones de vitesse supérieure à 1 m/s

Classes de hauteurs d'eau

Hauteur inférieure à 0.5 m

Hauteur comprise entre 0.5 et 1 m

Hauteur comprise entre 1 et 1.5 m

Hauteur supérieure à 1.5 m



Etude des zones inondables du lotissement industriel de la Coulée

Carte 1 : Carte des iso-hauteurs, iso-vitesses et iso-cotes

Format : A3
Echelle
1:1,500