

INGENIERIE EUROPE

GROUPE



GINGER SOPRONER

DEPARTEMENT
ENVIRONNEMENT

Dossier n°A001.09035



ETUDES HYDRAULIQUES CONCERNANT LES ZONES INONDABLES DE LA PROVINCE SUD

- Commune de Bourail –

SECTEUR NESSADIOU

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



ISO9001 : FDT1_V1/10-10

• NOUMEA - BP 3583 - 98846 Nouméa

Tél (687) 28 34 80 - Fax (687) 28 83 44 - Email : soproner.noumea@soproner.nc

• KONE - BP 801 - 98860 Koné

Tél (687) 47 25 23 - Fax (687) 47 25 23 - Email : soproner.kone@soproner.nc

• SIEGE SOCIAL : 1 bis rue Berthelot - Doniambo - BP3583 - 98846 Nouméa - Nouvelle Calédonie - Site internet : www.soproner.nc

SAS au capital de 37 000 000 FCFP - RCS Nouméa 02 B 668731 - Ridet 668731.001 - Banque BNC N° 14889 00081 82817301015 22

ÉVOLUTION DU DOCUMENT

Ind.	Date	Chef de projet	Ingénieur d'études	Description des mises à jour
1.0	Octobre 2009	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Phase 1 : Reconnaissance terrain et programmes de levés topographique des secteurs : • Pouéo • Douencheur • Boghen • Nessadiou Pour validation du comité technique
1.1	Janvier 2010	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Intégration des remarques du comité technique sur la version 1.0. Analyse hydrologique de tous les secteurs. Reconnaissance terrain, programme de levés topographiques et diagnostic du secteur Deva
1.2	Mars 2010	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Intégration des remarques du comité technique sur la version 1.1
2.0	Mars 2010	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Phase 2 : Modélisation des cours d'eau : • Pouéo • Boghen • Nessadiou • Deva Pour validation du comité technique
2.1	Mars 2010	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Modélisation de la Douencheur
2.2	Octobre 2010	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Intégration des remarques du comité technique sur la version 2.0 sur Nessadiou et Deva – Stand-by sur Pouéo, Douencheur et Boghen.
2.3	Février 2011	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Intégration des remarques du comité technique sur la version 2.2.
3.1	Octobre 2011	COMEAUD Yann	GOURDON Florence	Phase 3 : Cartographie des zones inondables et aléas d'inondation sur les secteurs : • Deva • Nessadiou Pour validation du comité technique
3.2	Janvier 2012	MONNET Jean-Baptiste	GOURDON Florence	Intégration des remarques du comité technique sur la version 3.1

SOMMAIRE

Évolution du document	2
1 Avant-propos	6
2 Présentation du secteur d'étude	8
2.1 Description du bassin versant.....	8
2.2 Description du cours d'eau.....	10
3 Analyse pluviométrique et hydrométrique	12
3.1 Pluviométrie	12
3.1.1 Contexte pluviométrique	12
3.1.2 Données pluviométriques disponibles	12
3.1.3 Analyse statistique	13
3.2 Estimation des débits théoriques.....	14
3.2.1 Méthodologie	14
3.2.2 Résultats.....	19
3.3 Détermination des débits de crues historiques	22
4 Programme de levés topographiques.....	24
5 Modélisation hydraulique des cours d'eau	25
5.1 Méthodologie	25
5.2 Construction du modèle et hypothèses de calcul	25
5.2.1 Débits injectés	25
5.2.2 Coefficients de Strickler	26
5.2.3 Conditions Limites.....	26
5.3 Calage du modèle	28
5.3.1 Méthodologie	28
5.3.2 Résultats du calage du modèle de la Nessadiou.....	28
5.4 Modélisation des crues de référence.....	31
5.5 Analyse des incertitudes.....	31
6 Cartographie de la zone inondable et des aléas	34

6.1	Carte des iso-cotes, iso-hauteurs, iso-vitesses.....	34
6.2	Carte des aléas	34
7	Annexes.....	36

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Plan de localisation des secteurs d'étude	7
Planche 2 : Localisation des bassins versants – Secteur Nessadiou.....	9
Planche 3 : Présentation du secteur d'étude Nessadiou.....	11
Planche 4 : Plan des profils modélisés – Secteur Nessadiou	27

1 AVANT-PROPOS

SOPRONER a été mandaté par la Province Sud de la Nouvelle-Calédonie pour réaliser l'étude hydraulique simplifiée de cinq secteurs situés sur la commune de Bourail (cf. planche 1) :

- Secteur Deva,
- Secteur Pouéo,
- Secteur Douencheur,
- Secteur Boghen,
- Secteur Nessadiou.

L'objet de ces études est la délimitation des zones inondables et l'établissement des cartes d'aléas sur chacun des secteurs concernés. Les études à réaliser sont du type « hydraulique simplifiée », dont la mise en œuvre se distingue des études hydrauliques classiques par :

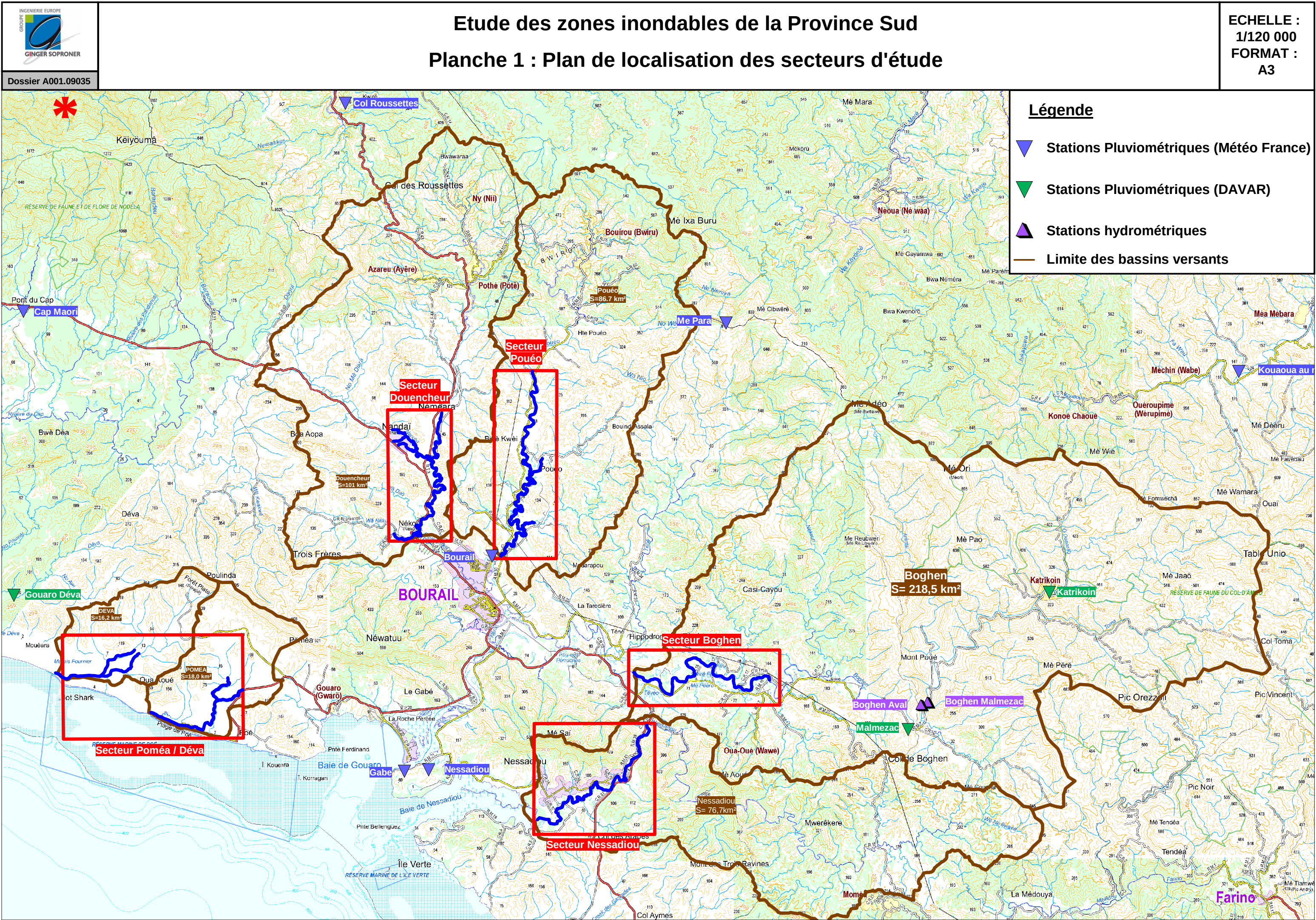
- Une information hydrologique et topographique réduite ;
- Des sections d'écoulement en nombre restreint.

Chaque secteur sera étudié en trois phases :

- la phase 1 consistera en la collecte des données existantes, les reconnaissances de terrain, l'établissement du programme de levés topographiques à réaliser, l'étude hydrologique devant permettre de déterminer les débits de période de retour 5, 10 et 100 ans ;
- la phase 2 consistera en la réalisation des prestations topographiques, la construction et le calage du modèle, puis la modélisation des débits de pointe de période de retour 5, 10 et 100 ans ;
- la phase 3 consistera essentiellement en la réalisation des cartographies des zones inondables et en particulier en la réalisation de la carte des aléas d'inondation.

Il est à noter que cette commune a déjà fait l'objet au préalable de différentes études hydrauliques qui concernent les présents secteurs d'études :

- **Délimitation de la zone inondable de la rivière Néra (HYDREX – 1992).** Cette étude a permis la délimitation des zones inondables de la Néra et de ses principaux affluents sur leur partie aval (Boghen, Douencheur, Pouéo, Ari) par modélisation hydraulique. Par la suite, ces cartes de zones inondables ont servi à l'établissement des cartes d'aléas (DEPS, Octobre 2008) ;
- **Etude d'impact hydraulique du franchissement de la Poméa (SOPRONER – 2008).** Cette étude, réalisée pour le compte de la DEPS, visait à optimiser l'ouvrage de franchissement de la Poméa envisagé dans le cadre de la route projetée en partance de la station d'élevage de Gouaro-Deva ;
- **Etude d'impact Hydraulique d'un remblaiement au droit de la Poméa (A2EP – Mai 2008).** Cette étude avait pour objectif la détermination des aléas d'inondation et des impacts hydrauliques des mesures de protection éventuelles du projet hôtelier « Les Ecrins de Poé » (Société Hôtelière de la Plage de Poé).
- **Diagnostic hydraulique Aval Pouéo-Douencheur-Ari (APICAN, Août 2008).** Cette étude évalue la capacité des lits mineurs (par modélisation hydraulique) à évacuer les crues fréquentes sur les terrains agricoles riverains.



2 PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Le secteur d'étude concerne :

- la Nessadiou, du franchissement de la RT1 jusqu'à son embouchure dans la baie de Nessadiou.

Le linéaire de cours d'eau à étudier représente environ 9 km.

2.1 Description du bassin versant

Le bassin versant et les sous bassins versants de ce cours d'eau sont présentés en planche 2.

Ses caractéristiques, à l'exutoire du secteur d'étude, sont les suivantes :

Surface drainée (km ²)	76.7
Plus long chemin hydraulique (km)	40.4
Dénivelé maximal (m)	360
Pente pondérée du plus long chemin hydraulique (%)	0.5

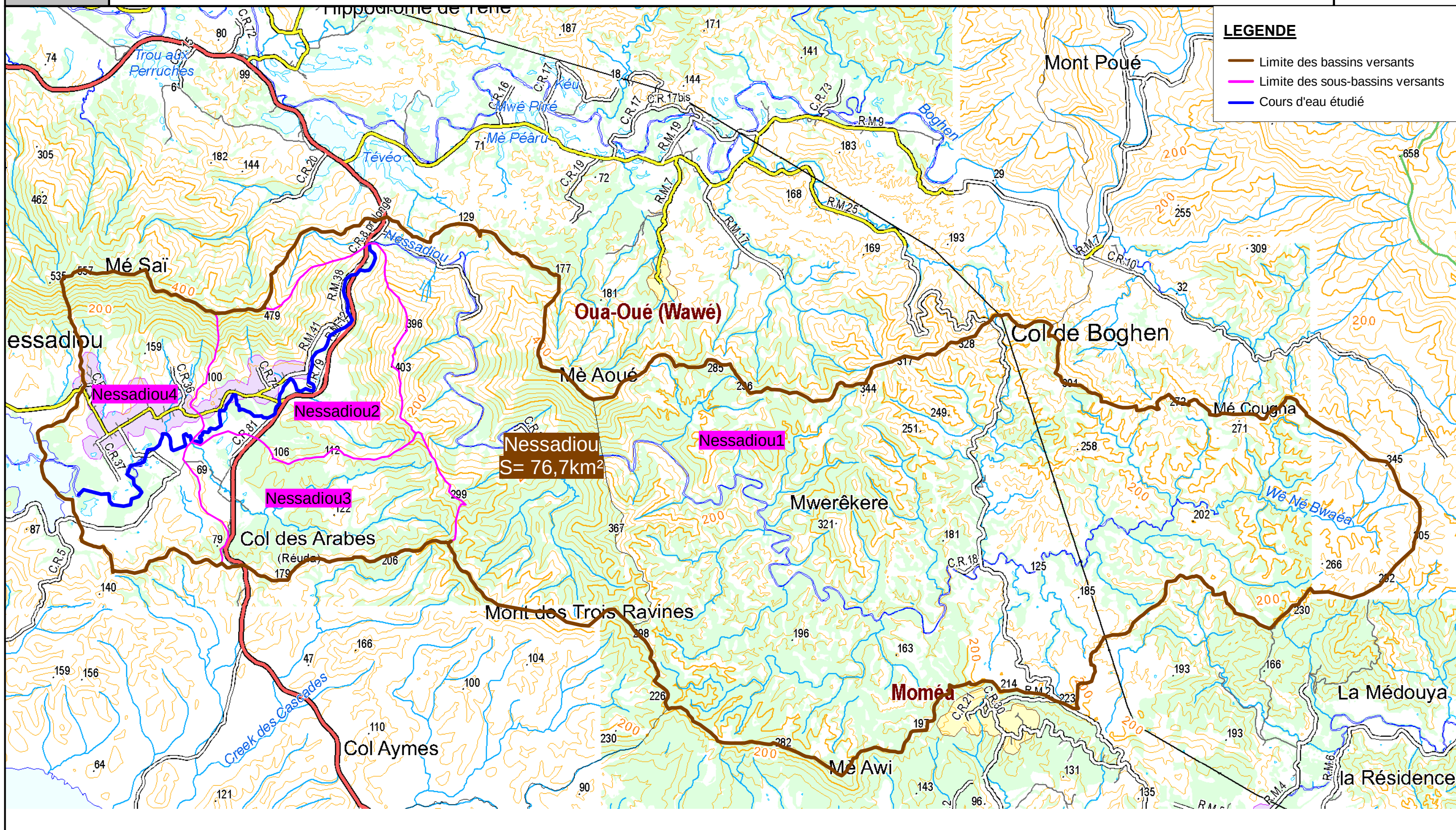
Ce bassin versant de forme très allongée, présente environ 1/3 de zones montagneuses (pente de plus de 15 %).

Ce cours d'eau, même à l'amont, reste peu pentu (pente maximale inférieure à 10 %) et sinue entre des collines de pente modérée en amont qui présentent une végétation mixte dégradée de type savane à niaoulis.

En aval, des versants très pentus et fortement végétalisés (forêts denses) sont à noter, notamment au niveau du secteur d'étude.

Planche 2 : Localisation des bassins versants - Secteur Nessadiou

A3



2.2 Description du cours d'eau

Un reportage photographique réalisé lors des visites terrain est présenté en annexe 1.

Nessadiou		
Lit majeur	En amont du secteur d'étude, la végétation du lit majeur est dense et haute. Aux alentours de l'ouvrage OH3, les broussailles et herbes hautes composent le lit majeur de rive droite. La végétation en rive gauche reste beaucoup plus dense. En aval du secteur d'étude, le lit majeur est constitué de pâturages et quelques cultures, caractérisés par une végétation rase, sur les deux rives. Au niveau de l'embouchure, une zone de mangrove étendue et de marécages compose le lit majeur.	
Lit mineur	Sur la totalité du linéaire étudié, le lit mineur est marqué mais bien encombré. A noter la présence de nombreux embâcles (bois morts, ...) sur plusieurs secteurs. D'une manière générale, la ripisylve est très dense et haute sur l'ensemble du linéaire.	
Ouvrages	Sur le linéaire étudié, 4 ouvrages franchissent le cours d'eau. Leurs caractéristiques sont les suivantes : • OH1 : Pont de la RT1 situé en amont de la zone d'étude • OH2 : radier béton composé de 6 buses Ø1000 dont 2 sont obstruées par des branchages et de la terre. • OH3 : radier béton composé de 2 buses Ø600 et 10 buses Ø800 • OH4 : radier composé de 9 buses Ø600	
Enjeux	Sur le secteur d'étude, les enjeux sont relativement faibles, les habitations ont été à priori peu touchées par les plus fortes inondations (1990 sur ce secteur) hormis celles situées à proximité d'un creek qui génère de nombreuses inondations. Lors des fortes pluies une ravine s'est formée entraînant la végétation présente qui a obstrué l'ouvrage de franchissement de ce creek par la VU53. Les zones les plus soumises au risque d'inondation sont de grandes zones de pâturages qui représentent un enjeu très faible.	

Etude des zones inondables en Province Sud - Commune de Bourail

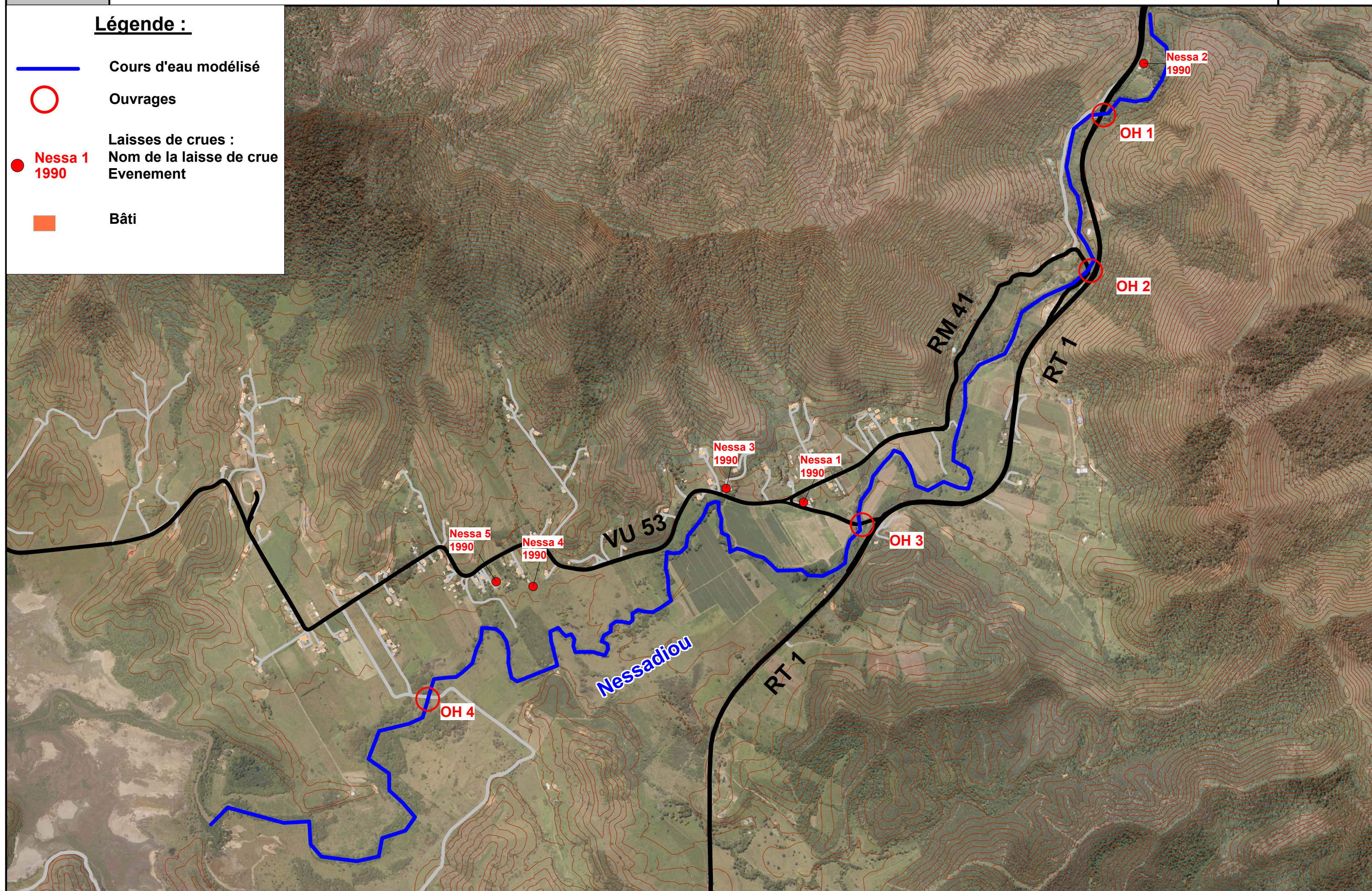
Planche 3 : Présentation des secteurs d'étude - Secteur Nessadiou

Echelle:
1 / 15 000

Format: A3

Légende :

-  Cours d'eau modélisé
 -  Ouvrages
 -  **Nessa 1 1990**
 -  Bâti
- Laisses de crues :
Nom de la laisse de crue
Evenement

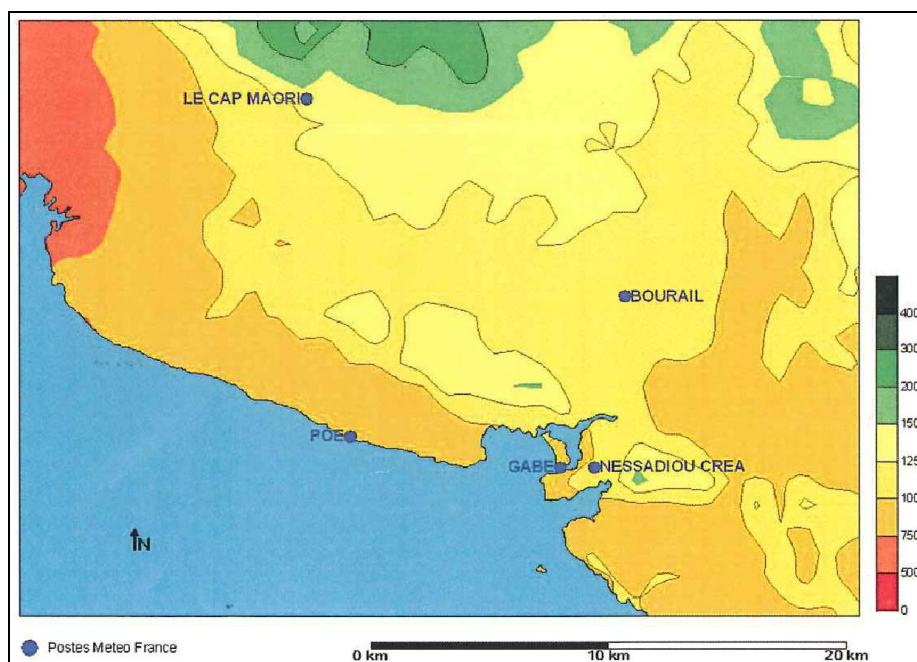


3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROMETRIQUE

3.1 Pluviométrie

3.1.1 Contexte pluviométrique

Comme illustré sur la carte ci-dessous, il existe un fort gradient pluviométrique entre le littoral et la zone montagneuse beaucoup plus humide. En quelques kilomètres, la pluviométrie annuelle varie de 750 mm sur le littoral à plus de 2000 mm dans la chaîne, et même plus de 4000 mm sur les sommets les plus élevés.



Précipitations annuelles (source Météo France)

Comme sur la plupart des postes de Nouvelle-Calédonie, il existe une grande variabilité des précipitations entre la saison pluvieuse de janvier à mars (plus de 100 mm par mois) et la saison sèche de septembre à novembre (moins de 50 mm par mois).

3.1.2 Données pluviométriques disponibles

Les postes pluviométriques suivants (au pas d'acquisition 6 min, pour ceux de Météo France et à chaque basculement d'auget pour ceux de la DAVAR) se situent à proximité des secteurs étudiés (cf. Planche 1). Les postes pluviométriques journaliers sur le secteur ne sont pas présentés, dans la mesure où le pas de temps journalier est trop important par rapport aux temps de réponse des bassins versants.

Les dates de début de mesures des précipitations 6 min sont récapitulées dans le tableau suivant :

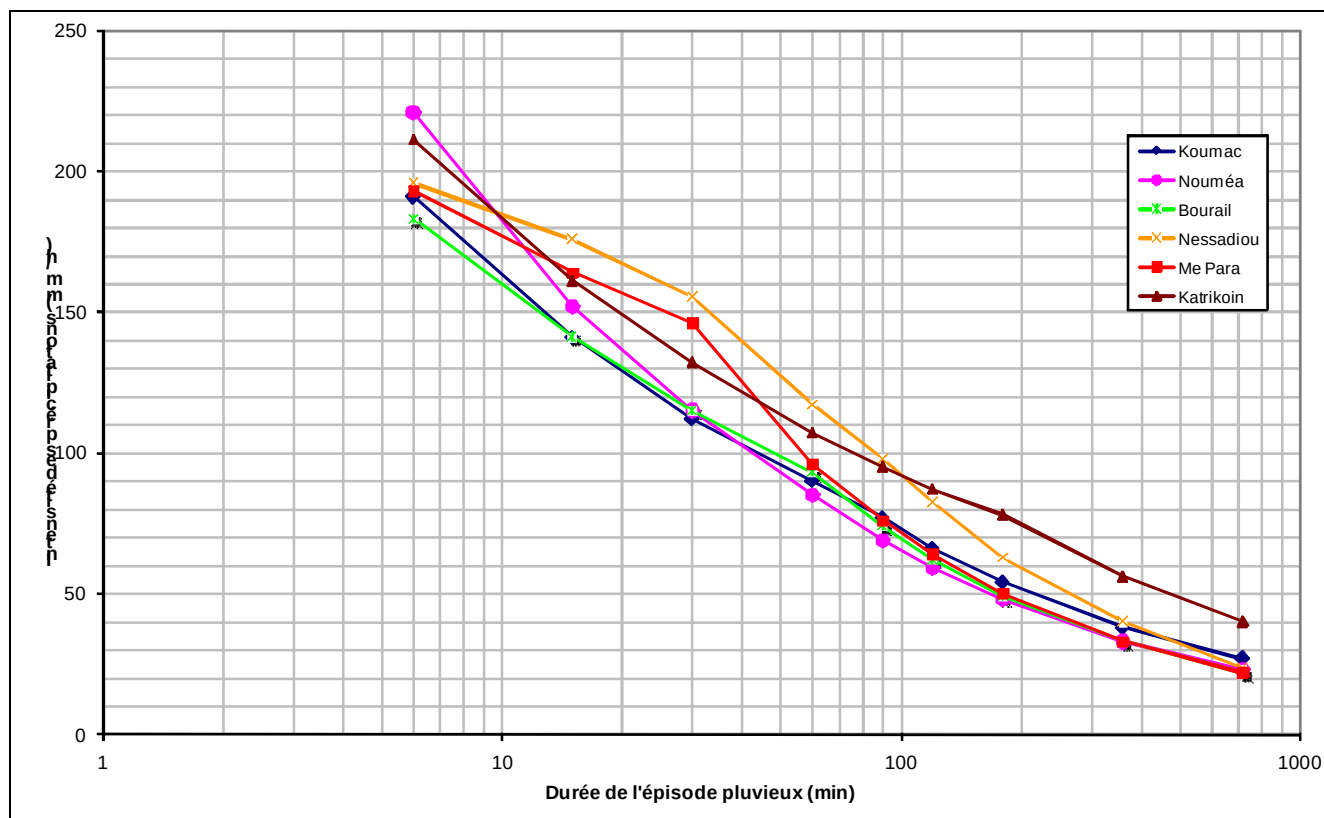
Poste pluviométrique	Début de mesures des précipitations 6 min	Poste pluviométrique	Début de mesures des précipitations 6 min
Bourail	1997	Nessadiou	1993
Cap Maori	1998	Gouaro Deva	1994
Col des Roussettes	1999	Malmezac	1988
Me Para	1991	Katrikoin	1988

Sur les secteurs d'études, la plupart des postes présente des échantillons de l'ordre de 10 à 15 ans hormis pour les stations DAVAR de Malmezac et Katrikoin où les durées d'observations sont de l'ordre de 20 ans.

3.1.3 Analyse statistique

Une comparaison des intensités pluviométrique centennales entre différentes stations du littoral ou de la plaine (Nessadiou, Bourail) et de la chaîne (Me Para, Katrikoin) est proposée ci-après. Les stations de référence de Nouméa et Koumac qui disposent de plus de 40 années de mesures ont également été reportées.

Sur le bassin versant étudié, le temps de concentration est de 6 heures.



Intensités centennales de précipitations en fonction de la durée de l'épisode pluvieux sur différentes stations

Ce graphe illustre :

- Pour des épisodes inférieurs à 1 heure, les intensités du poste de Nessadiou, sont sensiblement plus fortes que celles des autres stations, y compris celles se situant dans la chaîne.
- Pour les épisodes de quelques heures, logiquement, la station de Katrikoin présente les intensités les plus importantes, mais les intensités théoriques à la station d'altitude de Me Para, restent similaires à celles de Bourail. Il est important de noter que la station Météo France Me Para n'a pu enregistrer qu'un seul épisode cyclonique important (Erica) sur les 3 épisodes majeurs (Franck, Erica et Béti) qui se sont produits sur sa durée d'enregistrement. Les ajustements statistiques peuvent vraisemblablement être faussés par l'absence de ces épisodes. L'IDF de Me Para sera donc écartée par la suite. A contrario, la station de Katrikoin semble présenter un fonctionnement plus satisfaisant pour ce type d'épisode cyclonique.

En conclusion, sur le secteur d'étude, il est proposé de retenir les intensités pluviométriques de la station de Katrikoin (qui se situe à l'altitude d'environ 200 m) qui paraît représentative d'une pluviométrie moyenne du bassin versant.

3.2 Estimation des débits théoriques

3.2.1 Méthodologie

Trois approches seront utilisées pour l'estimation des débits de crue :

- la méthode rationnelle,
- l'utilisation de la loi d'ajustement des débits centennaux sur la Côte Ouest (source DAVAR),
- Une analyse régionale sur les stations hydrométriques voisines.

3.2.1.1 Méthode rationnelle

3.2.1.1.1 Principe de la méthode

La méthode rationnelle 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) (cf. paragraphe précédent pour le choix de l'intensité pluvieuse retenue selon les secteurs)
- A, la superficie du bassin versant (km²)
- Q, le débit de pointe (m³/s)

3.2.1.1.2 Coefficient de ruissellement

L'estimation des débits de crue nécessite de plus une évaluation du coefficient de ruissellement du bassin (C). 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	Pente <15 %	Pente > 15 %
5 ans	0,5	0,7
10 ans	0,6	0,8
100 ans	0,8	1,0

Coefficients de ruissellement utilisés

3.2.1.1.3 Temps de concentration

Différentes approches empiriques de calcul de temps de concentration ont été appliquées et comparées afin de retenir, sur chaque cours d'eau étudié, la valeur qui paraît la plus pertinente.

Les formules utilisées ci-après sont précisées en annexe 4.

• Formule de Kirpich

Cette formule a été calée sur des petits bassins versants du Tennessee. Elle est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie inférieure à 1 km².

• Formule de Ventura

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 40 km².

• Formule de Passini

Cette méthode est généralement utilisée pour des bassins versants de superficie supérieure à 10 km².

• 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 2m/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.

L'application de ces différentes formules empiriques conduit aux résultats suivants :

Bassin versant	Surface (km ²)	Pente (m/m)	Longueur (m)	Ventura		Kirpich		Passini		Méthode des transferts	
				Tc (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc (h)	Vitesse transfert (m/s)	Tc (h)	Vitesse transfert (m/s)
Nessadiou	76.7	0.005	40400	15.8	0.7	8.8	1.3	22.3	0.5	5.6	2.0

Temps de concentration calculés selon différentes approches empiriques

Les valeurs obtenues par ces différentes approches diffèrent très sensiblement. La « méthode des transferts » présente l'avantage d'avoir été validée sur des conditions hydrologiques locales, tandis que les autres méthodes reposent sur des analyses de comportements de bassins versants en Europe ou aux Etats-Unis.

Cette « méthode des transferts » sera donc retenue par la suite, **le temps de concentration de la Nessadiou est donc pris égal à 6h.**

3.2.1.2 Analyse régionale

Il s'agit d'une méthode qui utilise une simple transposition des données hydrométriques d'un bassin versant connu (de débit Q_2 et de surface S_2) à un bassin versant inconnu (de débit Q_1 et de surface S_1) :

$$Q_1 = \left(\frac{S_1}{S_2} \right)^n \cdot Q_2$$

Le coefficient de transposition « n », généralement compris entre les valeurs 0,6 et 0,8, est pris égal à 0,75. Cette valeur a été calée en Nouvelle Calédonie à l'aide des ajustements de Gumbel effectués pour les débits centennaux utilisant les 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie.

Les deux bassins versants de référence (superficie, localisation géographique et pluviométrie proches) où des données hydrométriques sont disponibles sont ceux de :

- La Boghen aval confluence Aremo
- La Foa amont Pierrat

Les caractéristiques de ces stations sont les suivantes (cf. annexe 5) :

Station hydrométrique	Superficie drainée (km²)	Altitude moyenne du bassin versant	Durée d'observations	Débit max jaugé
La Boghen aval confluence Aremo	113	419 m	49 ans	700 m³/s
La Foa amont Pierrat	116	430 m	28 ans	268 m³/s

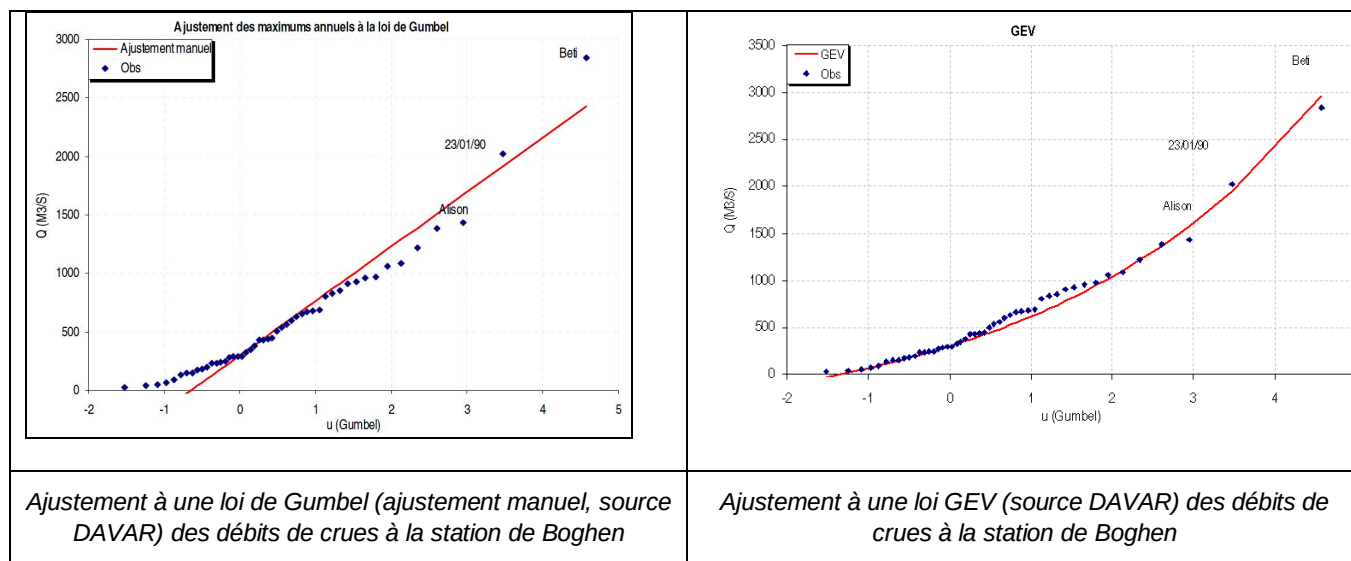
Les débits de crues théoriques calculés à ces stations sont les suivants :

Station hydrométrique	Crue 5ans (m³/s)	Crue 10 ans (m³/s)	Crue 100 ans (m³/s)
La Boghen aval confluence Aremo (méthode de Gumbel)	997	1346	2439
La Boghen aval confluence Aremo (Loi GEV)	811	1168	2978
La Foa amont Pierrat	770	980	1638

Les différentes méthodologies utilisées dans l'analyse statistique des débits « observés » aux stations hydrométriques pouvant conduire à des valeurs théoriques sensiblement différentes, il nous a semblé pertinent de présenter les deux ajustements statistiques réalisés sur les débits issus de la station hydrométrique de Boghen. Cette station présente en effet un comportement un peu particulier.

L'ajustement à la loi de Gumbel des débits de la Foa paraît satisfaisant et n'a donc pas fait l'objet de cette comparaison.

L'ajustement à une loi de Gumbel des événements observés (droite dans un graphique de Gumbel) n'est pas entièrement satisfaisant, car il ne peut représenter la « cassure » dans l'alignement des débits observés qui est à noter dès l'occurrence décennale (variable de Gumbel « u » = 2.25). Les événements exceptionnels (Béti, Jan. 1990) semblent suivre un comportement différent. L'ajustement manuel proposé par la DAVAR permet toutefois de redonner de l'importance à ces événements exceptionnels, pour éviter que ces deux événements (Jan. 1990 et Béti) présentent une période de retour centennale pour celui de janvier 1990 et supérieure à 200 ans pour Béti, ce qui paraîtrait surprenant, vu la taille de l'échantillon (49 ans).



L'ajustement à une loi GEV (Valeurs Extrêmes Généralisées), permet une meilleure représentation des événements fréquents et exceptionnels, mais elle conduit à une estimation du débit centennal qui s'apparenterait plus aux débits de la cote Est. Les débits des occurrences faibles (inférieures à 10 ans) sont proches des valeurs classiques de la Cote Ouest.

Les débits théoriques de La Foa et Boghen, avec pourtant des bassins versants de caractéristiques morphologiques et géographiques relativement similaires, présentent des divergences sensibles (principalement pour les occurrences exceptionnelles, si l'on s'appuie sur l'ajustement par une loi GEV). Les pluviométries exceptionnelles sont donc plus importantes sur Bourail que sur La Foa, ce qui peut s'expliquer d'une part par le fait que le Col des Roussettes apparaît comme un lieu de passage préférentiel des cyclones, et d'autre part car la majorité des cyclones passe d'abord par Bourail puis par la Foa, avec donc une perte d'intensité sur cette commune.

3.2.1.3 Loi d'ajustement des débits centennaux sur la cote ouest (source DAVAR)

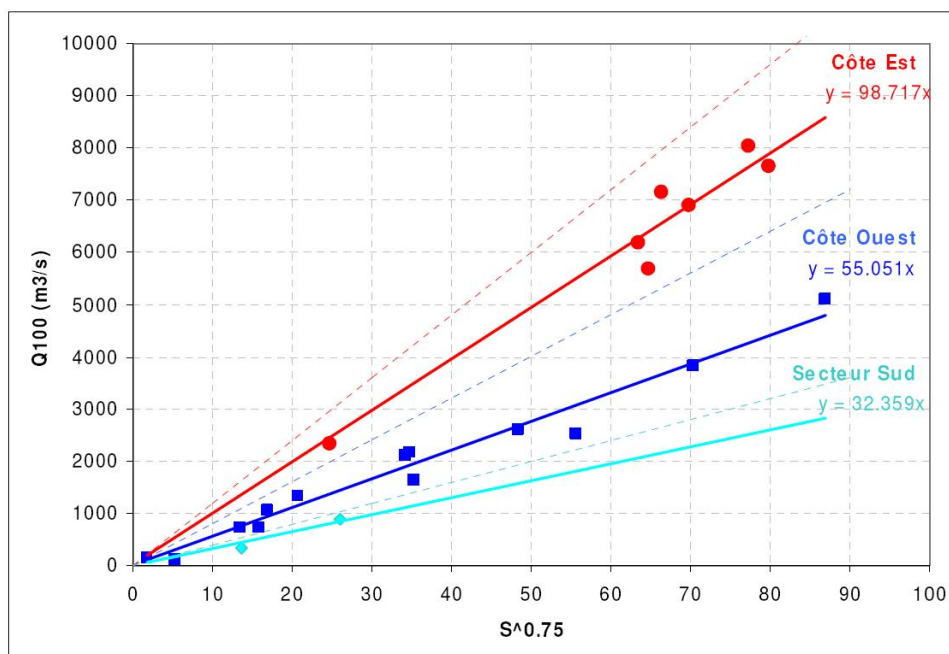
La méthode proposée ci-après repose sur une analyse plus globale, à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie réalisée par la DAVAR (Source : *Courbes enveloppes des débits spécifiques maximums de crues pour le quart sud-ouest de la Nouvelle Calédonie La Foa La Coulée – DAVAR – février 2006*)

La DAVAR a établi un certain nombre de fiches techniques relatives aux caractéristiques de stations hydrométriques dont elle a la gestion. Par le biais des mesures réalisées sur ces stations hydrométriques, des ajustements statistiques ont permis la détermination des débits théoriques de crues. La synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22

stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie est présentée ci-après. Il ressort de ces corrélations que les débits de crue centennale des cours d'eau de la côte Ouest peuvent être estimés par la loi suivante :

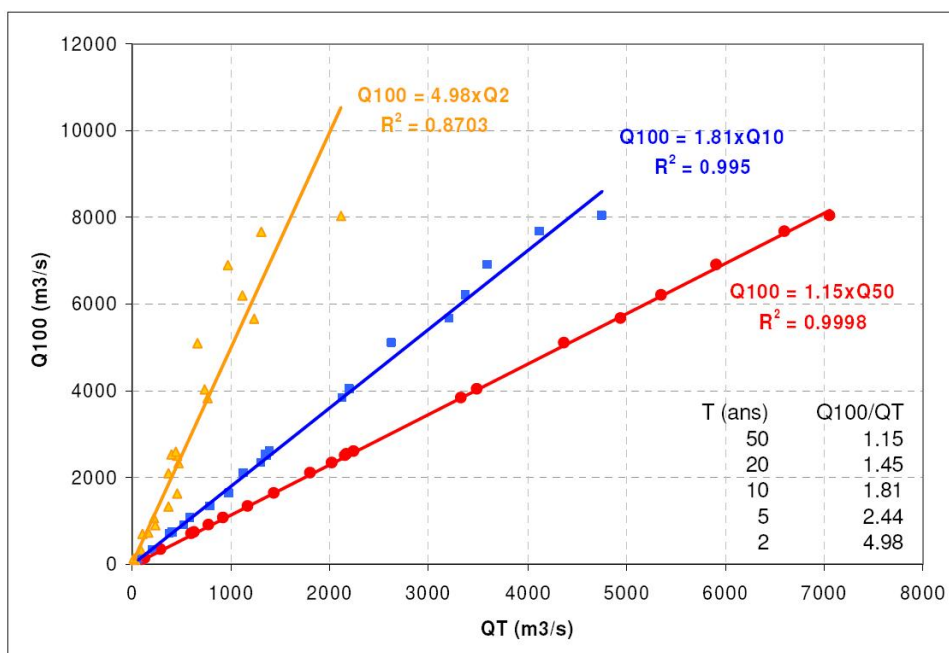
$$Q_{100} = 55,051 \cdot S^{0.75}$$

Où $Q_T/S^{0.75}$ sera nommé par la suite coefficient régional de l'occurrence T.



Synthèse des ajustements de Gumbel pour la crue centennale sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

Les débits caractéristiques de crues pour différentes périodes de retour peuvent se déduire facilement via des coefficients de proportionnalité relativement stables à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie (Ajustements réalisés par la DAVAR, cf. graphique suivant).



Rapport Q100/QT défini à partir des ajustements de Gumbel sur l'ensemble des 22 stations hydrométriques de la Nouvelle Calédonie, source DAVAR

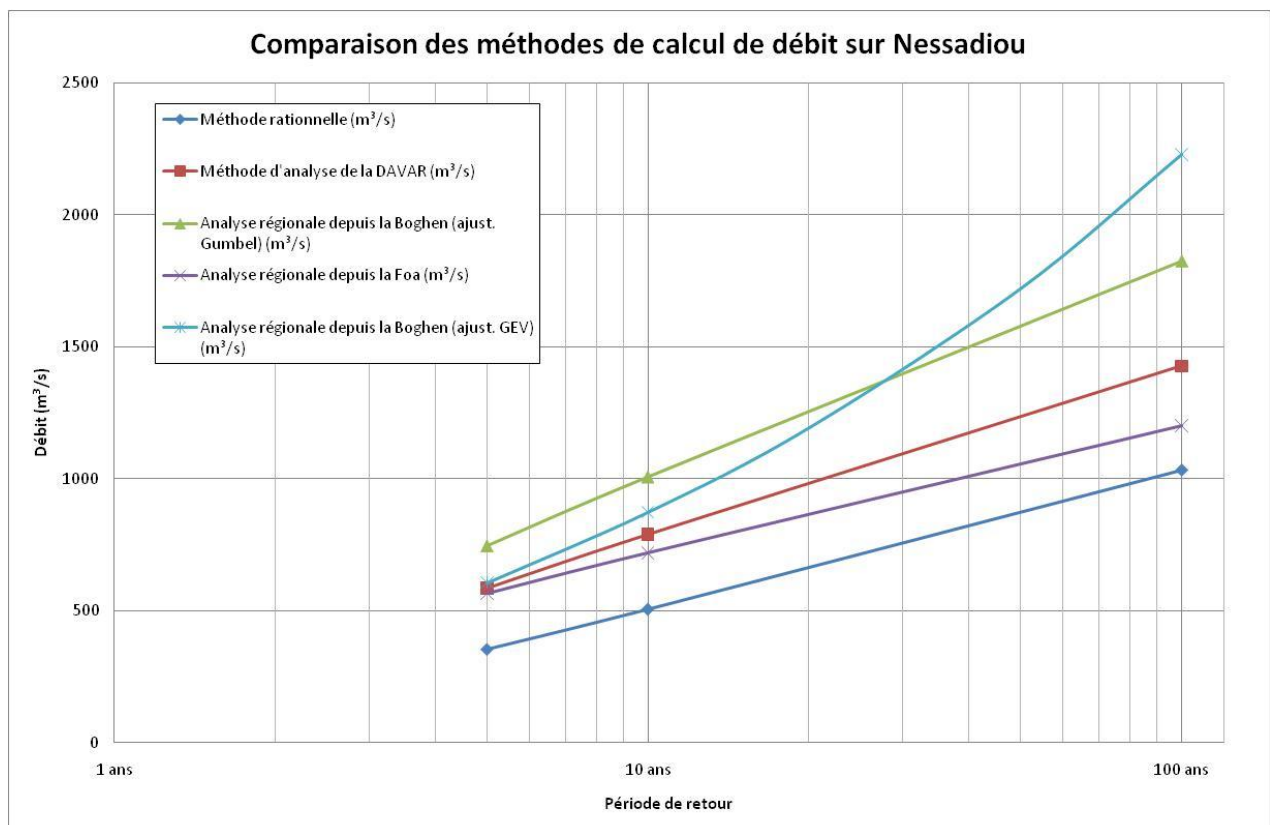
3.2.2 Résultats

3.2.2.1 Présentation des résultats

Bassin versant	Nessadiou		
Période de retour	5 ans	10 ans	100 ans
Surface (km ²) Totale	76.7		
Tc : Temps de Concentration (h)	6		
Intensité pluviométrique sur Tc (mm/h)	29	36	56
Coefficient de ruissellement	0,6	0,7	0,9

Les résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées sont présentés sur le tableau et le graphe ci-après :

Méthode de Calcul	Débit (m ³ /s)			Débit spécifique (m ³ /km ² /s)		
	5 ans	10 ans	100 ans	5 ans	10 ans	100 ans
Méthode rationnelle	355	507	1034	4,6	6,6	13,5
Méthode d'analyse de la DAVAR	585	788	1427	7,6	10,3	18,6
Analyse depuis Boghen (ajust. Gumbel)	746	1007	1824	9,7	13,1	23,8
Analyse régionale depuis la Foa	565	719	1201	7,4	9,4	15,7
Analyse depuis la Boghen (ajust. GEV)	606	873	2227	7,9	11,4	29,0



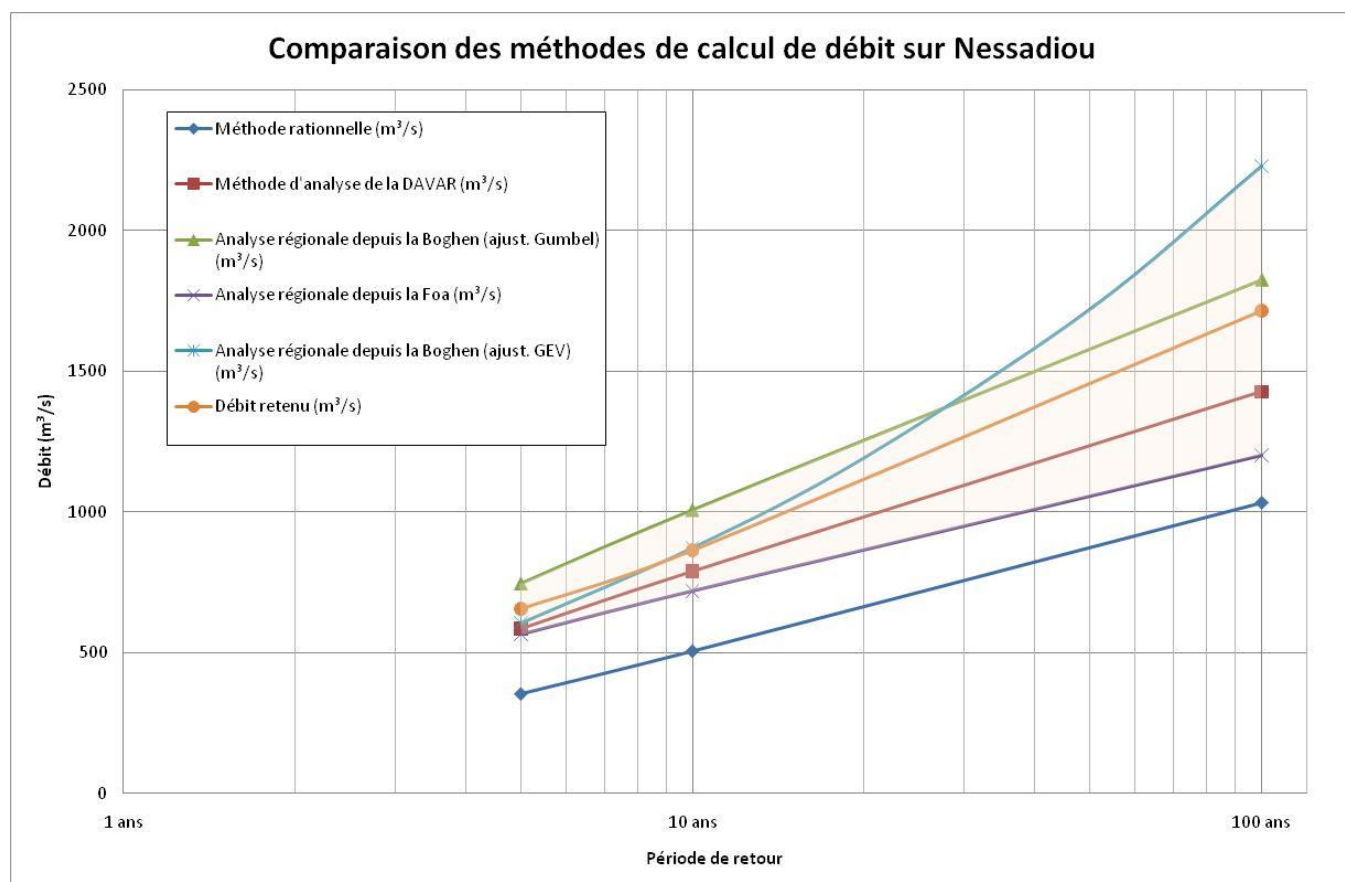
3.2.2.2 Synthèse et débits retenus

L'analyse des différentes méthodologies utilisées conduit aux constats suivants :

- Les valeurs obtenues par la méthode rationnelle sont sensiblement plus faibles que celles obtenues par les autres méthodes. Ceci s'explique par le fait que ce cours d'eau présente un bassin versant très allongé, le temps de concentration est donc relativement important par rapport à la surface drainée. L'augmentation du temps de concentration entraîne une diminution de l'intensité pluviométrique et donc du débit calculé par la méthode rationnelle.
- Les autres méthodes issues au final d'analyse régionale, soit à l'échelle de la côte ouest, soit à partir des valeurs de stations hydrométriques voisines, forment un fuseau cohérent même si les valeurs extrêmes peuvent varier du simple au double notamment pour les occurrences exceptionnelles. Il semble très probable que les débits théoriques des cours d'eau étudiés se situent dans ce fuseau. Même si la station de Boghen pourrait paraître la plus représentative car elle se situe sur le secteur d'étude, il est proposé de pondérer les fortes valeurs obtenues issues des ajustements de cette station par les valeurs des stations de la côte ouest et notamment de la Foa,

Les valeurs extrêmes des méthodes régionales seront donc retenues pour la détermination de la fourchette d'incertitude, la valeur médiane de ce fuseau formant la valeur théorique retenue par la suite.

Le graphe ci-après illustre ce propos.



Débits retenus pour le bassin versant de la Nessadiou (l'aplat rose représente la fourchette d'incertitude)

Les lois de calcul des débits en tout point du bassin versant ont alors été déterminées :

$$Q_{100} = 66.1 [85.9 - 46.3] S^{0.75}$$

$$Q_{10} = 33.3 [38.8 - 27.7] S^{0.75}$$

$$Q_5 = 25.3 [28.8 - 21.8] S^{0.75}$$

Avec : Q_T : débit pour l'occurrence T en m³/s

S : Surface du bassin versant au droit de l'exutoire considéré en km²

Les valeurs indiquées entre crochets correspondent aux fourchettes hautes et basses.

Les débits théoriques de la Nessadiou sont les suivants :

	Débit (m ³ /s)	Débit spécifique (m ³ /s/km ²)
5 ans	655	9
10 ans	863	11
100 ans	1714	22

3.3 Détermination des débits de crues historiques

L'objectif de cette partie est d'approcher l'occurrence de ces différents évènements (et donc leur fourchette de débit) sur les cours d'eau où des témoignages sont disponibles. Ces évènements seront simulés en phase 2 dans les modèles hydrauliques et participeront au calage de ces modèles.

Sur le secteur d'étude, de nombreuses laisses de crue ont été répertoriées, elles correspondent à l'évènement pluvieux de 1990.

La démarche proposée ci-après repose sur deux approches différentes :

- L'analyse de l'occurrence de crue de l'évènement considéré aux 2 stations hydrométriques de référence (la Foa et Boghen).
- L'analyse des occurrences des évènements pluvieux, sur les stations disposant d'enregistrements, pour des durées encadrant les temps de concentration des bassins versants concernés.

De nombreuses limites sont à noter, quelque soit la méthodologie utilisée :

- La première approche (« basée sur l'hydrométrie »), présente l'inconvénient de ne pas prendre en compte les hétérogénéités pluviométriques éventuelles entre les bassins versants de référence et ceux étudiés pour l'évènement considéré
- L'approche basée sur la pluviométrie se heurte au manque de données pour les évènements étudiés. Lors d'évènements intenses, il arrive parfois que certains postes pluviométriques ne fonctionnent que partiellement et la densité du réseau reste sur certains secteurs également insuffisante pour caractériser des hétérogénéités pluviométriques localisées. D'autre part, l'occurrence d'un évènement pluvieux n'implique pas forcément une occurrence similaire de la crue générée, d'autres paramètres, notamment l'état de saturation du bassin versant, interviennent également. Les hyétogrammes (en cumul horaire) de ces évènements aux stations retenues sont présentés en annexe 6.

Description de l'évènement pluvieux de 1990

L'épisode pluvieux de fin janvier 1990 (du 22 au 24 janvier) correspond à un amas nuageux ayant produit de très fortes précipitations localisées principalement sur la région de Bourail. Cet évènement a déversé des quantités énormes de précipitations (1186 mm à Malmezac, 945 mm à Katrikoin, 797 mm à Col des Roussettes et environ 750 mm à Bourail et Nessadiou).

La particularité de cet évènement (cf. hyétogrammes en annexe) réside dans sa durée, les pluies étant soutenues durant 1.5 à 2 jours. Un nombre de laisses de crue significatif de cet évènement a été observé sur le bassin versant Nessadiou.

Analyse hydrométrique

L'analyse des données enregistrées sur la station hydrométrique de la Boghen permettent d'estimer le temps de retour de cette crue à environ 40 ans sur la Boghen.

L'analyse depuis la Foa n'a pas été réalisée du fait de la localisation très précise de cet évènement.

Analyse Pluviométrique

Les seules données pluviométriques disponibles (au pas de temps inférieur à la journée) sont celles des stations de Katrikoin et Malmezac. Pour rappel le temps de concentration du bassin versant de Nessadiou est vraisemblablement compris dans la fourchette 4 h à 12 h. Les occurrences de pluies, selon les durées de l'évènement sont les suivantes :

Occurrence* sur la durée :	4 - 6 h	7 h -12 h
Katrikoin	30-50 ans	30 ans
Malmezac	30-50 ans	100 ans

**Occurrence estimée sur l'IDF de Katrikoin.*

A titre indicatif les précipitations journalières sur Malmezac, Nessadiou et Bourail avec des cumuls supérieurs à 550 mm seraient au moins centennales.

Pour les durées de pluie supérieures à 6 heures, cet épisode a été sensiblement plus intense sur la station de Malmezac (représentatif de l'aval du bassin versant de la Boghen et de l'amont de celui de la Nessadiou) que sur Katrikoin (station représentative de l'amont du bassin versant de Boghen).

Synthèse

Les occurrences obtenues sur la station hydrométrique de Boghen et sur Katrikoin (représentatif du bassin versant jauge) sont cohérentes et nous confortent dans la caractérisation de l'occurrence de cet épisode de l'ordre de 30-50 ans à la station hydrométrique.

Sur Nessadiou, les intensités pluviométriques (de Malmezac ou des postes journaliers) tendraient à caractériser l'évènement comme centennal. Une approche sécuritaire, nous incite donc à caractériser l'occurrence de cet évènement de l'ordre de 50 à 100 ans.

Les valeurs retenues sont les suivantes :

$Q_{1990, \text{Nessadiou}} = 1\,650 \text{ m}^3/\text{s}$ $[1\,100 - 2\,200]$
--

4 PROGRAMME DE LEVES TOPOGRAPHIQUES

Les profils en travers sont des levés topographiques réalisés perpendiculairement à l'écoulement de la rivière. Ils doivent décrire la géométrie du lit mineur et du lit majeur. Implantés à intervalles plus ou moins réguliers, cette série de profils, représentatifs du cours d'eau, doit également permettre de préciser les singularités hydrauliques (ruptures de pente, variations de sections..).

Une fois toutes les données pouvant influencer sur le positionnement des profils prises en compte (urbanisations actuelle et future, profils existants), les profils ont été implantés lors de visites de terrain et observation de la cartographie 3D en fonction des singularités hydrauliques constatées sur place.

Les plans des levés topographiques sont fournis en annexe 3.

Sur les secteurs où le fond de plan au 1/2000^{ème} est disponible (sur la partie centrale du secteur d'étude), les profils du lit majeur ont été extrapolés sur ce fond.

Le lit mineur et moyen a fait, a contrario, l'objet de levés topographiques par le cabinet de géomètres DELVAR. Ces profils levés présentent une longueur moyenne d'environ 150 à 200 m et un espacement moyen de l'ordre de 300 m. Cet espacement est fonction des enjeux présents et de la configuration topographique et géomorphologique du cours d'eau.

Le linéaire total de profils levés sur le secteur de Nessadiou est de 5 425 m, répartis sur 27 profils.

Le fond au 1/2000^{ème} n'étant pas disponible sur tout le linéaire étudié notamment de P33 à P24 et entre P11 et P7, ces profils sont plus conséquents afin de disposer de points topographiques complémentaires en lit majeur, notamment sur les zones les plus planes où la précision du 1/10 000^{ème} est insuffisante.

Les 3 franchissements de la Nessadiou OH1 à OH3 ont été levés, sachant que l'ouvrage OH4 a été levé par le cabinet Bourail Topo, pour le compte de la mairie.

5 MODELISATION HYDRAULIQUE DES COURS D'EAU

5.1 Méthodologie

Les cours d'eau étudiés ont fait l'objet de modèles hydrauliques réalisés sous le logiciel filaire et unidimensionnel HEC-RAS 4.0 en régime permanent.

Ces modèles hydrauliques sont basés sur :

- les profils en travers et ouvrages levés lors de la campagne topographique détaillée précédemment, profils en partie extrapolés à partir des fonds de plan 3D existants sur le secteur (1/2000^{ème} et parfois 1/10000^{ème}),
- les débits des crues historiques et de références présentés en Phase 1. Ces débits ont été injectés dans le modèle hydraulique soit directement au nœud qui représente physiquement l'exutoire du sous bassin quand cela est possible, soit au profil correspondant au centre de gravité du sous bassin versant. Les tableaux fournis en annexe détaillent la surface drainée au droit des profils et le débit associé.

5.2 Construction du modèle et hypothèses de calcul

Le linéaire modélisé porte sur la Nessadiou depuis l'ouvrage de franchissement de la RT1 jusqu'à son embouchure dans la baie de Nessadiou.

Les profils en travers modélisés sont localisés sur la planche 4, qui présente également les laisses de crue de la grande inondation de 1990.

La Nessadiou ne compte pas de fonctionnement particulier hormis une zone de non-écoulement qui a été intégrée à l'extrémité de la rive gauche du profil P13.

En aval de l'ouvrage de la RT1, le profil P30, ne peut être réellement « fermé » en rive gauche, dans la mesure où la topographie ne le permet pas. Il sera néanmoins fictivement fermé sur le modèle hydraulique. La configuration retenue paraît pertinente et représentative du fonctionnement réel des écoulements.

5.2.1 Débits injectés

Pour rappel, les débits suivants calculés en phase 1 sont injectés dans le modèle de la Nessadiou :

Surface drainée à l'exutoire (en km ²)	76.7
Q5 (m ³ /s)	655
Q10 (m ³ /s)	863
Q100 (m ³ /s)	1714

5.2.2 Coefficients de Strickler

Les coefficients de Strickler retenus, traduisant la rugosité des lits mineurs et majeurs des thalwegs et cours d'eau, sont les suivants :

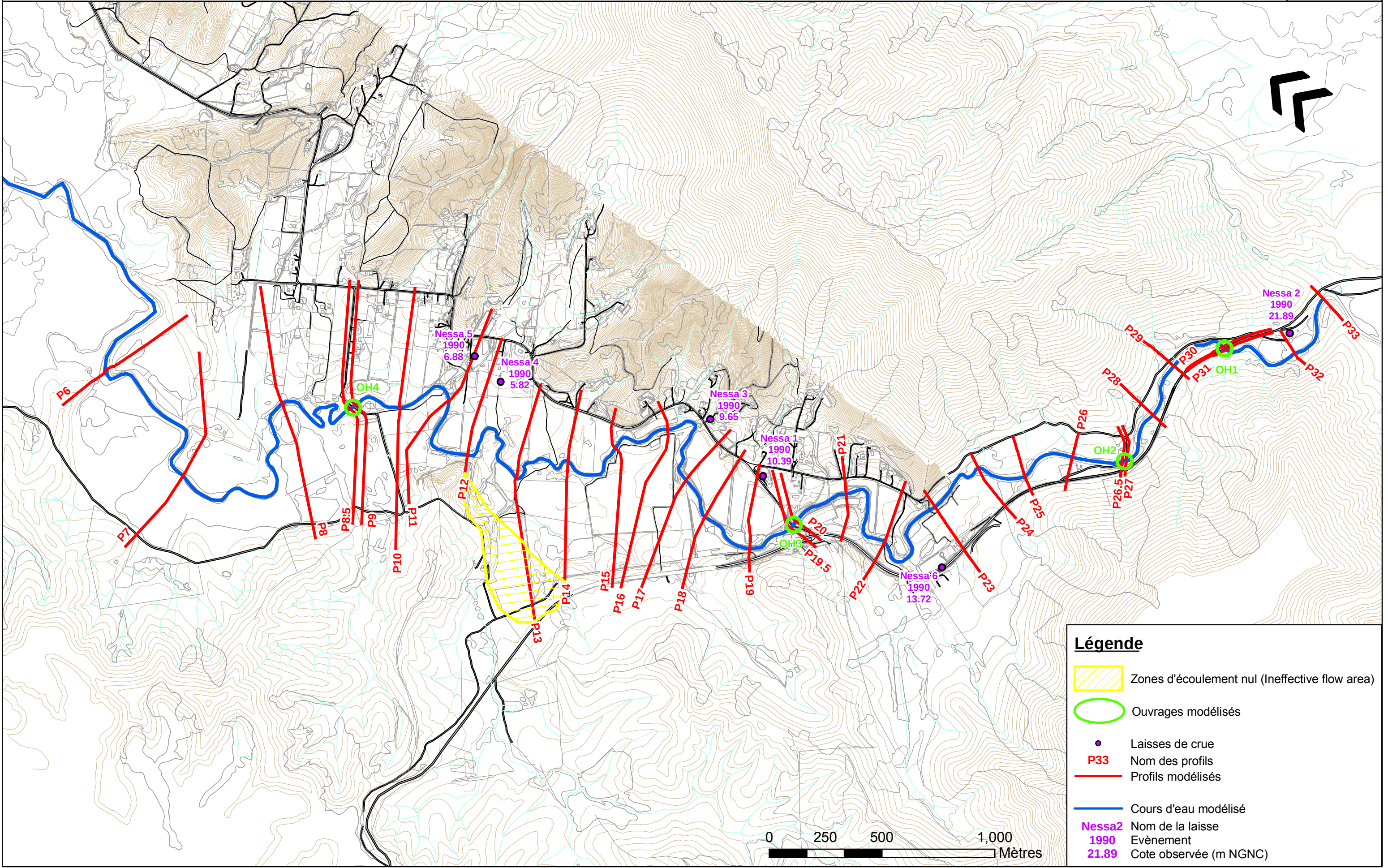
- **Strickler en lit majeur :**
 - o **12** sur la quasi-totalité des lits majeurs qui sont relativement dégagés.
 - o **10** en amont du cours d'eau où la végétation est plus dense et haute.
- **Strickler en lit mineur :**
 - o **20** sur la Nessadiou, où le lit mineur est bien marqué mais relativement encombré.

5.2.3 Conditions Limites

La limite aval du secteur d'étude se situe environ 5 km en amont du débouché en mer de la Nessadiou. L'interpolation de profils sur ce secteur étant incertaine en raison des données topographiques peu nombreuses (1/10 000ème), il n'est pas pertinent de modéliser ce tronçon (en aval du P6 jusqu'à la mer).

La condition limite aval retenue au droit du profil P6 est alors prise égale à la hauteur normale calculée pour une pente de 0.6‰. Cette pente correspond à la pente moyenne de la ligne d'eau sur l'aval (en aval de P13).

La ligne d'eau obtenue avec cette valeur est satisfaisante, cependant l'influence du choix de cette pente étant importante, une analyse de sensibilité sera menée au paragraphe 5.5.



5.3 Calage du modèle

5.3.1 Méthodologie

Le calage du modèle de la Nessadiou a été effectué sur la grande inondation de 1990. Cette crue est la plus importante pour laquelle des témoignages ont pu être recensés. Pour cette crue, les débits suivant ont été simulés :

	Q1990 Fourchette basse	Q1990	Q1990 Fourchette haute
Débit injecté (m³/s)	1100	1650	2200
Occurrence	30 ans	50 – 80 ans	> 100 ans

La valeur haute qui correspondrait à une occurrence supérieure à 100 ans a été écartée en raison de sa surestimation au vu des laisses de crue observées. Le débit de la crue de 1990 est donc très vraisemblablement compris entre la fourchette basse et la valeur médiane, ce qui correspondrait approximativement à une crue d'occurrence 50 à 80 ans.

La condition limite aval est, comme pour les crues de référence, prise égale à la hauteur normale pour une pente de 0.6‰.

Sur la base de ces hypothèses, des simulations itératives en faisant évoluer les coefficients de Strickler ont été réalisées pour permettre l'ajustement du modèle aux cotes observées.

5.3.2 Résultats du calage du modèle de la Nessadiou

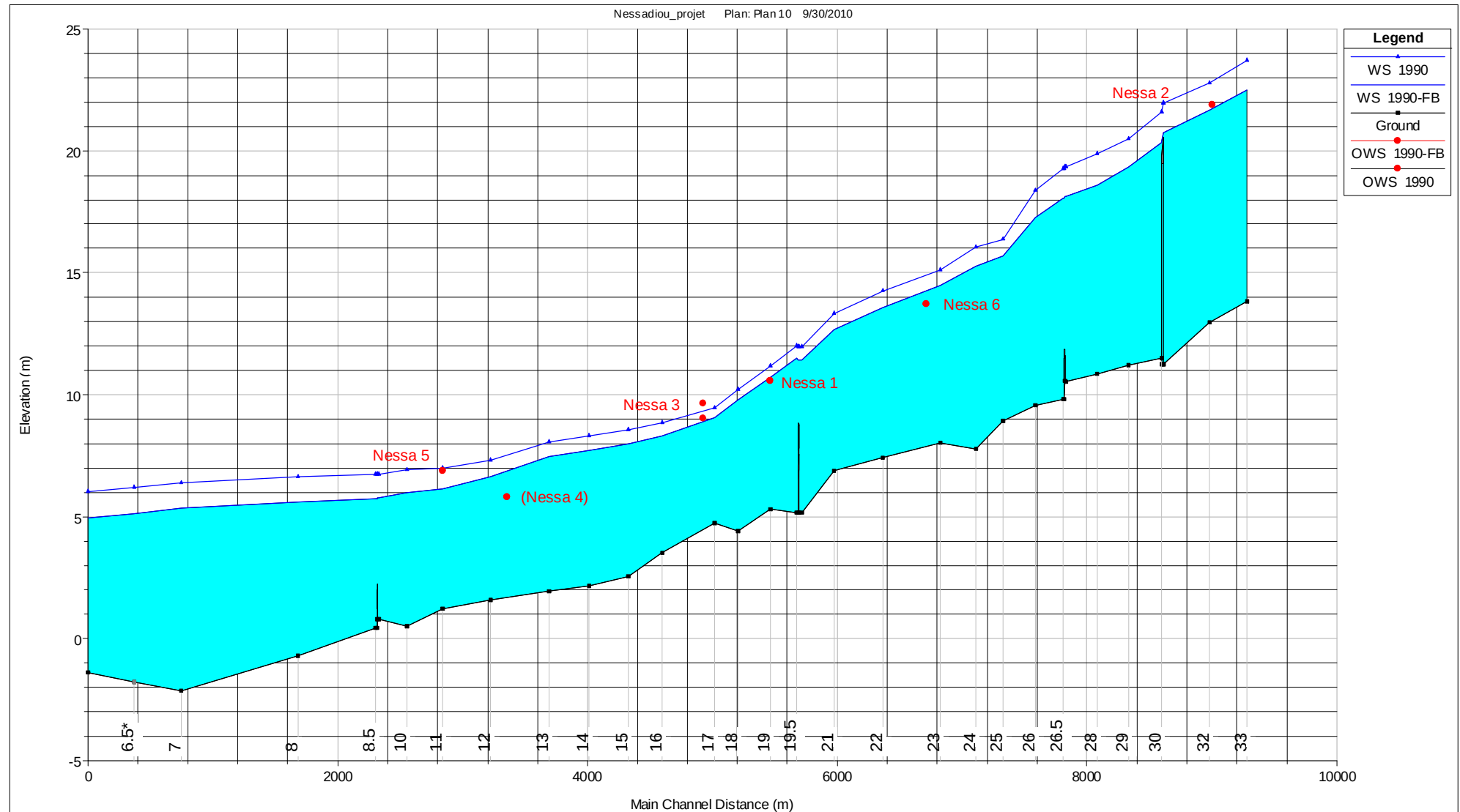
Les profils des lignes d'eau ci-après présentent les résultats de ce calage. Le tableau ci-après présente la comparaison entre les lignes d'eau et les cotes observées lors de la crue de 1990 :

Nom de la laisse de crue	Cote observée (m NGNC)	Q1990 – Fourchette basse		Q1990 – Valeur médiane	
		Cote calculée (m NGNC)	Différence : Cote calculée – observée (m)	Cote calculée (m NGNC)	Différence : Cote calculée – observée (m)
Nessa 5	6.90	6.15	- 0.75	7.00	+ 0.10
Nessa 3	9.05 - 9.65	8.89	-0.16 / - 0.76	9.32	+/- 0.30
Nessa 1	10.59	10.73	+ 0.17	11.19	+ 0.6
Nessa 6	13.72	14.27	+ 0.55	14.90	+ 1.18
Nessa 2	21.89	21.73	- 0.16	22.86	+ 0.97

Plusieurs remarques au sujet de ces résultats sont à préciser :

- Le témoignage Nessa 4, très approximatif, a été écarté. Il s'agit en effet d'une indication de limite de zone inondable au pied d'un piquet au milieu d'un champ, l'incertitude paraît trop importante sur ce type de témoignage, pour qu'il puisse être utilisé.
- La laisse de crue Nessa 5 est située à proximité d'un creek et selon le témoignage, l'habitation est inondée plutôt par le creek qui ne peut s'écouler correctement en raison de son contrôle par la cote de la Nessadiou. Il est donc possible que ce témoignage soit légèrement maximaliste pour représenter la cote atteinte par la Nessadiou.

- Une fourchette d'incertitude a été estimée sur le témoignage Nessa3, en effet la cote atteinte en 1990 se situe vraisemblablement entre les cotes de talus bas et haut ce qui peut engendrer une différence d'environ 60 cm. En revanche, le niveau d'eau peut difficilement être supérieur à 9.65 m NGNC car l'habitation à proximité aurait alors été inondée ce qui va l'encontre du témoignage relevé.
- La laisse de crue Nessa 6 a été relevée le long de la RT1, où la crue de 1990 aurait été affleurante. Ce témoignage, tout comme Nessa 2, est très approximatif.



Ligne d'eau modélisée pour la Grande Inondation de 1990 sur la Nessadiou (fourchette basse et valeur médiane)

Peu d'enjeux d'habitation étant affectés par les crues de la Nessadiou, les témoignages recensés restent pour la plupart qualitatifs et source d'incertitude non négligeable ce qui complexifie le calage du modèle. Les coefficients de Strickler retenus étant cohérents avec ceux des autres cours d'eau pour des configurations similaires et ce calage étant légèrement sécuritaire, il a été conservé.

5.4 Modélisation des crues de référence

Les résultats des simulations réalisées sont fournis en annexe 7b. Les lignes d'eau calculées pour les crues d'occurrence 5, 10 et 100 ans sont présentées sur le graphe de la page suivante.

Les résultats obtenus permettent de dresser les constats suivants sur les ouvrages :

- L'ouvrage de franchissement de la RT1 situé en amont du secteur d'étude est en charge mais n'est pas submergé pour les crues quinquennale et décennale. En revanche, en crue centennale, la hauteur d'eau sur la RT1 serait en moyenne de 1 m.
- La capacité des autres ouvrages (radiers) modélisés étant minime par rapport aux débits de référence, ils sont très largement submergés pour les crues simulées.

Les routes (RT1 et RM41) ne sont que ponctuellement inondées par la Nessadiou et principalement pour des crues importantes (centennales). Quelques rares portions de la RM41 sont inondables pour des occurrences plus faibles.

Le lit majeur est relativement encaissé en amont du profil P24 (150 à 200 m de large) et s'élargit ensuite progressivement (largeur de 300-400m entre P20 et P24) pour atteindre une largeur de plus de 800 m sur l'aval. Les écoulements restent toujours en régime fluvial.

Un remous est à noter entre les profils P26 et P24, lié à l'élargissement du lit majeur entre le profil P25 et P24 (le lit majeur varie de 120 m au P25 à environ 220 m au P24).

5.5 Analyse des incertitudes

Une analyse des incertitudes liées aux hypothèses considérées a été menée sur la Nessadiou pour la crue centennale. La condition limite aval étant éloignée du secteur d'étude elle n'a aucune influence sur les lignes d'eau calculées. Les lignes d'eau de ces modélisations sont fournies en annexe 8 en comparaison de la ligne d'eau centennale.

ǿ Sensibilité aux variations de débit

La fourchette de débit centennale déterminée dans le rapport de phase 1 a été simulée. Il ressort de cette comparaison une variation moyenne de ± 70 cm par rapport à la ligne d'eau centennale. Cette variation non négligeable est due à la forte variation de débit entre les différentes valeurs des fourchettes.

ǿ 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. Il ressort de cette simulation une variation moyenne de la ligne d'eau de ± 50 cm par rapport à celle obtenue pour la crue centennale. Cette sensibilité du modèle aux variations de rugosité est non négligeable mais reste toutefois dans les gammes de précision du modèle.

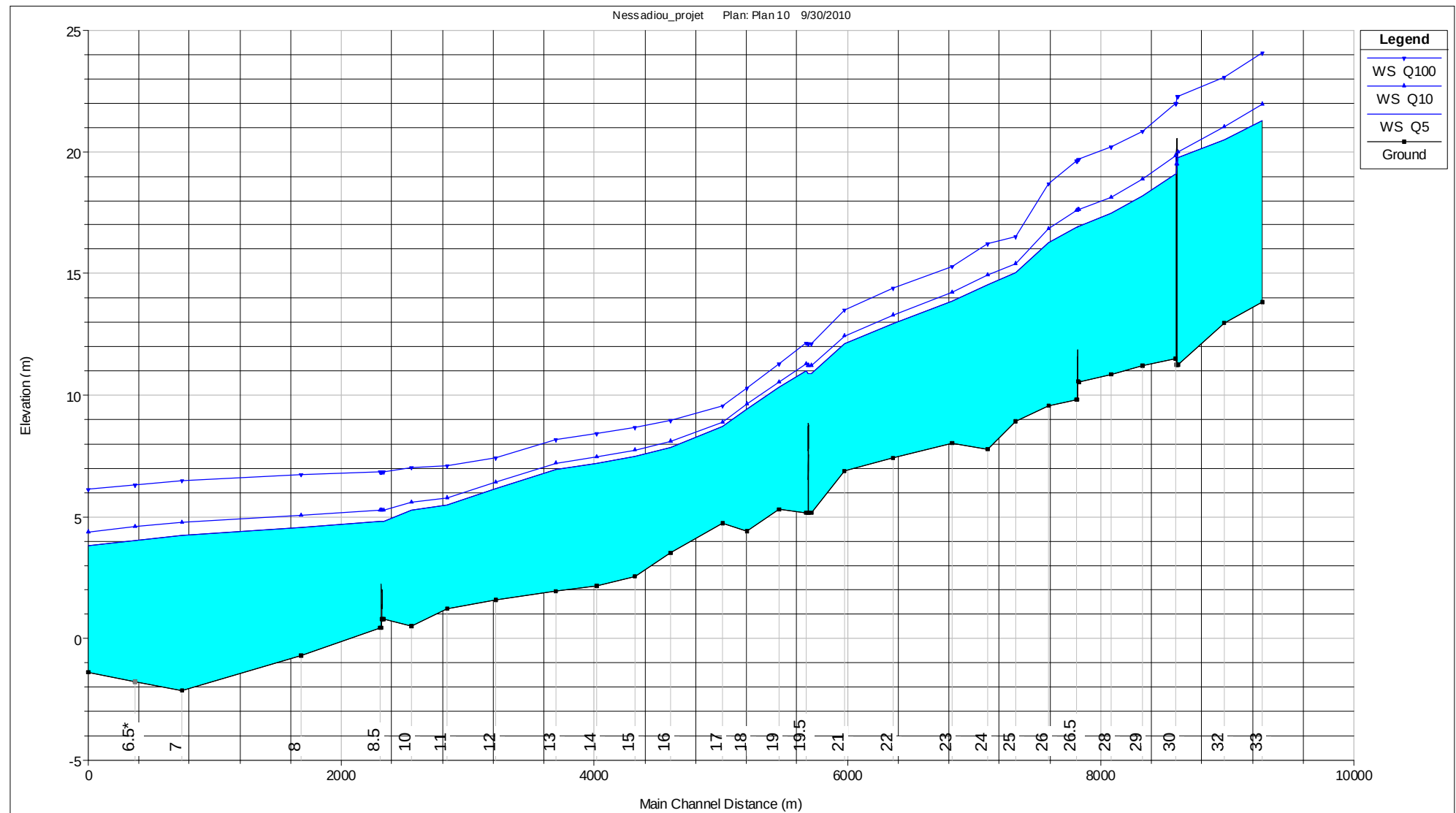
3 Sensibilité aux variations de condition limite

Pour rappel, la condition limite aval retenue correspond à la hauteur normale pour une pente de 0.6‰. La sensibilité du modèle à la variation de cette pente a été évaluée. Ont été simulées les pentes :

- $P=0.3‰$, valeur correspondant à la pente de la ligne d'eau sur l'aval du cours d'eau (en aval du profil P8.5).
- $P=0.9‰$, pente moyenne de la ligne d'eau en aval du profil P6 pour atteindre 1.40 m NGNC à l'embouchure de la Nessadiou (configuration où des profils seraient modélisés entre P6 et l'embouchure).

Cette variation de la condition limite influence sensiblement les cotes d'inondation en aval du profil P17. La différence de cote au droit du P6 entre la ligne d'eau de référence et celles des fourchettes de variation de la condition limite varie entre -0.55 et 1.1 m. Une vérification sommaire de l'incidence de cette condition sur la cartographie des aléas est menée en phase 3.

La condition limite retenue paraît pertinente, elle assure en effet le meilleur calage par rapport à la laisse de crue Nessa 5 (laisse de crue située dans la zone d'influence de la condition limite).



Lignes d'eau simulées sur la Nessadiou (Crues, 5, 10 et 100 ans)

6 CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE ET DES ALEAS

6.1 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.

6.2 Carte des aléas

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:

Hauteur d'eau \ Vitesse	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	

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.

A noter que les incertitudes importantes liées à la condition limite aval de la Nessadiou (cf. §5.5) n'auront qu'une incidence limitée sur la cartographie des aléas sur ce secteur :

- En rive gauche, les hauteurs d'eau sont importantes jusqu'en pied de versants. Ceux-ci présentant des pentes assez importantes, l'impact d'un mètre d'eau supplémentaire représentera une emprise d'environ 20/30m.

- En rive droite, l'incidence sera légèrement plus marquée, notamment au droit du profil 8, où l'incertitude sur le niveau d'eau est de 85 cm. L'emprise de la zone inondable, sur cette zone plus plane est tracée avec une incertitude d'environ 80 m.

7 ANNEXES

Annexe 1 : Reportage photographique

Annexe 2 : Fiches laisses de crues

Annexe 3 : Plan des levés topographiques

Annexe 4 : Formules de calcul des temps de concentration

Annexe 5 : Caractéristiques des stations hydrométriques (source DAVAR)

Annexe 6 : Cumul horaire des précipitations lors de l'évènement pluvieux de 1990

Annexe 7 : Débits injectés et cotes calculées au droit des profils de la Nessadiou

Annexe 8 : Lignes d'eau de l'analyse d'incertitude

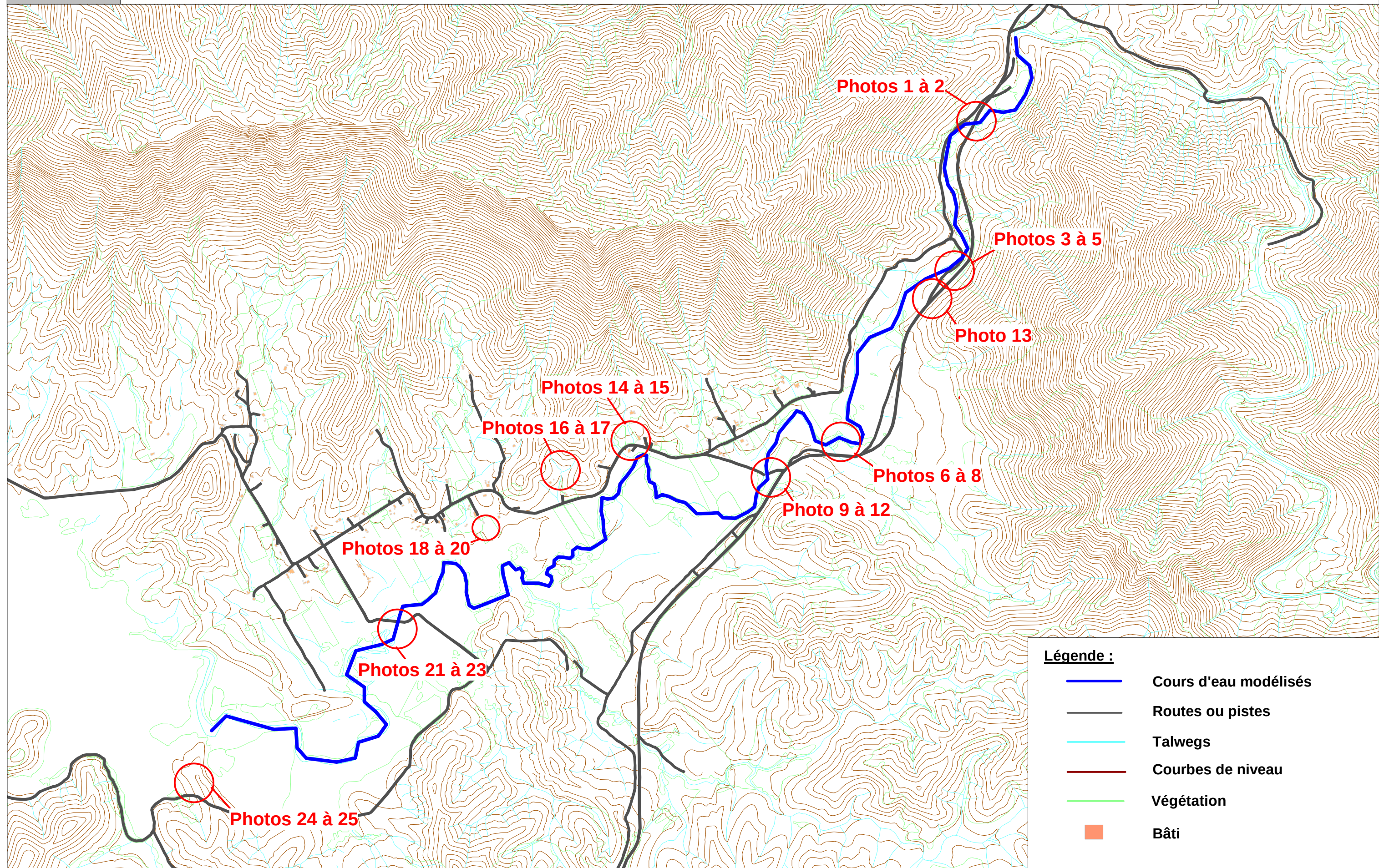
Annexe 1 : Reportage photographique
--

Etudes de zones inondables en Province Sud - Commune de Bourail

Annexe 1 : Localisation des photographies - Secteur Nessadiou

Echelle:
1/ 17 500

Format: A3



Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Nessadiou



1



2



3



4



5



6



7



8



9



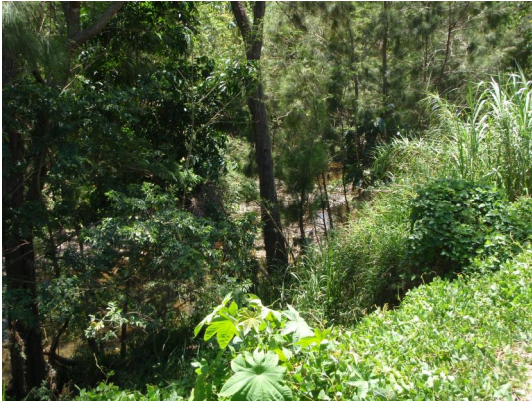
10



11



12



13



14



15

Annexe 1 : Planche photographique de la zone d'étude – Secteur Nessadiou



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25

Annexe 2 : Fiches laisses de crues

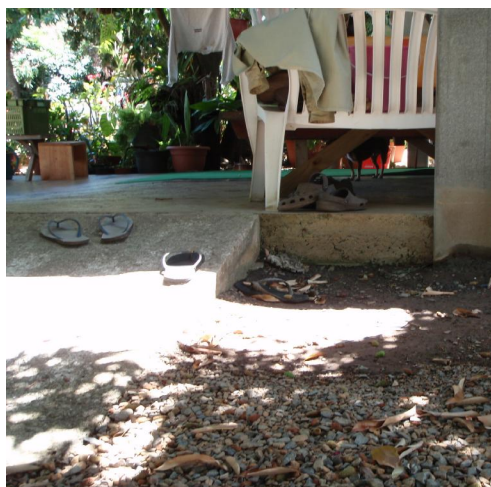
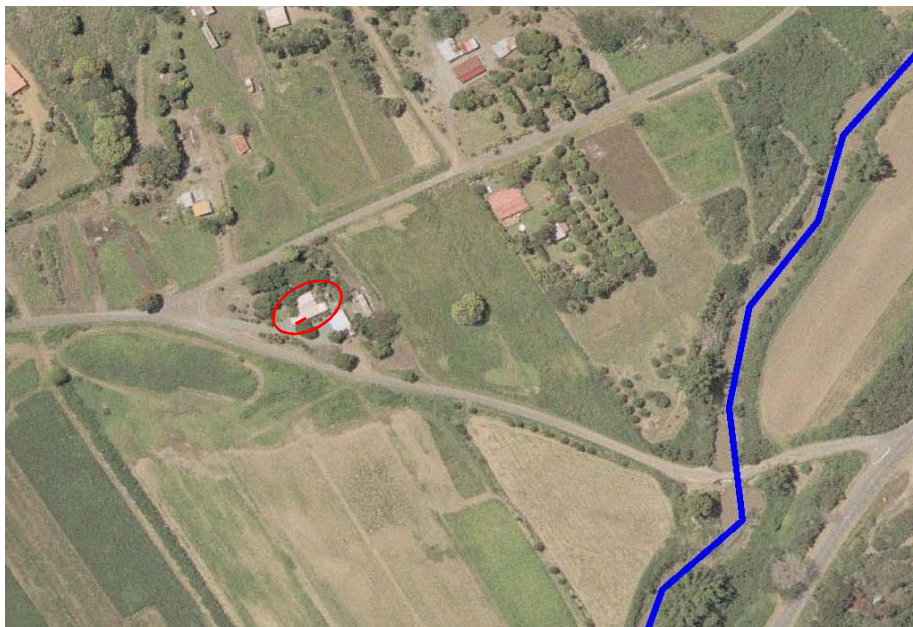
FICHE LAISSE DE CRUE



PHE N°: Nessa 1	Cours d'eau/bassin: Nessadiou	Commune: Bourail
Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009		
Episode pluvieux: Grande Inondation de 1990	Date: 24/01/1990	
Niveau de précision du relevé: Moyen		
Hauteur : 20 cm sous la dalle de la terrasse		
Position Lambert	X: 352 110	Y: 285 810
Z PHE:		Z Repère:

Remarques : Mme PRATI

Géomètre : lever la dalle de la terrasse au niveau de rampe béton sur la droite

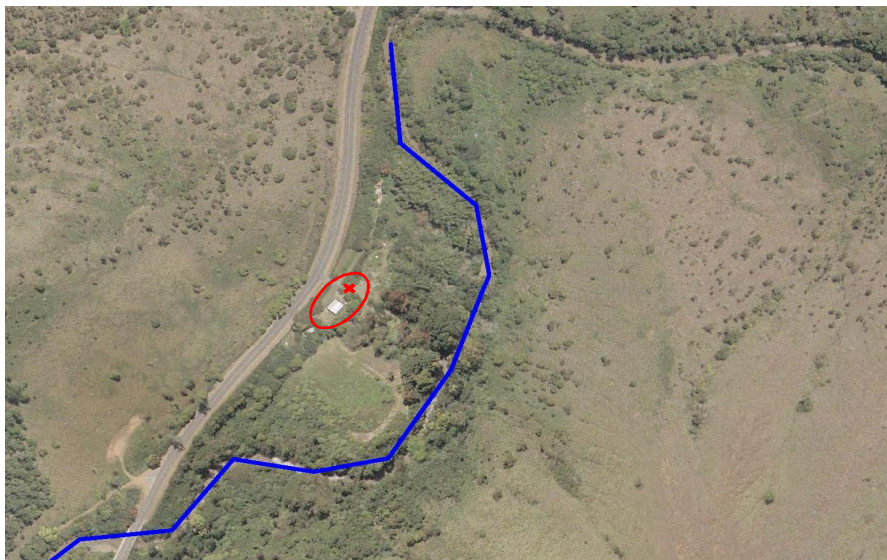


FICHE LAISSE DE CRUE

PHE N°: Nessa 2	Cours d'eau/bassin: Nessadiou	Commune: Bourail
Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009		
Episode pluvieux: Grande Inondation de 1990	Date: 24/01/1990	
Niveau de précision du relevé: Approximatif		
Hauteur : par rapport:		
Position Lambert	X: 353 590	Y: 287 690
Z PHE:		Z Repère:

Remarques :

Géomètre : lever la marque jaune (proche de la voiture accidentée)



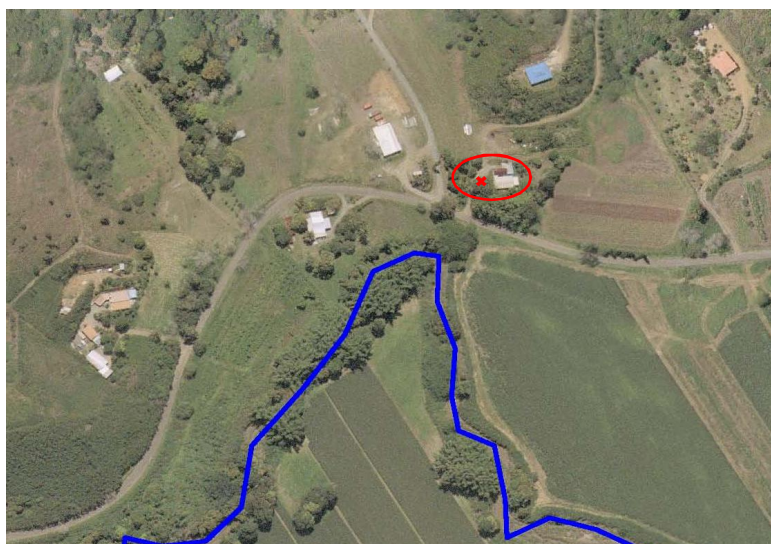
FICHE LAISSE DE CRUE



PHE N°: Nessa 3	Cours d'eau/bassin: Nessadiou	Commune: Bourail
Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009		
Episode pluvieux: Grande Inondation de 1990	Date: 24/01/1990	
Niveau de précision du relevé: Approximatif		
Hauteur : par rapport:		
Position Lambert	X: 351 772	Y: 285 871
	Z PHE:	Z Repère:

Remarques :

Géomètre : lever la marque jaune face au laurier rose

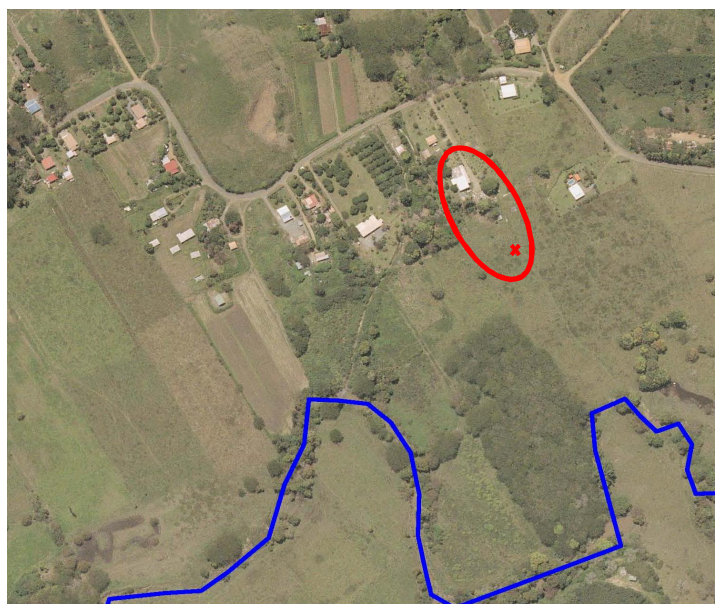


FICHE LAISSE DE CRUE

PHE N°: Nessa 4	Cours d'eau/bassin: Nessadiou	Commune: Bourail
Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009		
Episode pluvieux: Grande Inondation de 1990	Date: 24/01/1990	
Niveau de précision du relevé: Approximatif		
Hauteur : 0	par rapport: pied des poteaux	
Position Lambert	X: 350 914	Y: 285 435
	Z PHE:	Z Repère:

Remarques :

Géomètre : lever le pied des 2 poteaux au milieu du champ derrière la maison



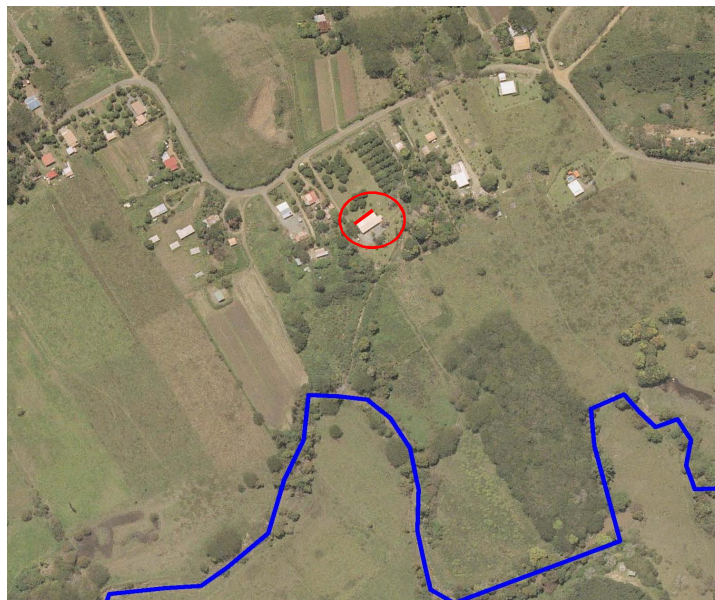
FICHE LAISSE DE CRUE



PHE N°: Nessa 5	Cours d'eau/bassin: Nessadiou	Commune: Bourail
Relevé des plus hautes eaux (PHE): enquête menée par Soproner en octobre 2009		
Episode pluvieux: Grande Inondation de 1990	Date: 24/01/1990	
Niveau de précision du relevé: Moyen		
Hauteur : 2/3 cm sur la terrasse (gauche maison)		
Position Lambert	X: 350 770	Y: 285 465
Z PHE:		Z Repère:

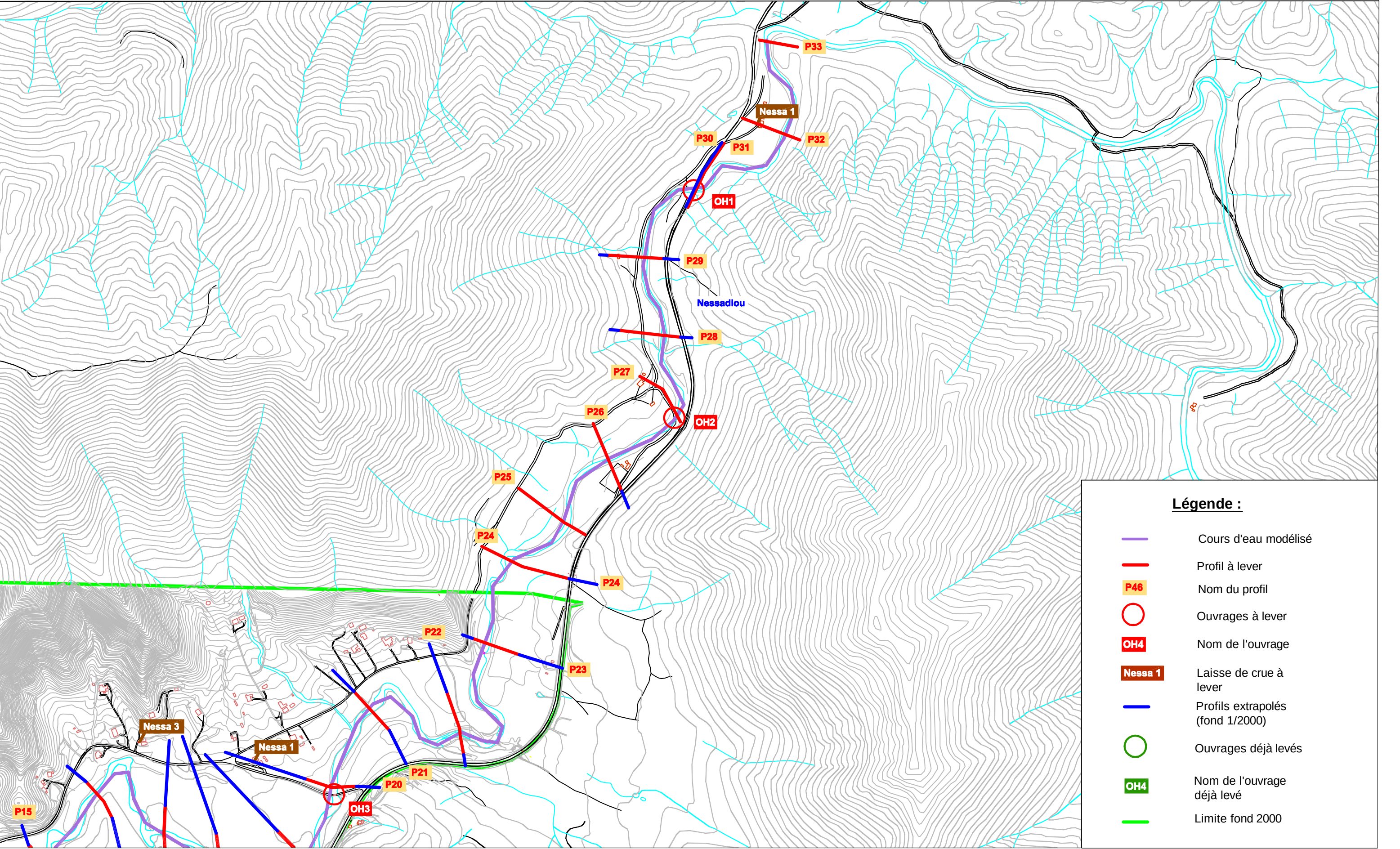
Remarques : Mr Jean Louis ABDEL KADER

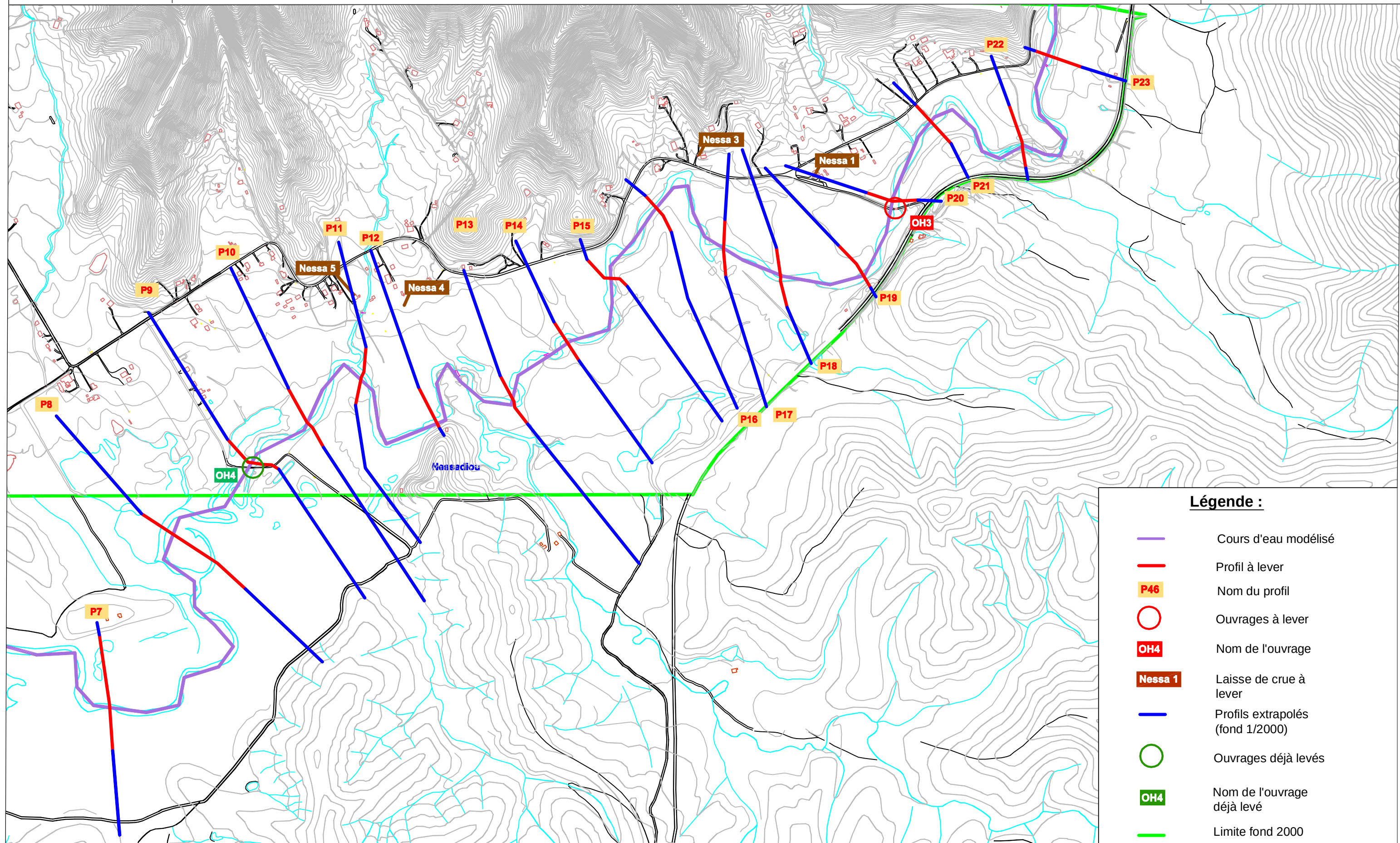
Géomètre : lever la dalle de la terrasse (coté gauche de la maison devant la porte)



Annexe 3 : Plan des levés topographiques

Annexe 3 : Plan des profils et ouvrages à lever - Partie I





Annexe 4 : Formules de calcul du temps de concentration
--

Annexe 4 : Calcul des temps de concentration
--

Les trois formules de calcul des temps de concentration utilisées sont les suivantes :

- Formule de Ventura :

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{I}}$$

Où S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m.

- Formule de Passini :

$$t_c = \frac{0.108}{10} \times \frac{(S \times L)^{1/3}}{\sqrt{I}}$$

Où t_c est le temps de concentration en h, S est la surface du bassin en km et I la pente en m/m et L le plus long chemin hydraulique en m.

- Formule de Kirpich :

$$t_c = 0.000325 \times L^{0.77} \times I^{-0.385}$$

Où L le plus long chemin hydraulique en m et I la pente en m/m.

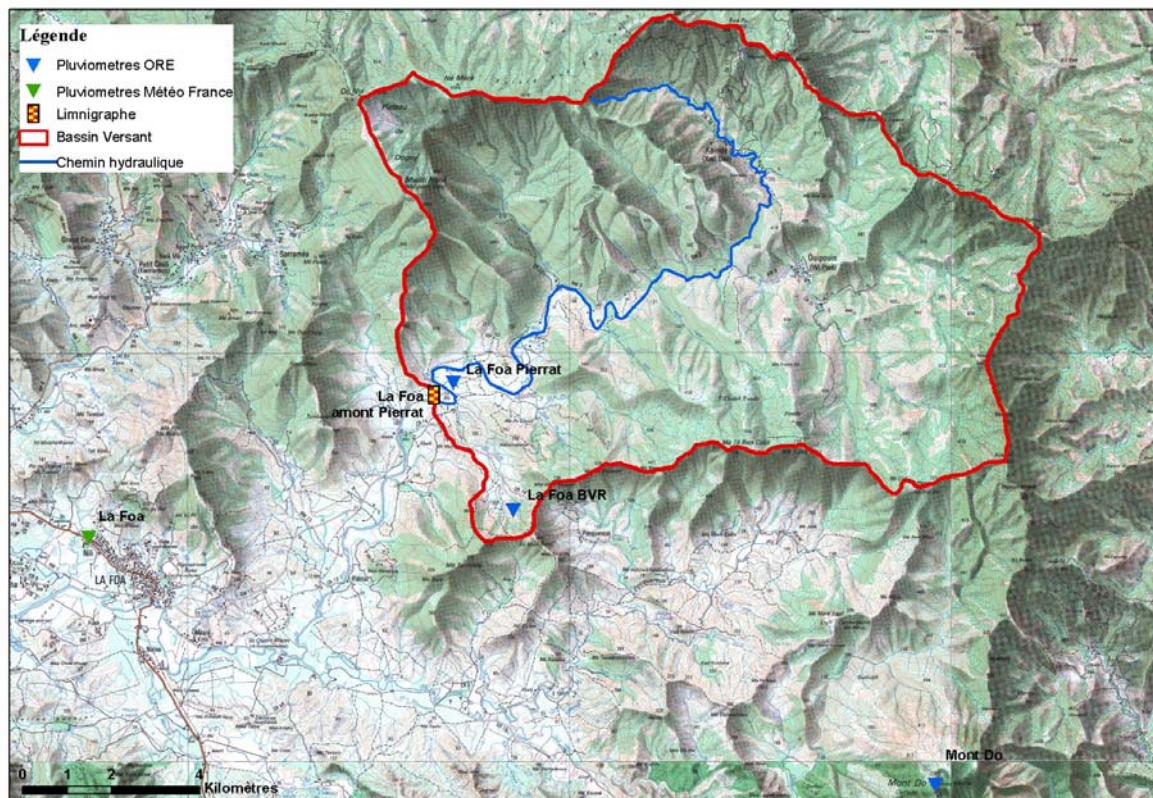
Annexe 5 : Caractéristiques des stations hydrométriques (source DAVAR)

10. La Foa

Localisation et durée des observations

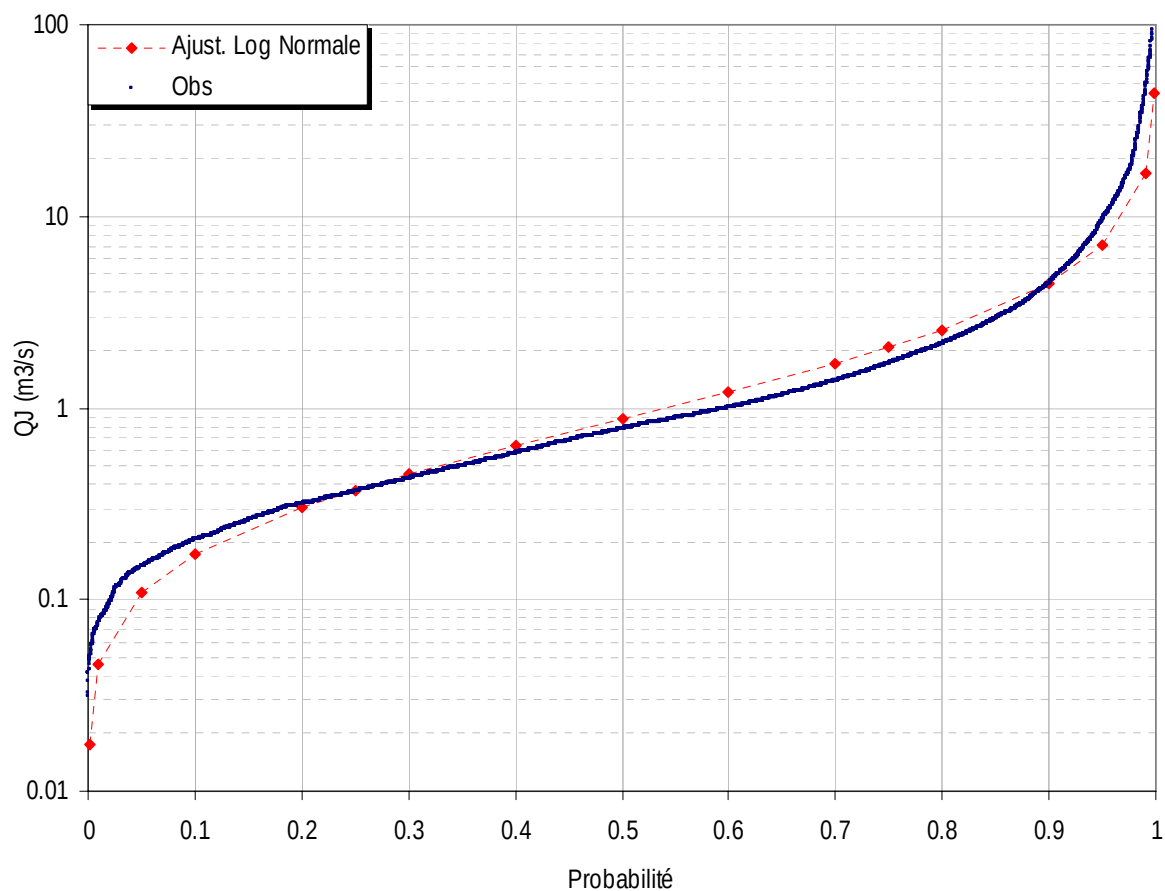
CODE	STATION	LOCALISATION			
		Coordonnées Lambert (m)			BV (km ²)
X	Y	Z			
5701600202	La_Foa Amont confluence pierrat. Cote 19	388 659	280 908	19	116

OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (M3/S)		Qmax (M3/S)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
09/10/1980	28/05/2009	28.0	0.054	0.031	268	1561



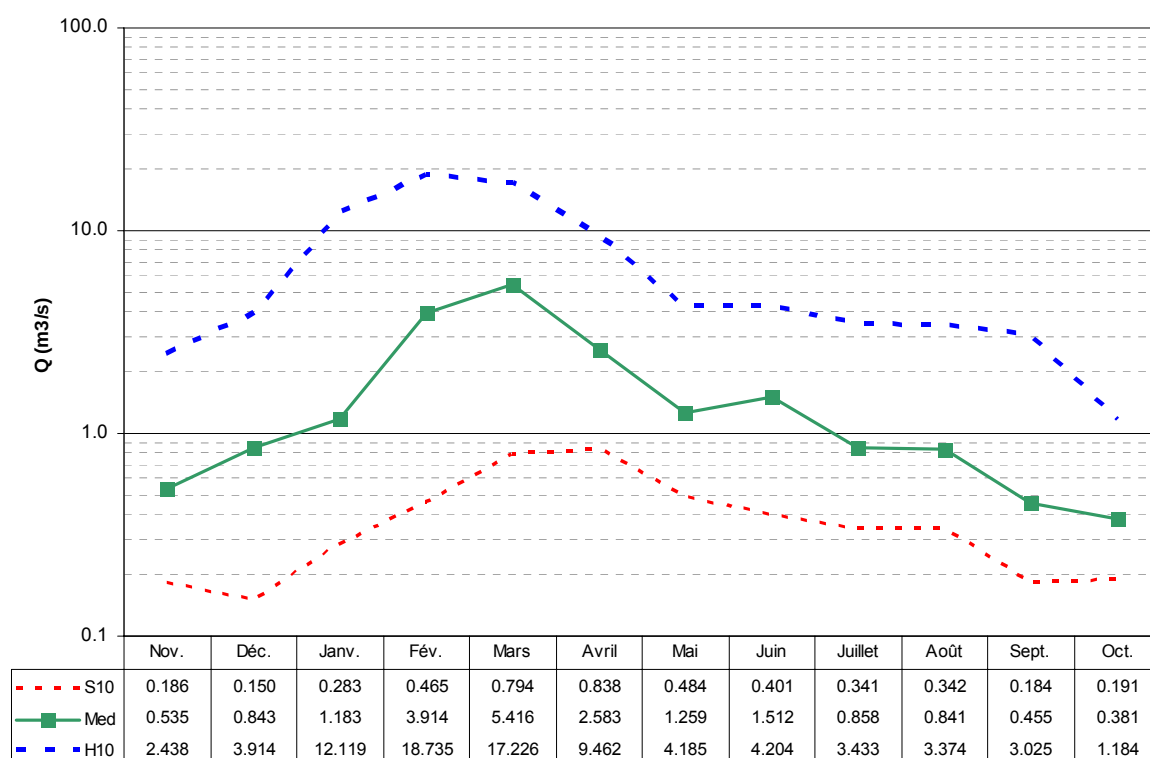
(Source : DTSI, IGN 1/50000)

Débits journaliers classés



	Loi Log-N	Empirique
P	Q (M3/S)	Q (M3/S)
0.01	0.046	0.076
0.10	0.173	0.207
0.25	0.374	0.367
0.50	0.88	0.778
0.75	2.06	1.713
0.90	4.45	4.484
0.99	16.72	43.61

Débits moyens mensuels

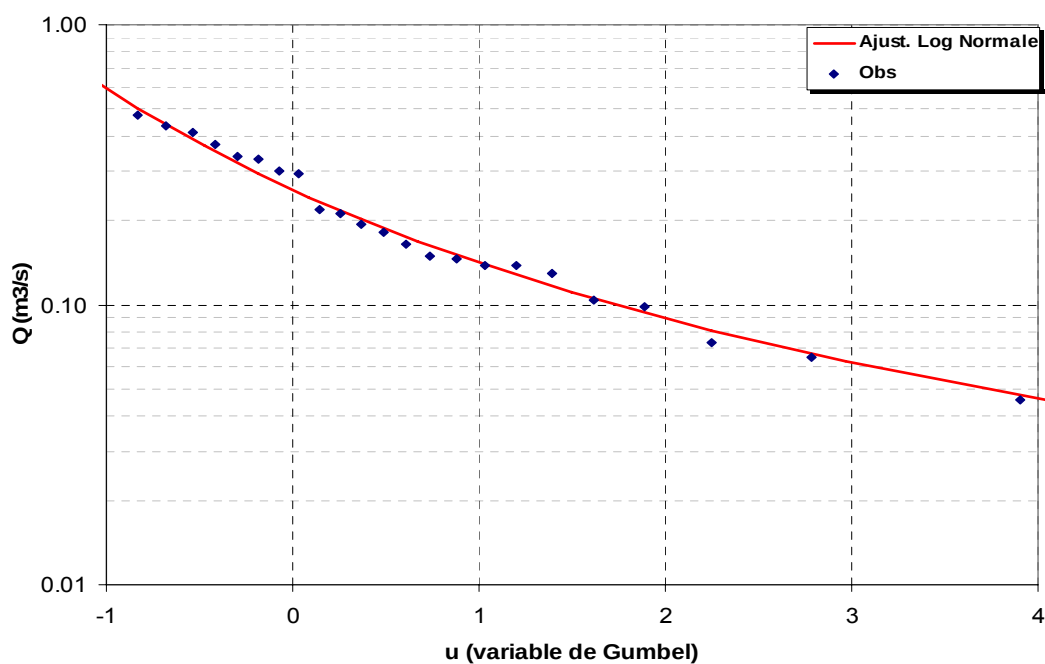
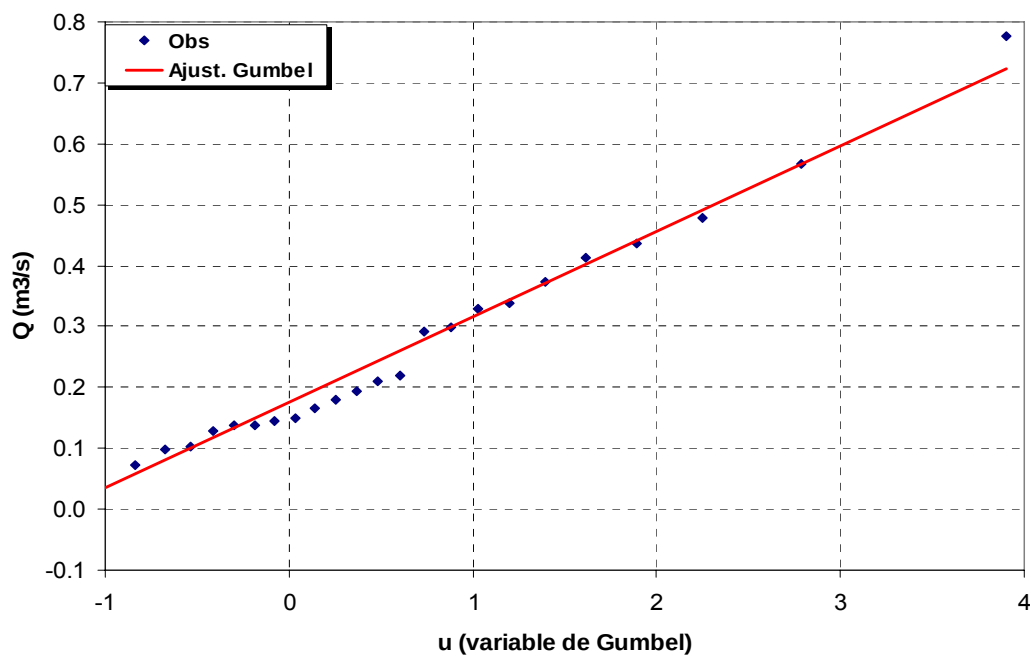


Module annuel = 2.12 m³/s
 S10 = 1.31 m³/s
 H10 = 4.59 m³/s
 K3 = 3.5

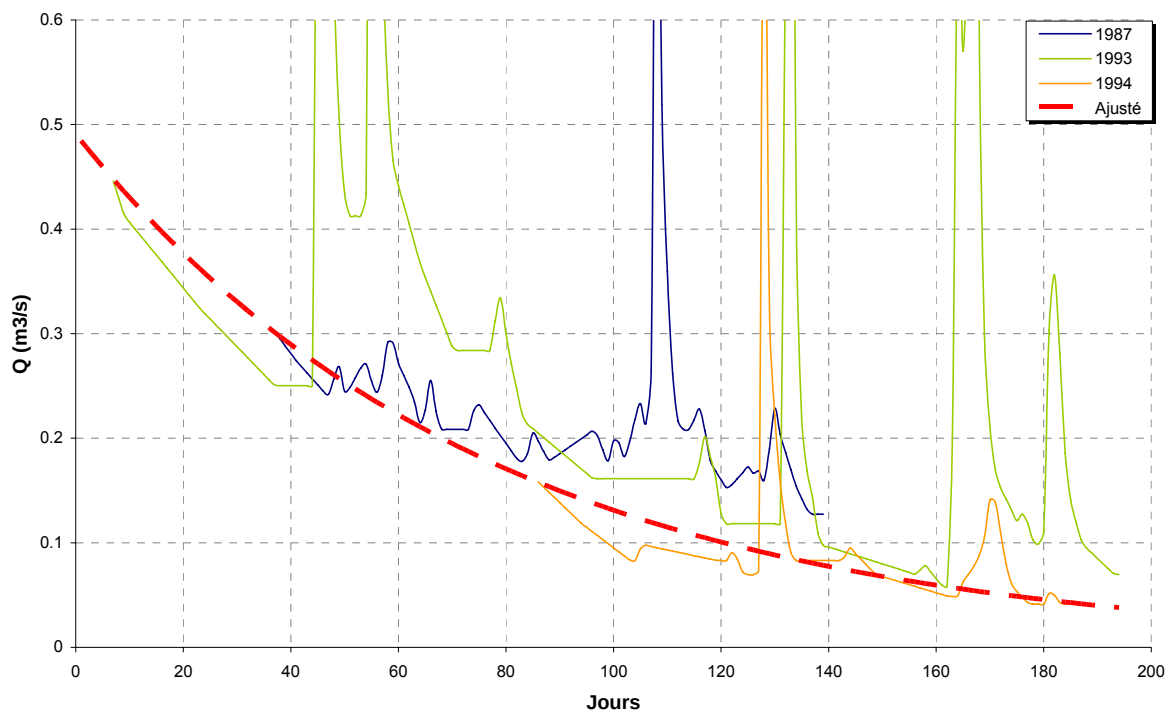
S10 valeur empirique décennale sèche
 H10 valeur empirique décennale humide
 K3 Coefficient d'irrégularité : $K3 = H10 / S10$

Débits caractéristiques d'étiages (DCE)

	Etiage Humide (T ans)			Médiane	Etiage Sec (T ans)		
	100	10	5	2	5	10	100
Q m ³ /s	0.821	0.491	0.386	0.202	0.111	0.081	0.039
Q spé l/s/km ²	7.1	4.2	3.3	1.7	1.0	0.7	0.3
Loi	Gumbel			Log Normale			
Paramètres	Gd =	0.140	PO = 0.175	u = -1.599	σ = 0.712		



Courbes de tarissement

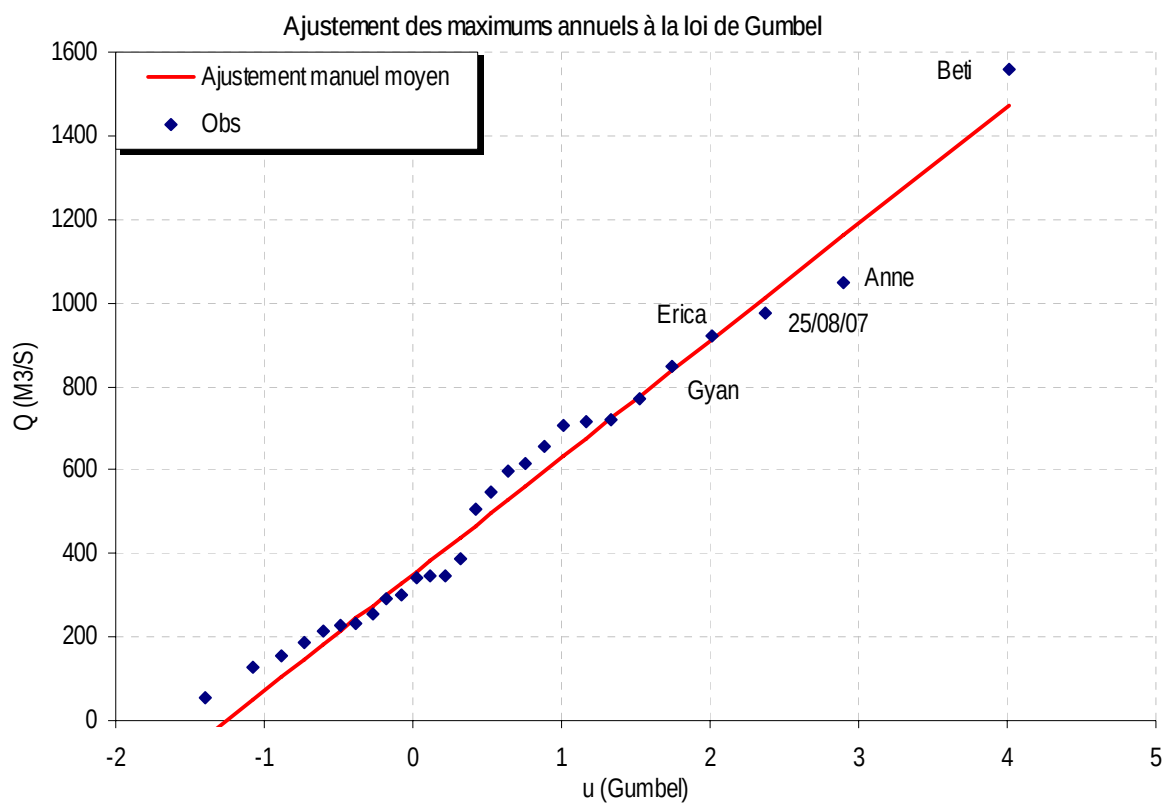


Q_0 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	α (jour^{-1})	$t_c = 1/\alpha$ (jour)
0.49	0.0243	41

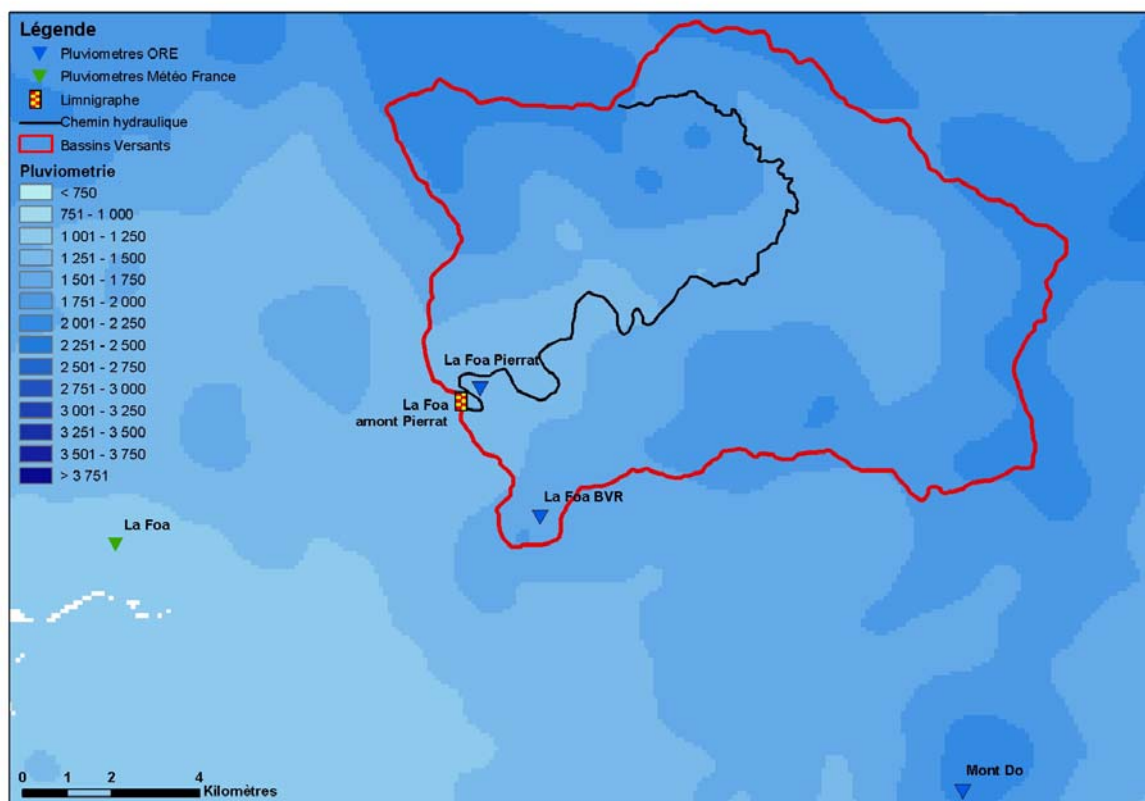
Q_0 : débit initial de tarissement
 α : coefficient de tarissement
 t_c : temps caractéristique de tarissement

Débits maximums de crues

	Période de Retour T (années)							Parametre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
Q (m³/s)	350	453	770	980	1182	1443	1638	280	350

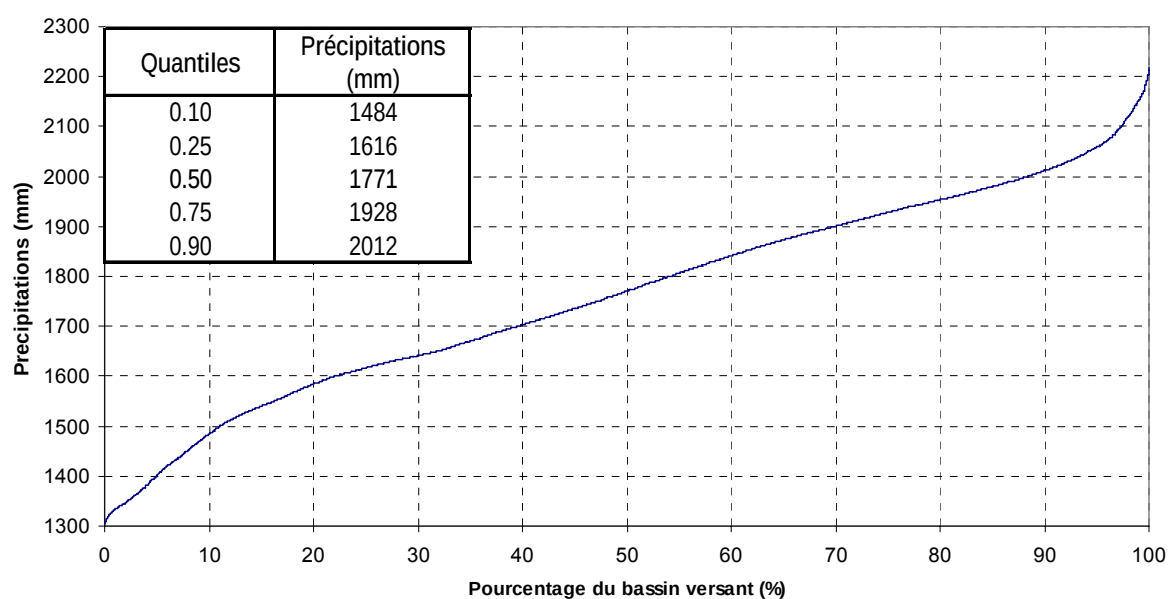


Pluviométrie



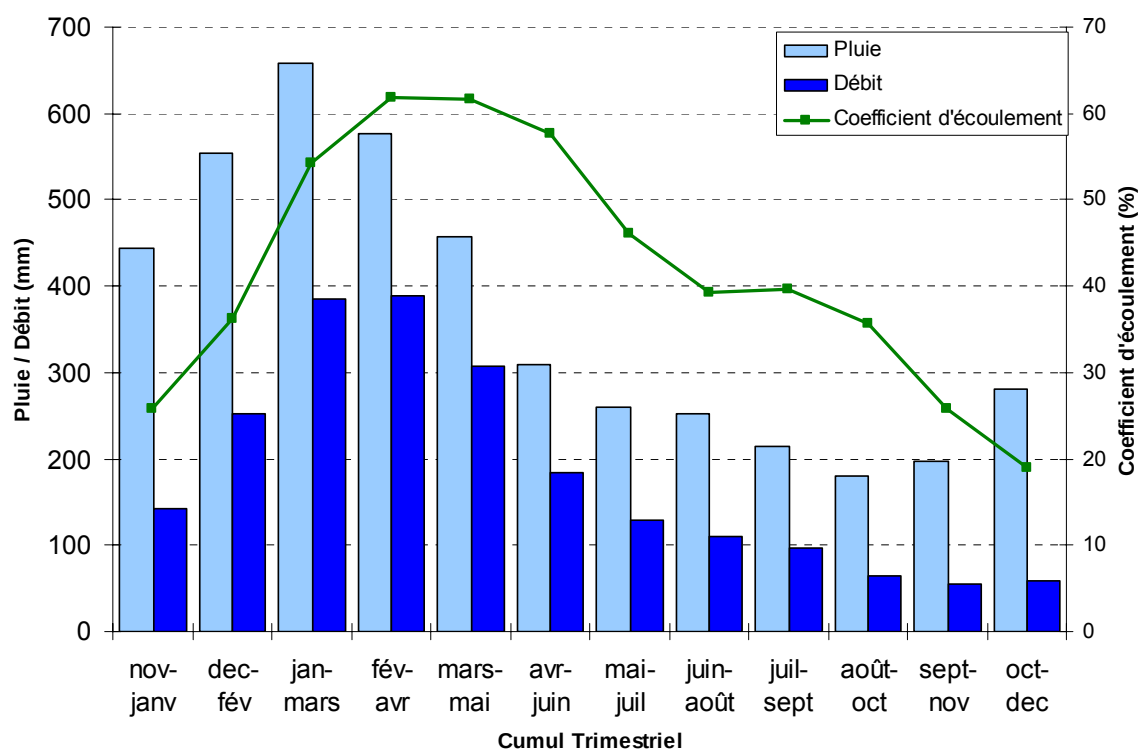
(Source : MétéoFrance, DAVAR)

Courbe pluviométrique du bassin de la Foa



Précipitation moyenne : $P_{\text{moy}} = 1762\text{mm}$
 Précipitation minimum : $P_{\text{min}} = 1304\text{mm}$
 Précipitation maximum : $P_{\text{max}} = 2217\text{mm}$

Bilan d'écoulement trimestriel



Coefficient d'écoulement moyen interannuel = 50% [33 ;66]

Lame écoulee : $L_e = 725$ mm

Déficit d'écoulement : $\Delta_e = P - L_e = 737$ mm

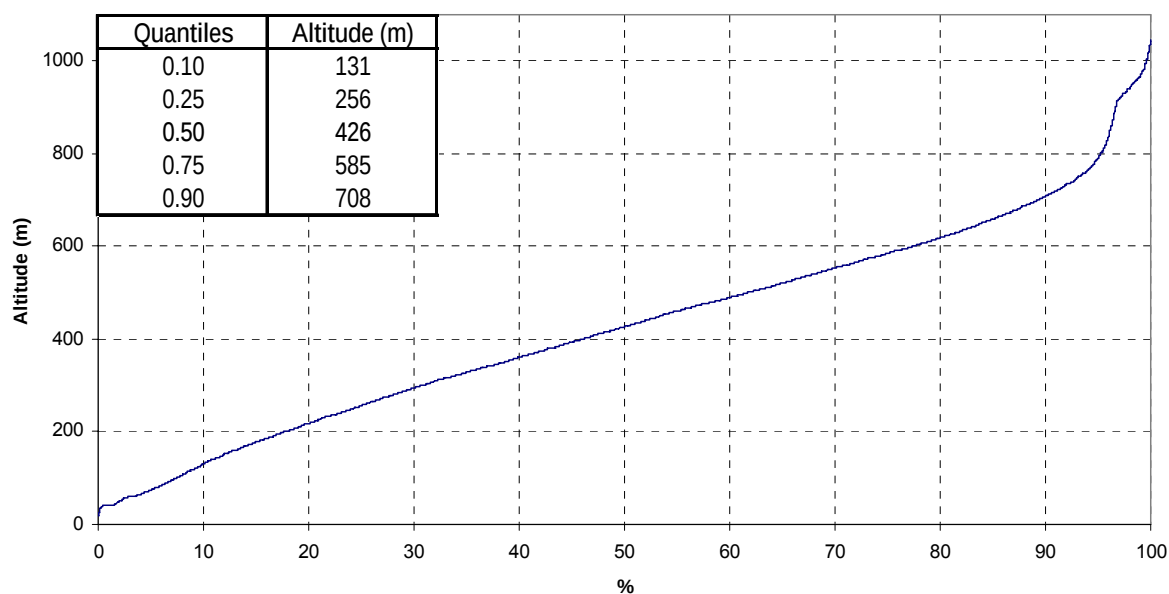
Caractéristiques Physiques

Altitudes



(Source : DTSI, MNT au pas de 50m)

Courbe hypsometrique du bassin de la Foa

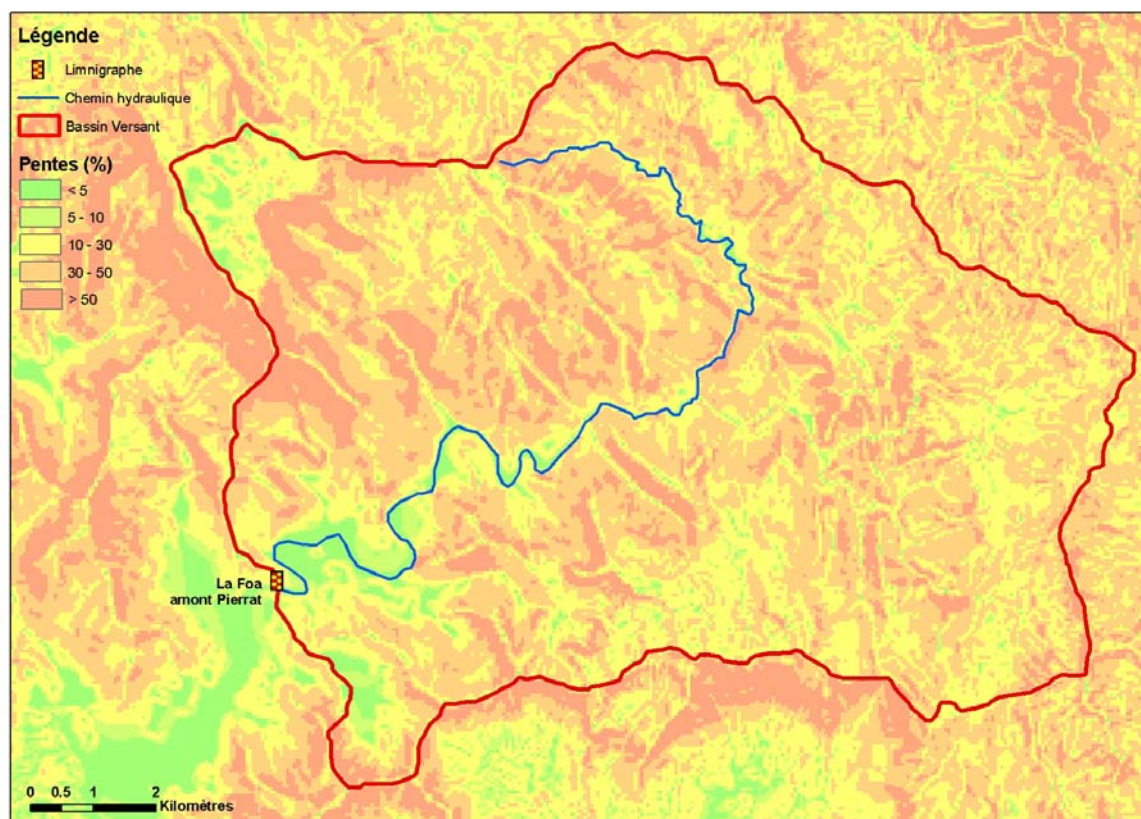


$$Z_{\text{moy}} = 428.7\text{m}$$

$$Z_{\text{min}} = 20\text{m}$$

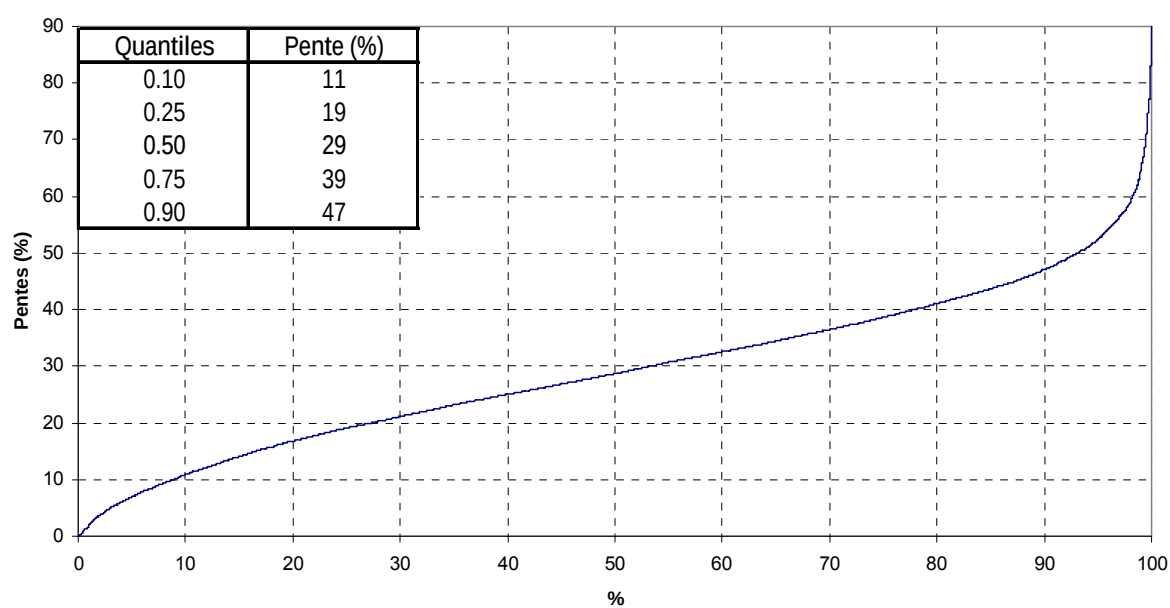
$$Z_{\text{max}} = 1045\text{m}$$

Pentes



(Source : d'après DTSI, MNT au pas de 50m)

Pentes du bassin de la Foa



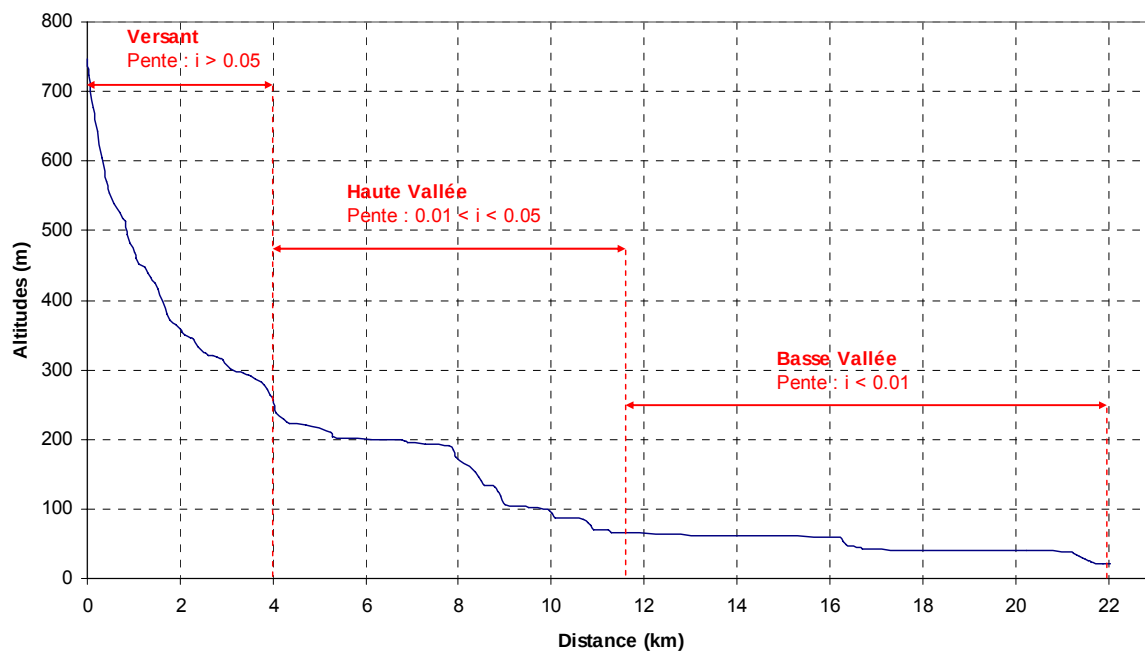
Pente moyenne : $i_{\text{moy}} = 29.2\%$

Pente minimum : $i_{\text{min}} = 0.00\%$

Pente maximum : $i_{\text{max}} = 99.0\%$

Chemin Hydraulique

Profil suivant le chemin hydraulique



Quantiles	Pente (%)
0.10	0.03
0.25	0.06
0.50	0.37
0.75	3.2
0.90	9.5

Longueur du chemin hydraulique : $L = 22.072$ km

Pente moyenne : $i_{ch} = 3.3\%$

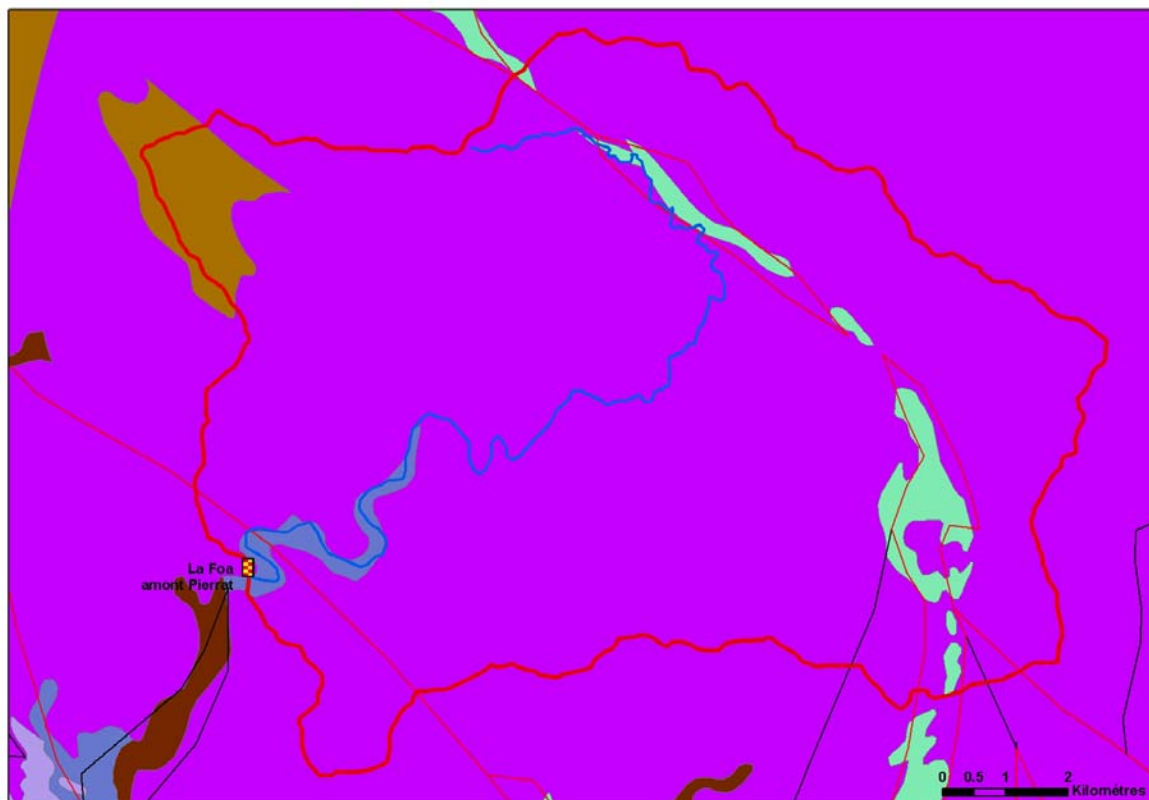
Pente à l'exutoire : $i_e = 1\%$

81% du chemin hydraulique présente une pente inférieure à 5%

Temps de Concentration : $T_c = 2.6$ h [2.26 ; 2.90]

Vitesse Moyenne de Transfert : $V = L / T_c = 2.4$ m.s⁻¹

Géologie



(Source : DTSI, BRGM 1/1000000)

Légende

 Limnigraphe

 Chemin Hydraulique

 Bassin Versant

Géologie

 Chevauchement, Observé

 Faille principale, Observé

 Faille principale, Supposé

 Normal, Observé

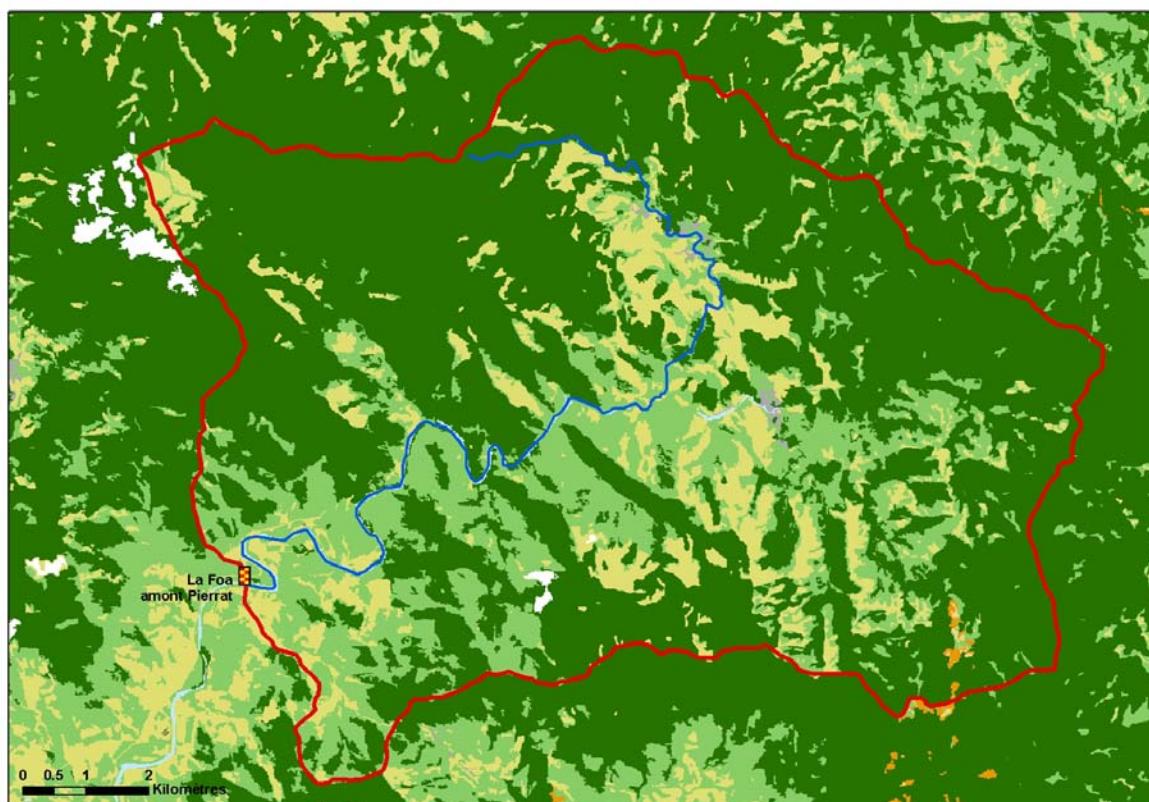
 Serpentine et Silice 3.2%

 Alluvions Colluvions Anciennes 1.4%

 Complexe Silico Argileux 2.5%

 Tuffs Mésozoïque 92.8%

Occupation des Sols



(Source : DTSI, occupation du sol 2008 SPOT5 approche objet)

Légende

	Limnigraphe	
	Chemin hydraulique	
	Bassin versant	
	Lacunes	
	Savane	12.0%
	Maquis Clairsemé	0.1%
	Maquis Dense	0.1%
	Broussailles	22.5%
	Végétation Dense	64.6%
	Eau	0.7%

11. Boghen

Localisation et durée des observations

CODE	STATION	LOCALISATION			
		Coordonnées Lambert (m)			BV (km²)
		X	Y	Z	
5702600101	Boghen Aval confluence Aremo. Cote 31.	364 525	289 667	31	113
5702600102	Boghen Malmezac. Cote 30.	363 673	287 810	30	134

OBSERVATIONS						
Début	Fin	Durée Eff.(ans)	Qmin (M3/S)		Qmax (M3/S)	
			Jaugé	Évalué	Jaugé	Évalué
21/01/55	19/05/08	49.0	0.128	0.093	700	2841

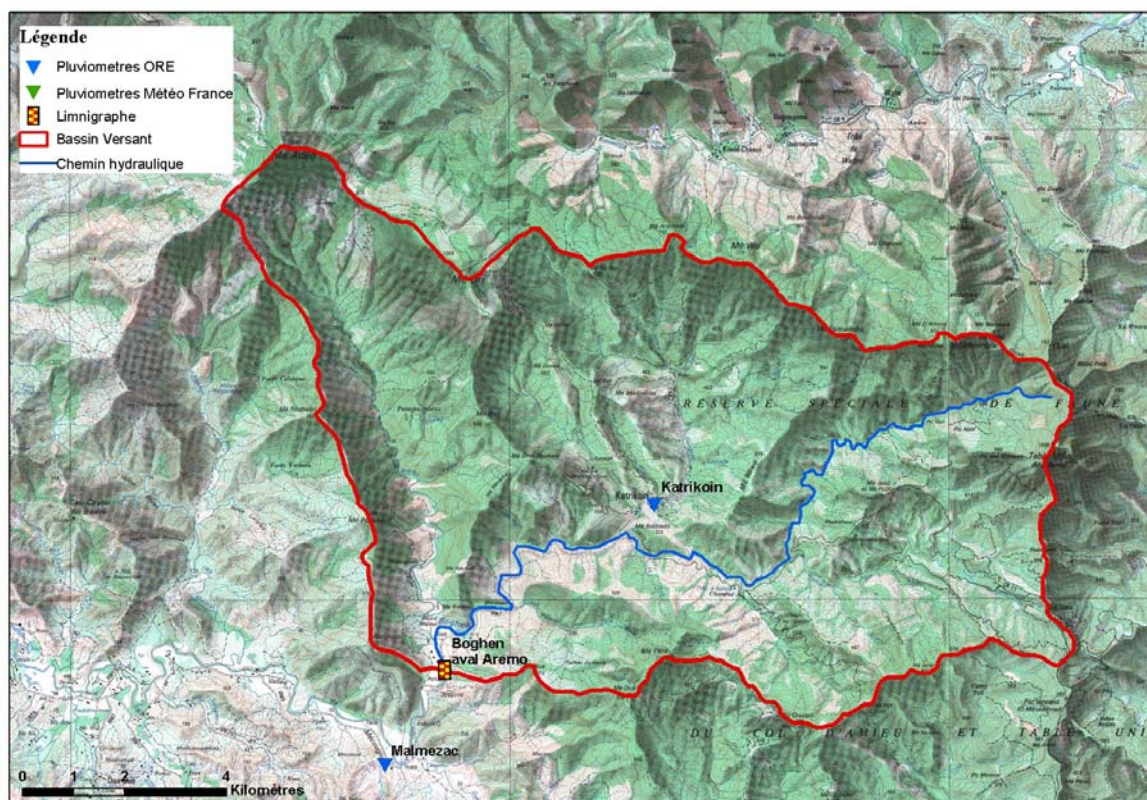
La station hydrométrique de la Boghen a été constituée successivement de 2 stations : Malmezac de 1955 à 1969 puis Aval Aremo à partir de 1969.

Un transfert de cotes de Malmezac à Aval Aremo a été utilisé pour les plus hautes eaux :

$$He \text{ Aremo (cm)} = 1.036 * He \text{ Malmezac} - 110$$

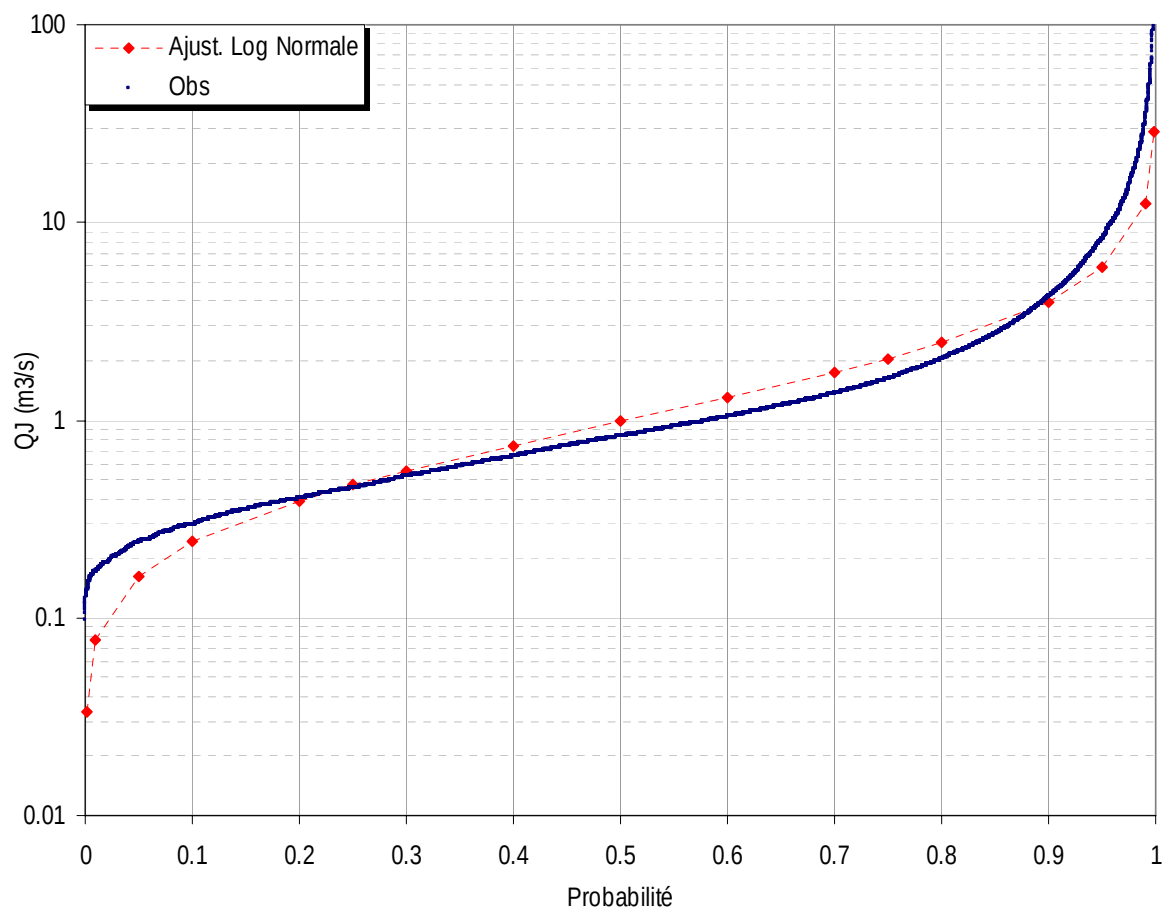
Pour les débits d'étiages et les débits journaliers, la chronique des débits de Malmezac a été transférée vers Aremo via la relation :

$$Q \text{ Aremo} = 0.9622 * Q \text{ Malmezac}$$



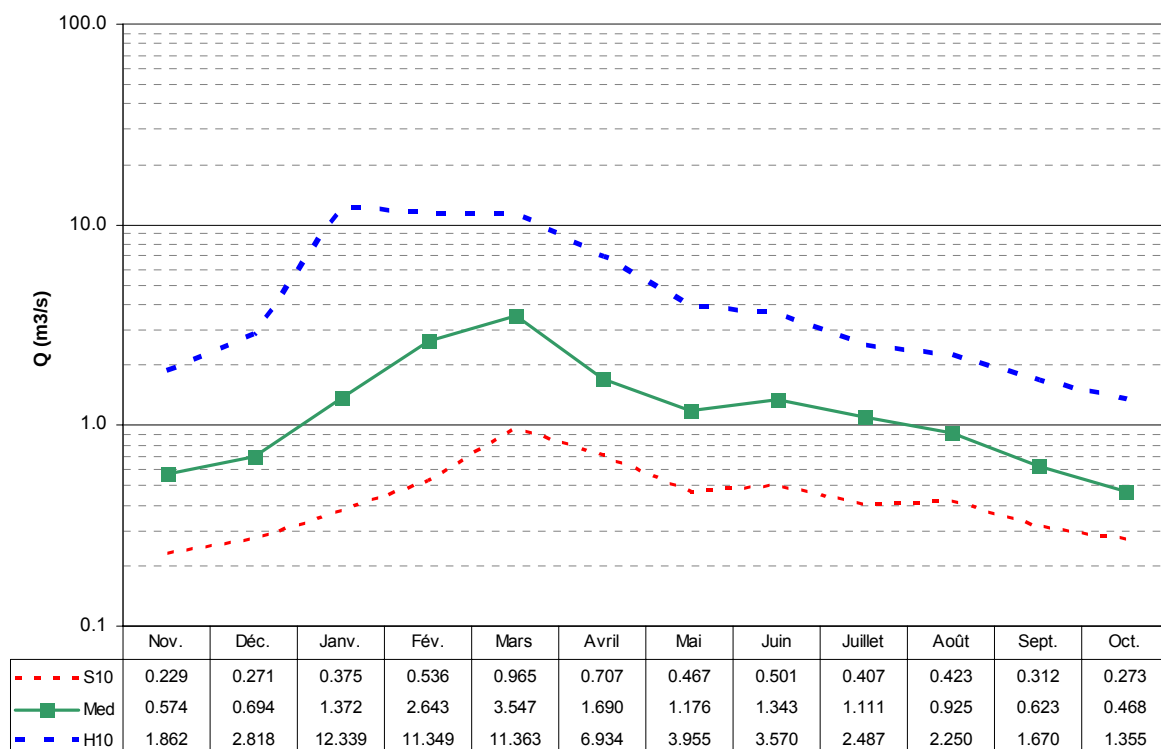
(Source : DTSI, IGN 1/50000)

Débits journaliers classés



	Loi Log-N	Empirique
P	Q (M3/S)	Q (M3/S)
0.01	0.077	0.171
0.10	0.242	0.296
0.25	0.470	0.453
0.50	0.981	0.829
0.75	2.049	1.616
0.90	3.976	4.221
0.99	12.437	31.552

Débits moyens mensuels

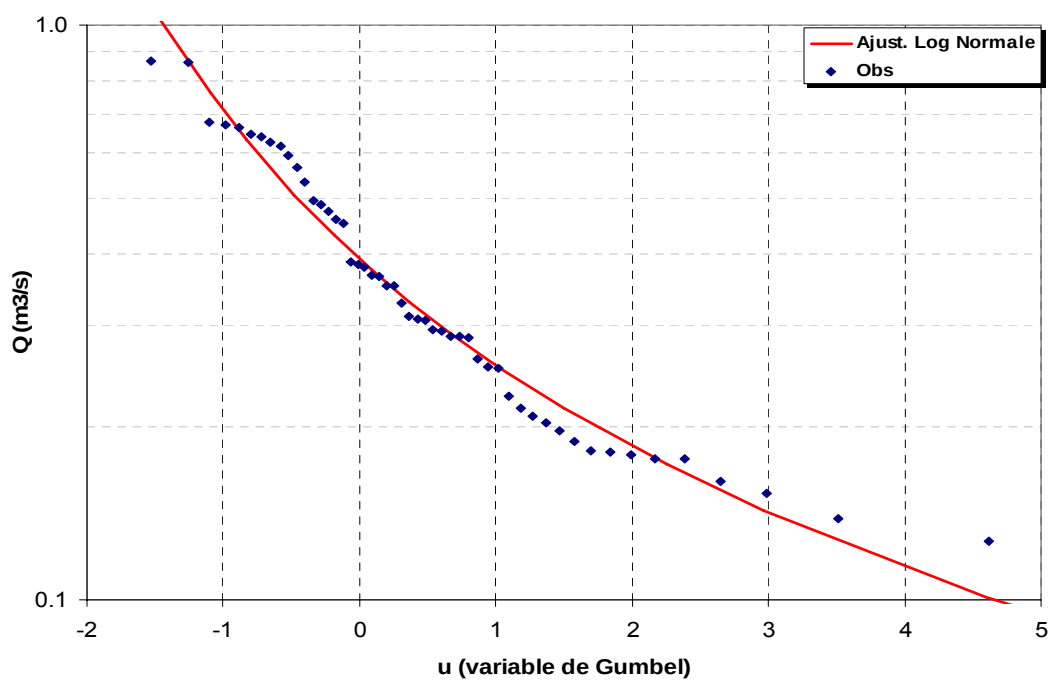
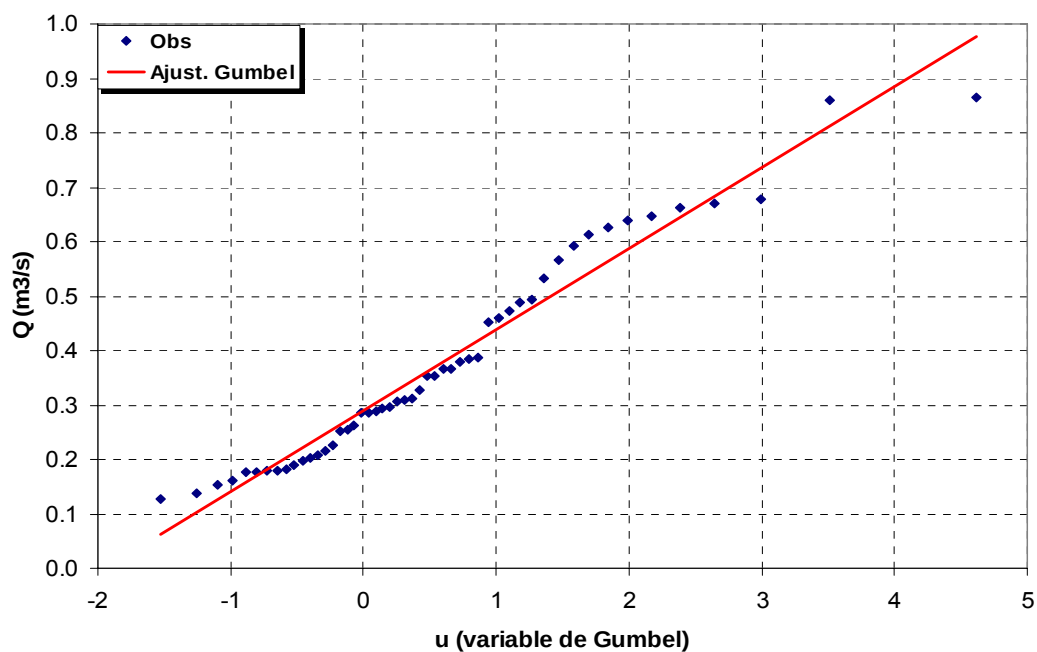


Module annuel = 1.744m³/s
 $S10 = 0.867\text{m}^3/\text{s}$
 $H10 = 3.207\text{m}^3/\text{s}$
 $K3 = 3.7$

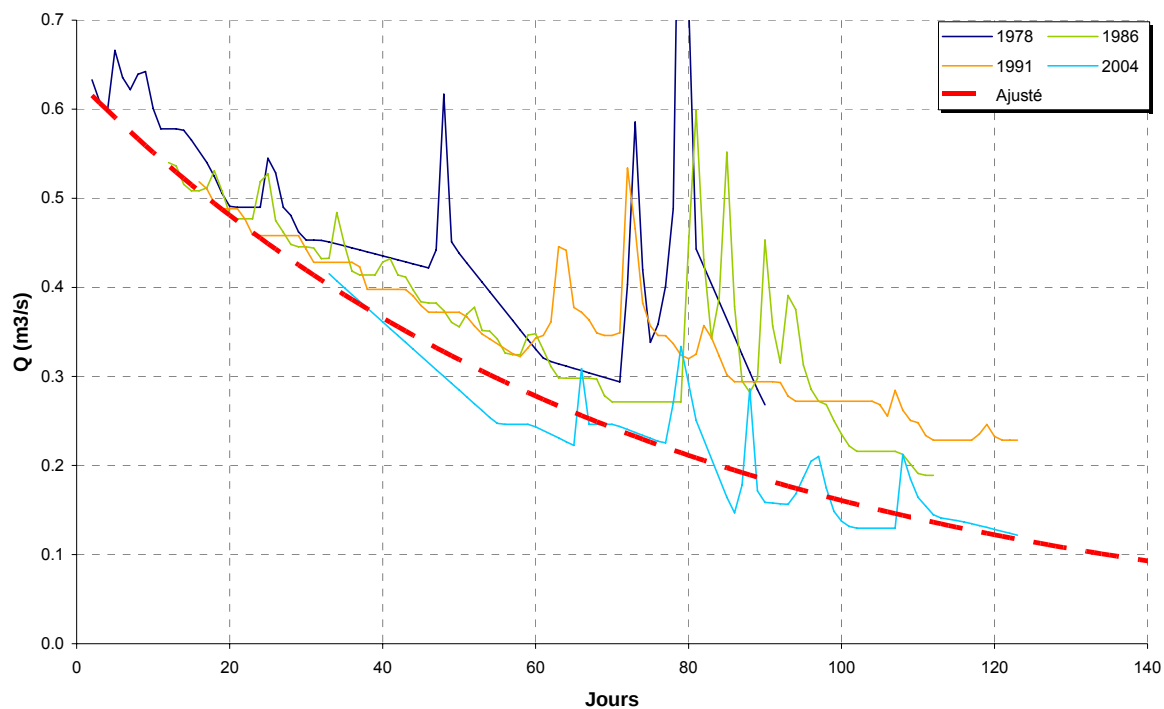
S10 valeur empirique décennale sèche
H10 valeur empirique décennale humide
K3 Coefficient d'irrégularité : $K3 = H10 / S10$

Débits caractéristiques d'étiages (DCE)

	Etiage Humide (T ans)			Médiane	Etiage Sec (T ans)		
	100	10	5		5	10	100
Q m³/s	0.974	0.624	0.513	0.330	0.215	0.172	0.101
Q spé l/s/km²	8.6	5.5	4.5	2.9	1.9	1.5	0.9
Loi	Gumbel			Log Normale			
Paramètres	Gd =	0.149	PO = 0.289	u = -1.109	σ = 0.509		



Courbes de tarissement

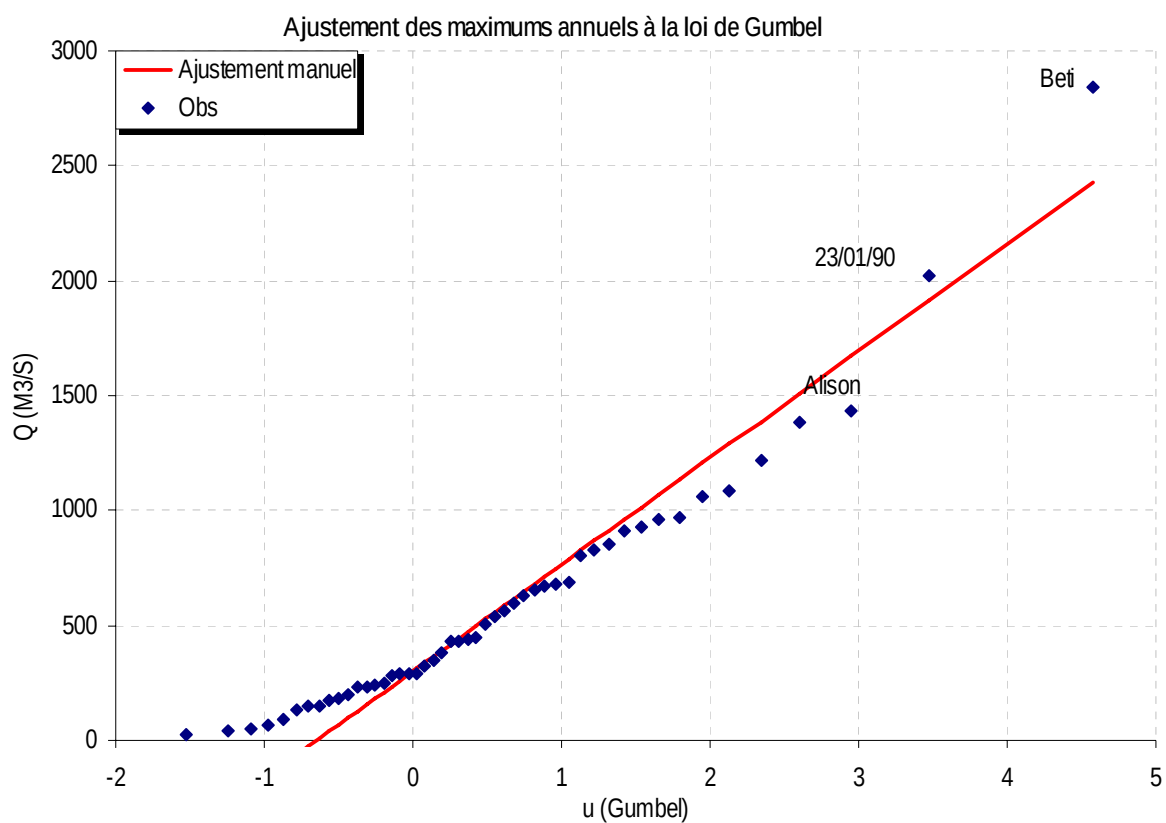


Q_0 (m ³ .s ⁻¹)	α (jour ⁻¹)	$t_c = 1/\alpha$ (jour)
0.531	0.0150	67

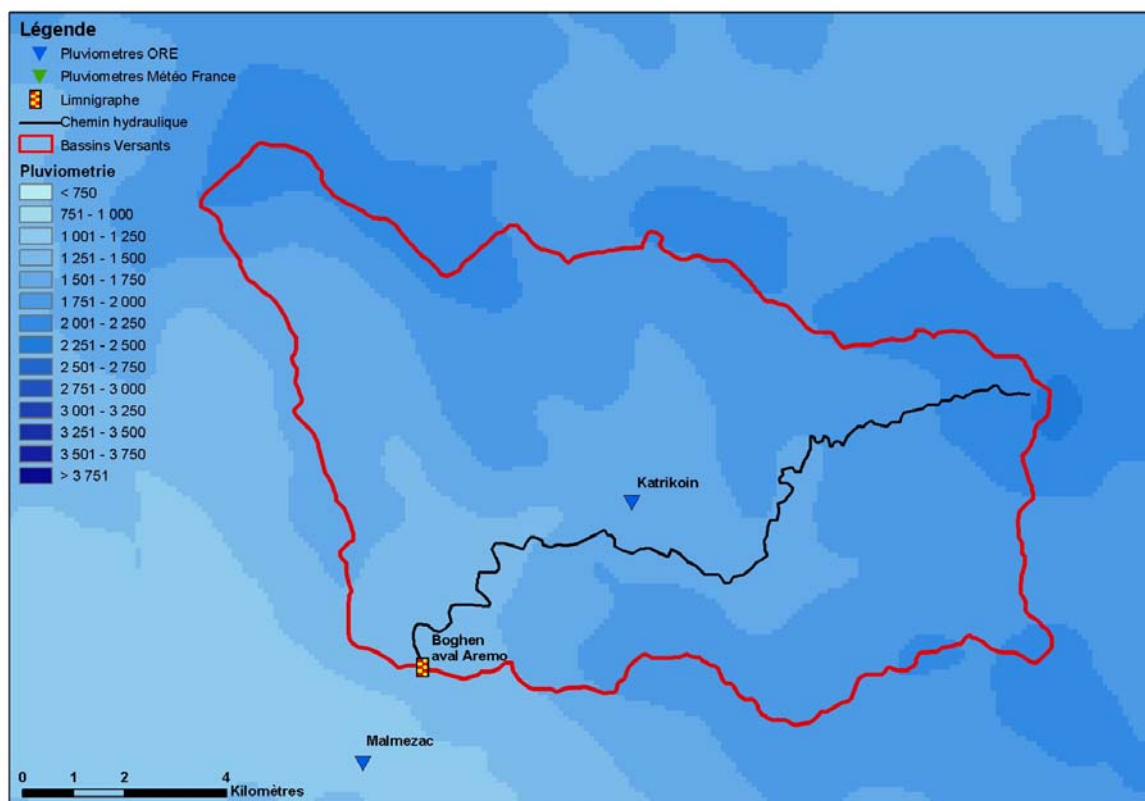
Q_0 : débit initial de tarissement
 α : coefficient de tarissement
 t_c : temps caractéristique de tarissement

Débits maximums de crues

Q (m³/s)	Période de Retour T (années)							Parametre loi	
	1	2	5	10	20	50	100	Gd	P0
	300	470	997	1346	1681	2114	2439	465	300

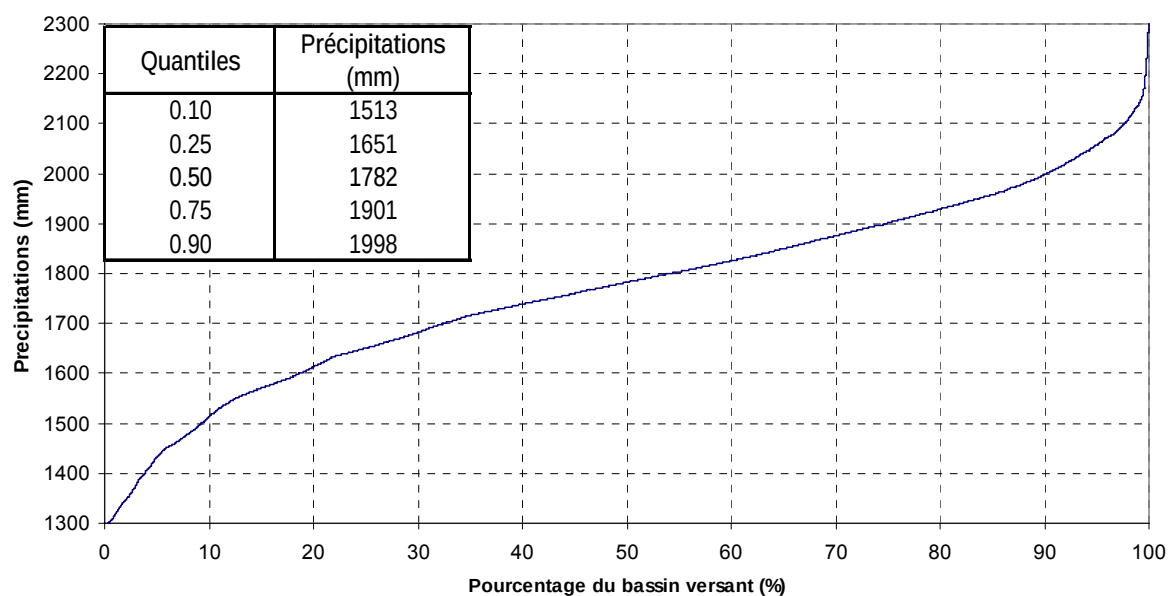


Pluviométrie



(Source : MétéoFrance, DAVAR)

Courbe pluviométrique du bassin de Boghen

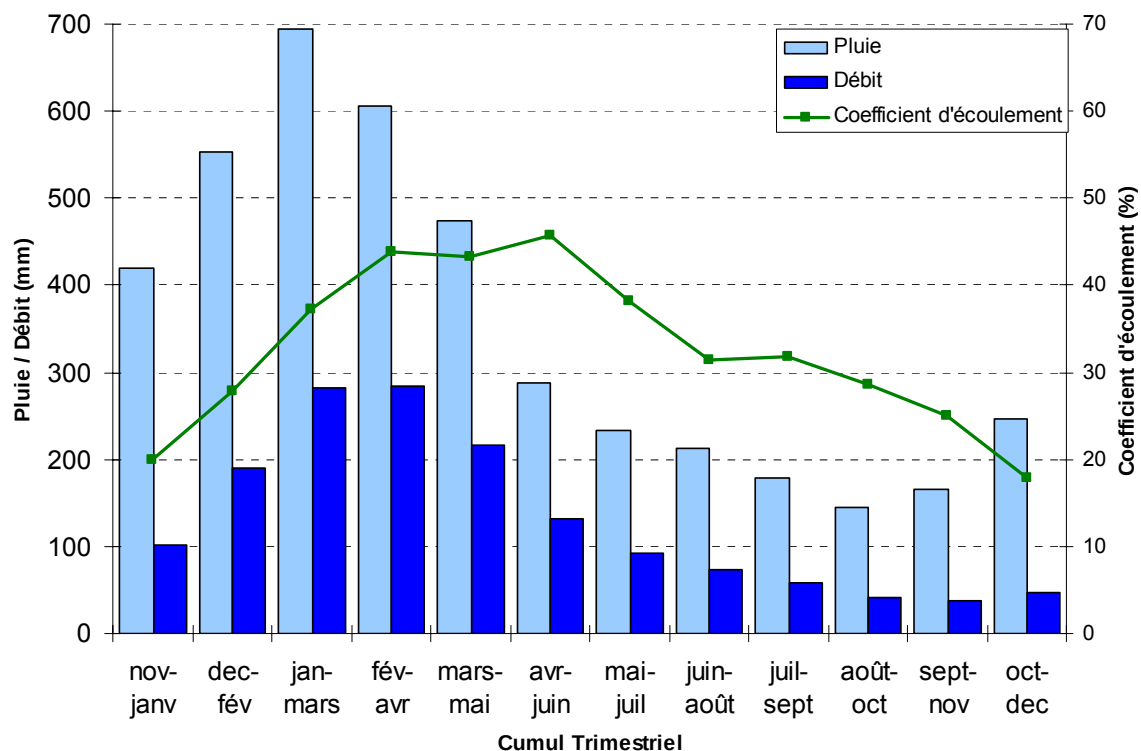


Précipitation moyenne : $P_{\text{moy}} = 1769\text{mm}$

Précipitation minimum : $P_{\text{min}} = 1294\text{mm}$

Précipitation maximum : $P_{\text{max}} = 2308\text{mm}$

Bilan d'écoulement trimestriel



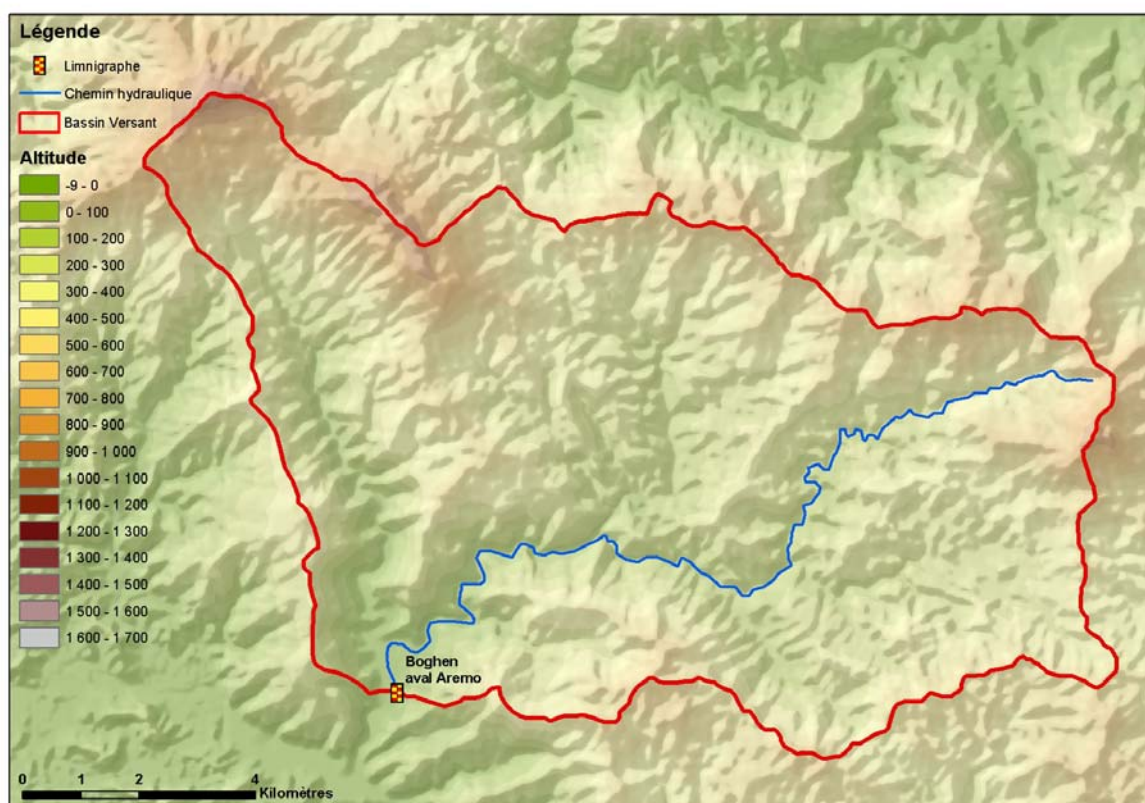
Coefficient d'écoulement moyen interannuel = 37% [16 ;53]

Lame écoulee : $L_e = 519$ mm

Déficit d'écoulement : $\Delta_e = P - L_e = 885$ mm

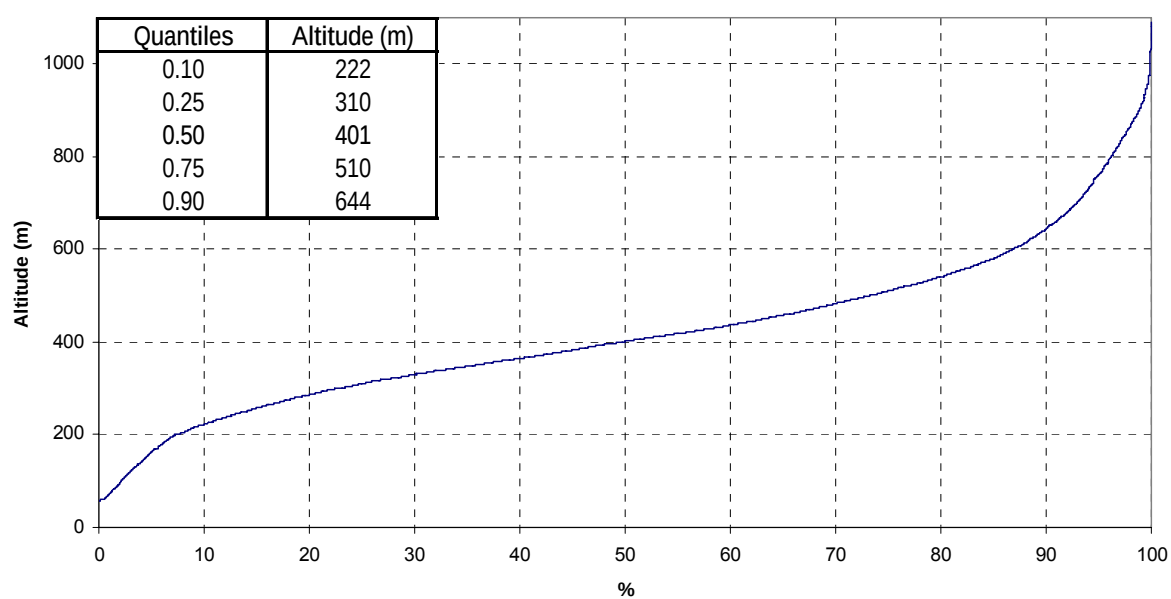
Caractéristiques Physiques

Altitudes



(Source : DTSI, MNT au pas de 10m)

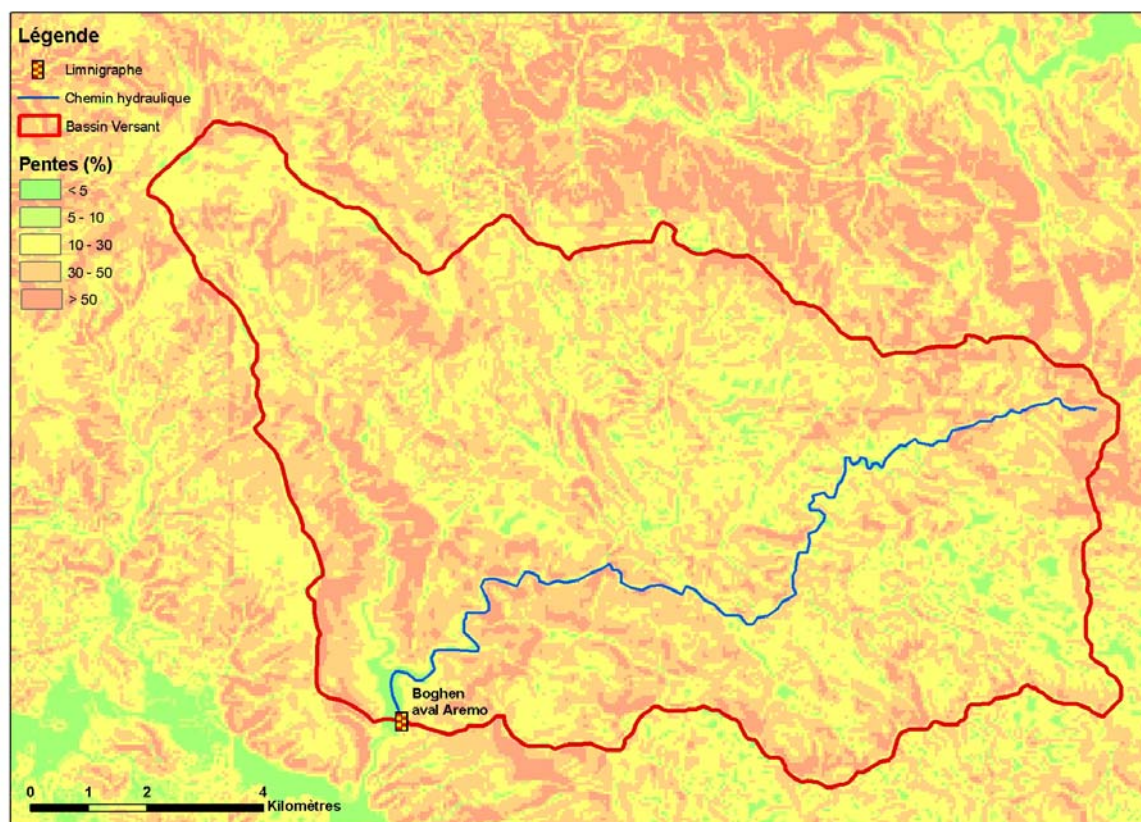
Courbe hypsometrique du bassin de la Boghen



Z

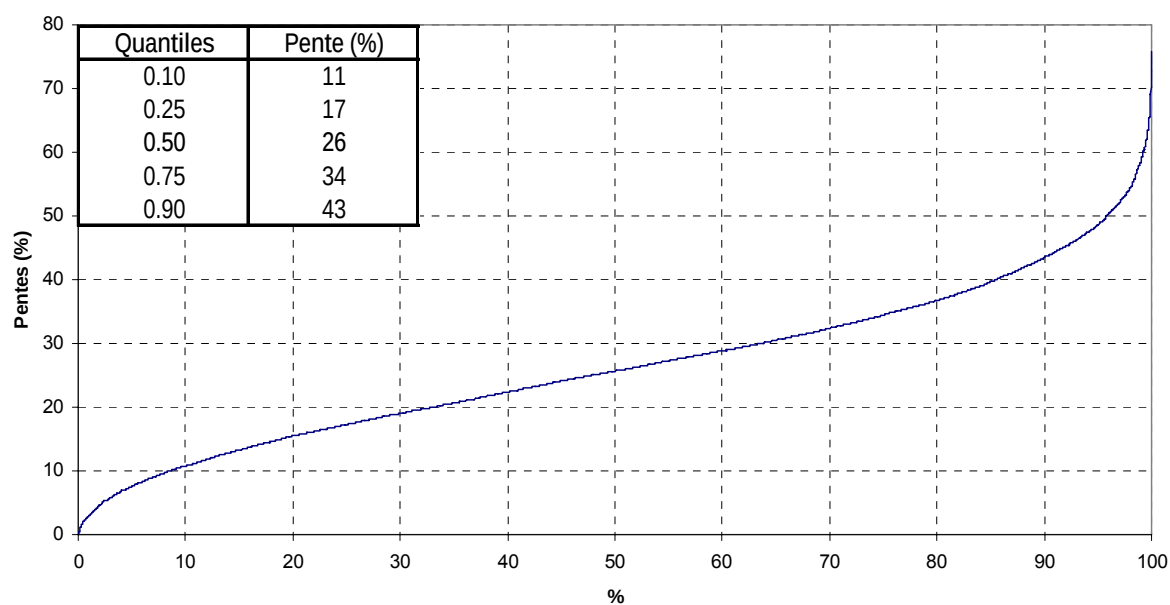
moy = 419.9m
Z_{min} = 59m
Z_{max} = 1089m

Pentes



(Source : d'après DTSI, MNT au pas de 50m)

Pentes du bassin de la Boghen



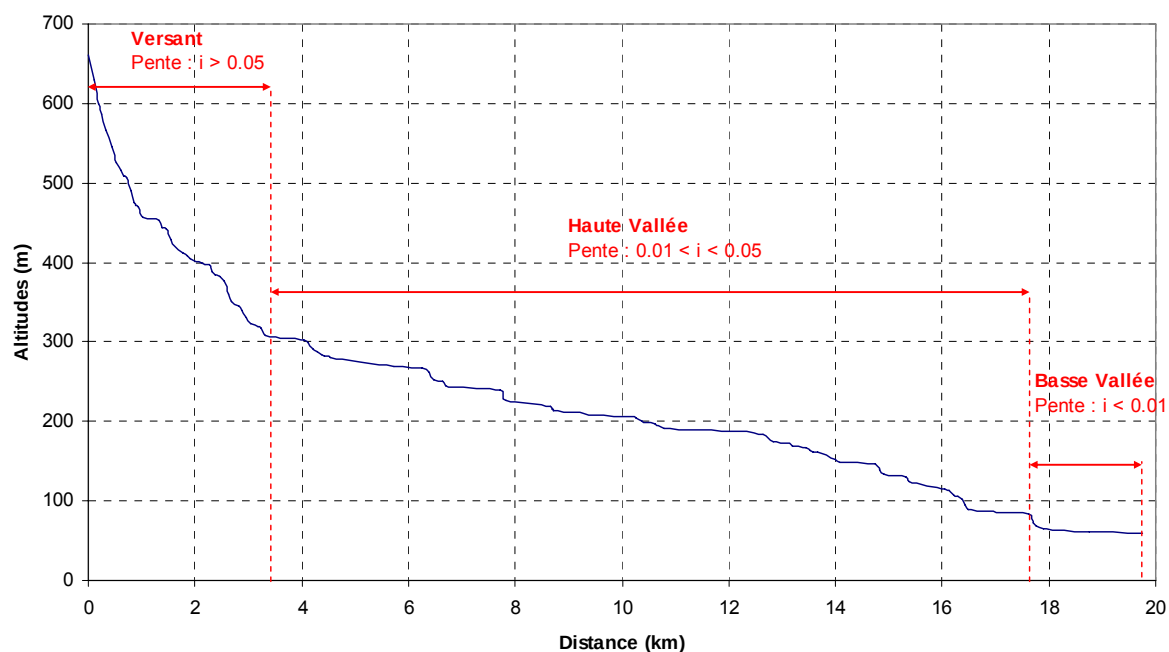
Pente moyenne : $i_{\text{moy}} = 26.5\%$

Pente minimum : $i_{\text{min}} = 0.18\%$

Pente maximum : $i_{\text{max}} = 75.7\%$

Chemin Hydraulique

Profil suivant le chemin hydraulique



Quantiles	Pente (%)
0.10	0.17
0.25	0.39
0.50	0.82
0.75	2.4
0.90	8.8

Longueur du chemin hydraulique : $L = 19.871$ km

Pente moyenne : $i_{ch} = 3.0\%$

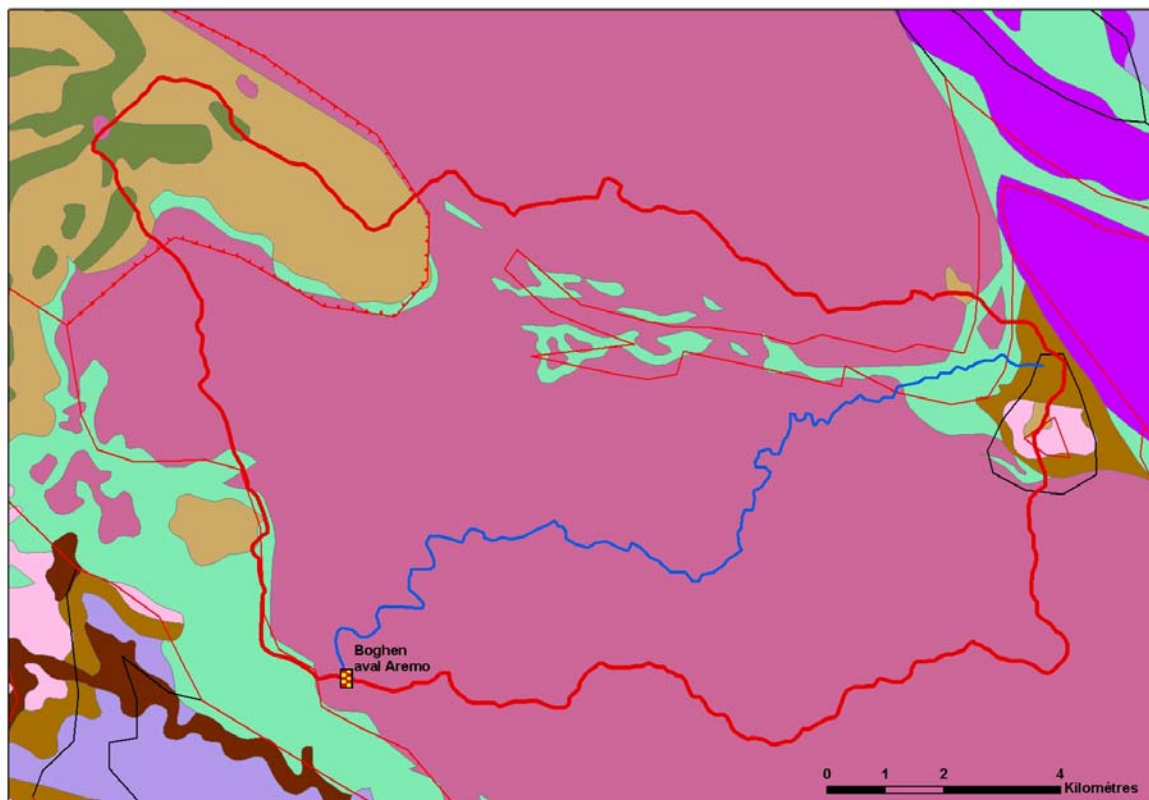
Pente à l'exutoire : $i_e = 0.10\%$

83% du chemin hydraulique présente une pente inférieure à 5%

Temps de Concentration : $T_c = 1.6$ h [1.39 ; 1.91]

Vitesse Moyenne de Transfert : $V = L / T_c = 3.4$ m.s⁻¹

Géologie



(Source : DTSI, BRGM 1/1000000)

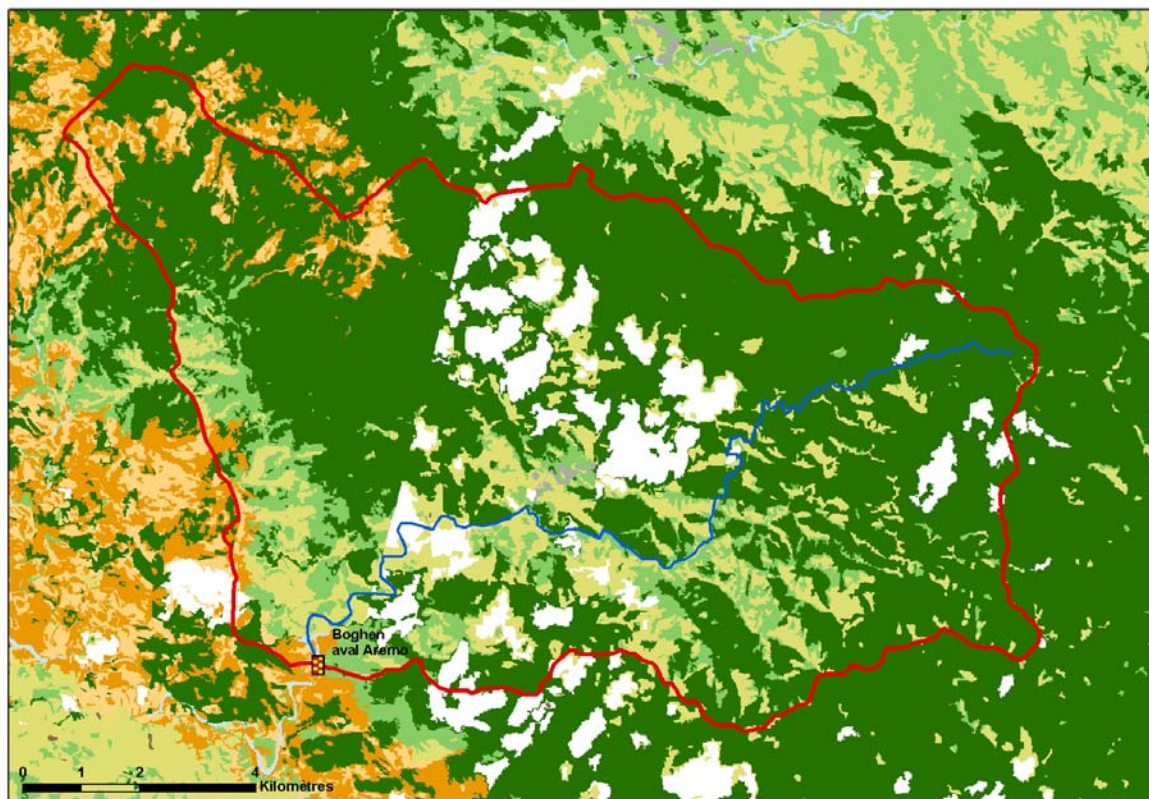
Légende

-  Limnigraphe
-  Chemin Hydraulique
-  Bassin Versant

Géologie

-  Chevauchement, Observé
-  Faille principale, Observé
-  Faille principale, Supposé
-  Normal, Observé
-  Série Boghen 83.6%
-  Serpentine et Silice 6.5%
-  Roches basiques à ultra basiques 7.2%
-  Terres et Alterites 1.2%
-  Eocene Calcaire 0.3%
-  Complexe Silico Argileux 1.1%

Occupation des Sols



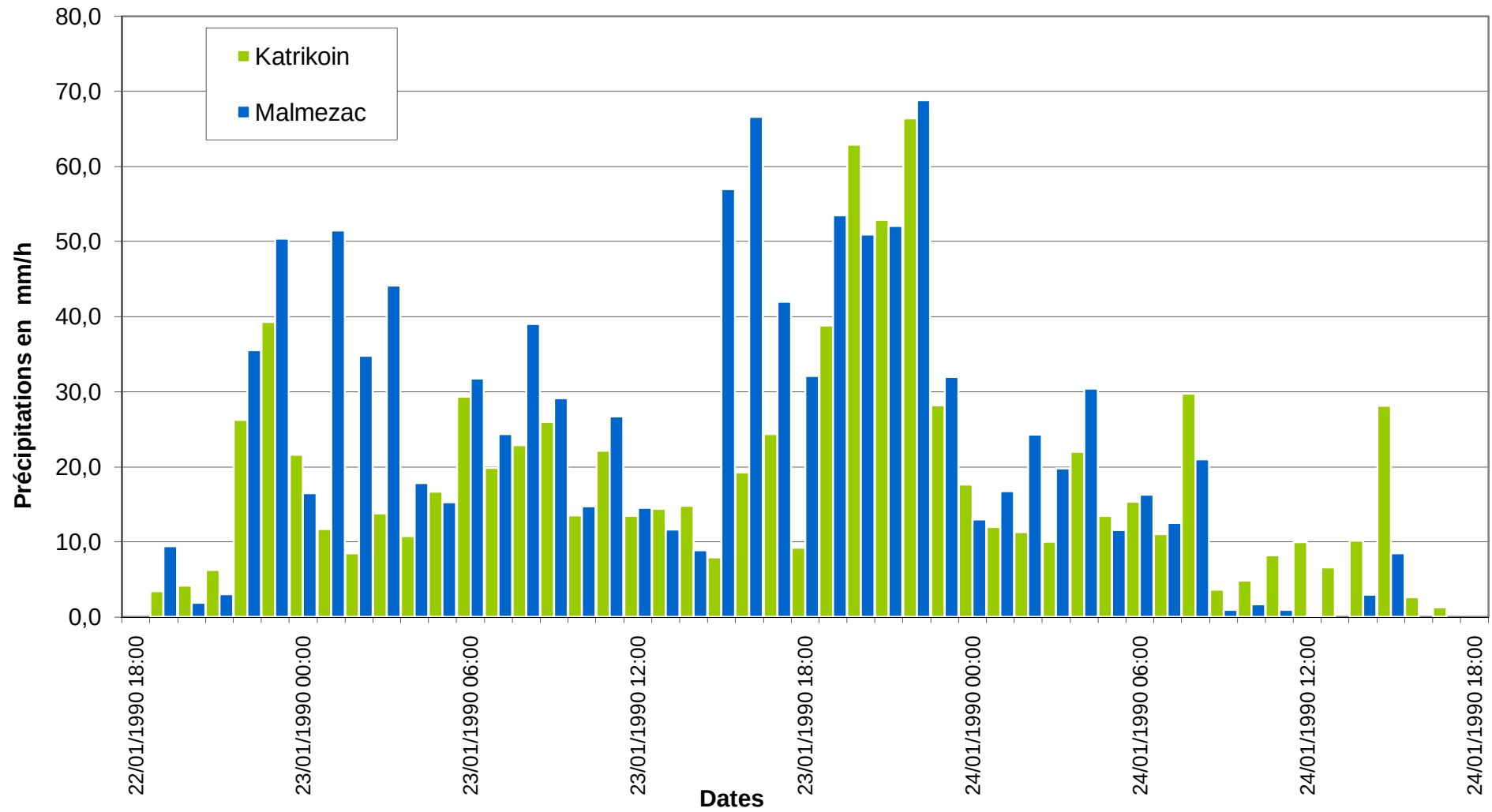
(Source : DTSI, occupation du sol 2008 SPOT5 approche objet)

Légende

	Limnigraphe	
	Chemin hydraulique	
	Bassin versant	
	Lacunes	
	Savane	15.6%
	Maquis Clairsemé	2.1%
	Maquis Dense	3.1%
	Broussailles	10.2%
	Végétation Dense	68.7%
	Eau	0.3%

Annexe 6 : Cumul horaire des précipitation de l'épisode pluvieux de 1990

Cumul horaire des précipitations entre le 22 et 24 janvier 1990



Annexe 7 : Débits injectés et cotes calculées au droit des profils de la Nessadiou
--

Annexe 7a : Débits injectés dans le modèle de Nessadiou

Nessadiou	Surface drainée (km ²)	Q5 - Fourchette Basse	Q5	Q5 - Fourchette haute	Q10 - Fourchette Basse	Q10	Q10 - Fourchette haute	Q100 - Fourchette Basse	Q100	Q100 - Fourchette haute	Q1990 - Fourchette Basse	Q1990	Q1990 - Fourchette haute
P33	57.4	455	528	601	578	694	809	966	1376	1791	885	1328	1770
P29	58.05	458	532	606	583	700	816	974	1388	1807	893	1339	1785
P27	59.2	465	540	615	591	711	828	988	1409	1833	906	1359	1812
P23	59.9	469	545	620	596	717	835	997	1421	1849	914	1371	1827
P21	61.6	479	556	633	609	732	853	1018	1451	1889	933	1400	1866
P18	63.1	488	566	645	620	746	869	1037	1478	1923	950	1425	1900
P16	63.8	492	571	650	626	752	876	1046	1490	1940	958	1438	1917
P13	69.2	523	607	691	664	799	931	1111	1583	2061	1018	1527	2036
P11	70.8	532	618	703	676	813	947	1130	1611	2097	1036	1554	2072
P10	72.4	541	628	715	688	827	963	1149	1638	2132	1054	1580	2107
P8	75.1	556	645	734	706	849	989	1181	1683	2191	1082	1623	2165
P7	76.8	565	655	747	718	863	1006	1201	1714	2228	1101	1651	2201

Annexe 7b - Resultats de la simulation sur la Nessadiou

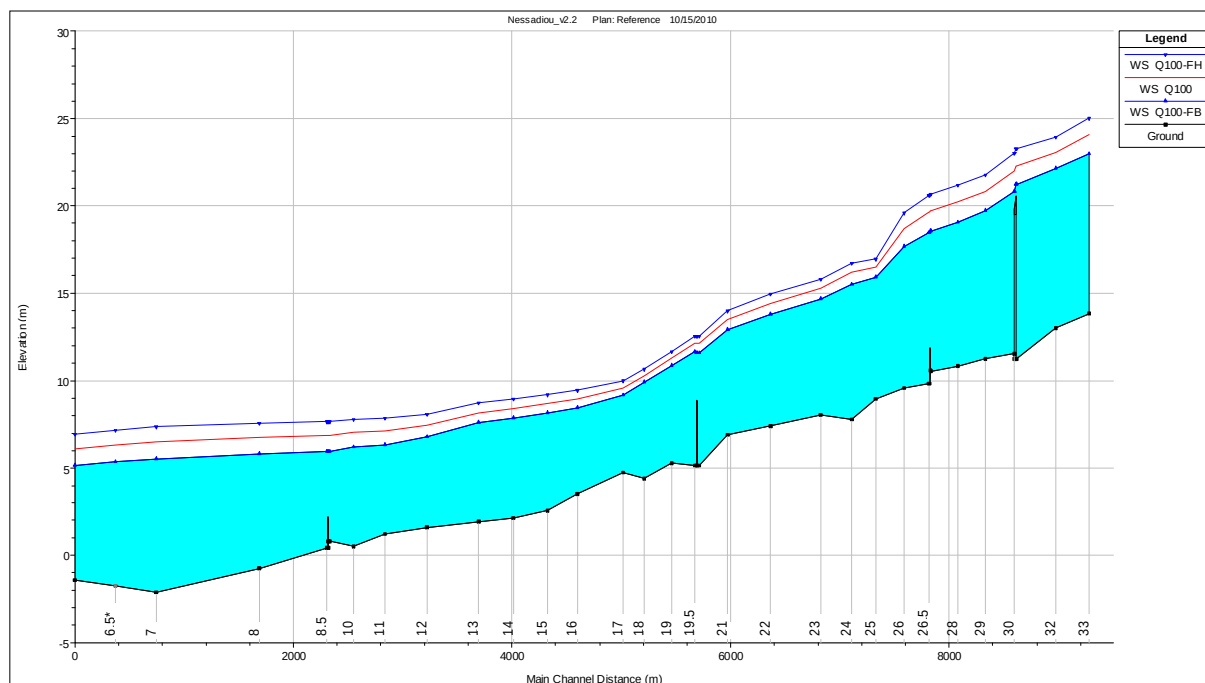
Profils	Cotes calculées (en m NGNC)		
	T= 5 ans	T= 10 ans	T= 100 ans
33	21.28	21.95	24.08
32	20.48	21.04	23.08
31	19.78	19.99	22.29
30	19.1	19.83	21.99
29	18.21	18.87	20.83
28	17.48	18.14	20.21
27	16.94	17.63	19.71
26.5	16.9	17.58	19.62
26	16.25	16.85	18.69
25	15.04	15.41	16.52
24	14.54	14.94	16.22
23	13.85	14.21	15.28
22	12.94	13.31	14.41
21	12.1	12.44	13.49
20	10.9	11.2	12.11
19.5	11	11.28	12.14
19	10.31	10.55	11.29
18	9.42	9.63	10.3
17	8.71	8.9	9.58
16	7.84	8.09	8.95
15	7.48	7.76	8.69
14	7.19	7.47	8.42
13	6.95	7.22	8.17
12	6.17	6.41	7.43
11	5.49	5.79	7.11
10	5.26	5.6	7.01
9	4.79	5.27	6.86
8.5	4.82	5.28	6.86
8	4.56	5.07	6.74
7	4.23	4.78	6.51
6	3.82	4.39	6.13

Annexe 8 : Lignes d'eau de l'analyse d'incertitude

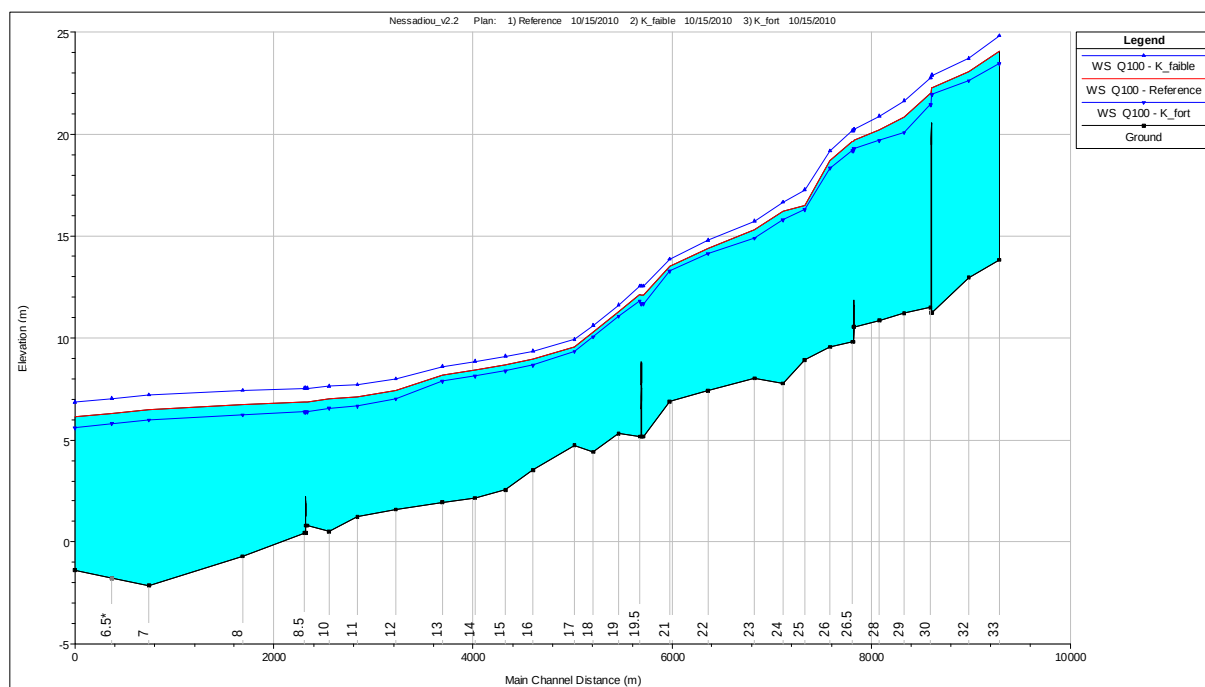
Sur chaque graphe, la ligne rouge représente la ligne d'eau centennale de référence.

1. Nessadiou

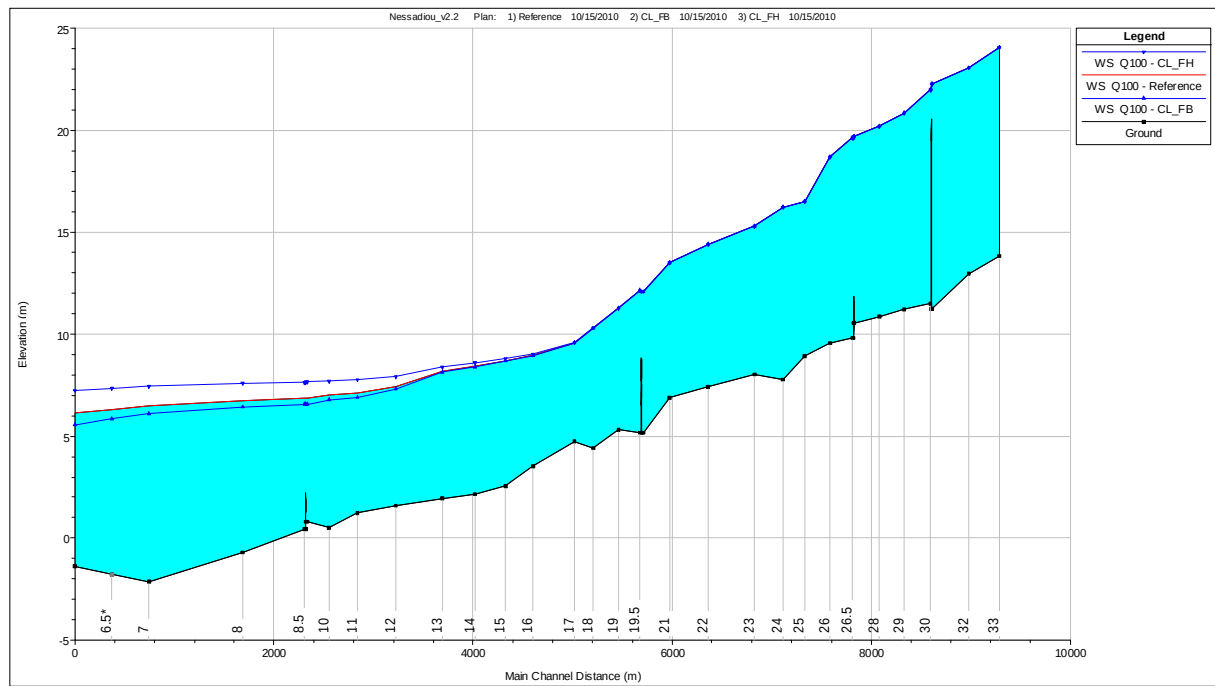
ǒ Sensibilité aux variations de débit



ǒ Sensibilité aux variations de la rugosité



δ Sensibilité aux variations de condition limite



MAÎTRE D'OUVRAGE	 PROVINCE SUD NOUVELLE CALÉDONIE	PROVINCE SUD NOUVELLE CALÉDONIE		
BUREAU D'ÉTUDES	 GINGER SOPRONER	Ginger Soproner Bureau d'études - Ingénieurs conseils Bâtiment - Fluides - Environnement 1 bis rue Berthelot - Doniambo B.P. 3583 - 98846 Nouméa Cedex Tél : 28.34.80 - Fax : 28.83.44 E-mail : soproner.noumea@soproner.nc		
<u>Opération :</u> ÉTUDE DES ZONES INONDABLES EN PROVINCE SUD - Commune de Bourail - SECTEUR NESSADIOU				
Carte des iso-hauteurs, iso-velocites et iso-cotes				
<u>Phase :</u> 3	<u>Affaire N° :</u> A001.09035	<u>Echelle :</u> 1:5,000		
<u>Fichier :</u>		<u>Nom :</u>		
Observations		Date	Par	IND
Plan de création		27/09/2011	FG	0

