

École Polytechnique Universitaire de Montpellier

Spécialité Sciences et Technologies des Eaux

Fonctionnement du réseau hydrique de Nohèdes :

*Élaboration d'un protocole de suivi hydrologique de la rivière de
Nohèdes*

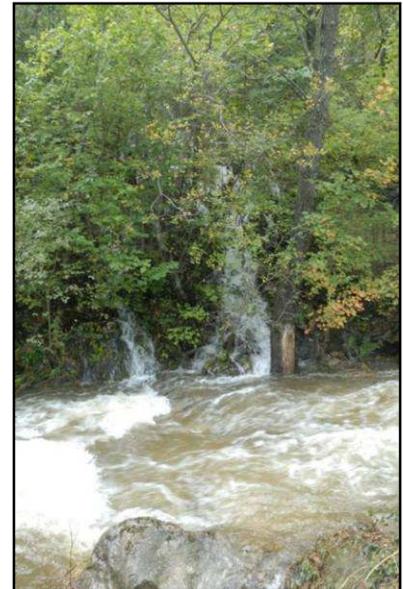
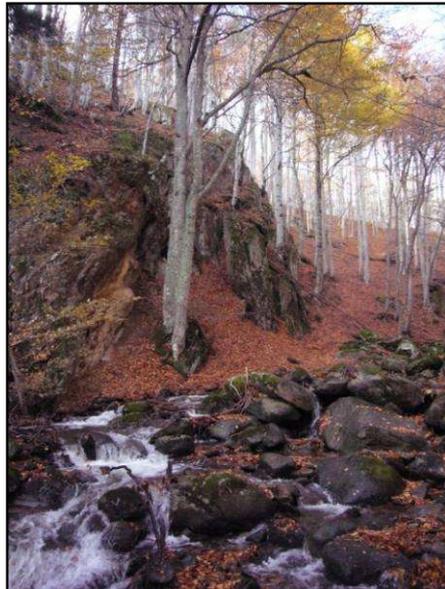
Rapport final

Élève ingénieur : Magali Servièrè

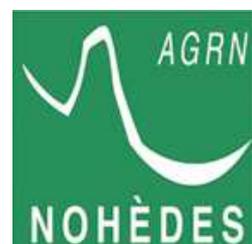
Tuteur de stage : Alain Mangeot

Tuteur Polytech' : Luc Neppel

Date du stage : du 1 juillet au 10 décembre 2010



Association Gestionnaire de la
Réserve Naturelle de Nohèdes (AGRNN)
Maison de la réserve
66500 Nohèdes



Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord mon tuteur de stage Alain Mangeot de m'avoir accueilli et encadré en stage au sein de l'Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes, ainsi que Maria Martin, Jeanet Dekker, Olivier Salvador et Lény Guillaud avec qui j'ai pu partager les bureaux de la maison de la réserve.

Je remercie de même mon tuteur Polytech' Luc Neppel pour ses conseils avisés ainsi que pour le temps qu'il a pu me consacrer.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont aidée lors de ce stage :

- Yanis Rochery qui m'a accompagnée lors de mes sorties de terrain de jaugeage.
- Alain Champagnat qui m'a aidée bénévolement à la conception et à la réalisation de certains montages comportant les échelles limnimétriques.
- Mr. Henri Salvayre pour ses conseils éclairés quant à mes travaux.
- Bart Raymaekers pour son aide dans l'installation des montages et pour m'avoir permis de découvrir la grotte des Encatades.

Un grand merci également à Evelyne Giné, stagiaire travaillant sur le Desman des Pyrénées et Boris Baillat travaillant sur les placettes à rapaces avec qui j'ai partagé les joies de la collocation dans les locaux de la réserve.

Résumé

Cette étude concerne la vallée de Nohèdes, située au cœur du massif du Madres, dans le département des Pyrénées Orientales. Cette vallée est parcourue par la Ribera de Nohèdes, un des affluents de la Têt. En 2009, des mesures conductimétriques sur cette rivière ont montré que des apports en eau provenant du karst du Mont Coronat percolaient à travers le lit majeur. Mais, localement, le flux est inversé : des séries de mesures du débit de la rivière de Nohèdes mettent en évidence une perte notable de la rivière dans le karst. L'Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes a donc décidé d'élaborer un protocole de suivi hydrologique de cette rivière. Ce suivi hydrologique a pour objectif général d'acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement du réseau hydrique de Nohèdes à travers l'installation de stations hydrométriques. Un suivi limnimétrique quotidien d'octobre à novembre, aux 2 stations hydrométriques encadrant la zone de perte suspectée, a déjà permis d'obtenir des limnigrammes, puis des hydrogrammes, par l'intermédiaire des courbes de tarage. La mise en relation des hydrogrammes avec le hyétogramme a permis de faire une première analyse de la réponse du bassin versant à la pluviométrie. La présence d'une perte n'a pas été confirmée. Un enregistrement en continu de la hauteur de l'eau sur ces stations, ainsi qu'un affinage des courbes de tarage pour les faibles débits, reste cependant à effectuer de façon à obtenir de meilleurs hydrogrammes.

Mots Clés : hydrogéologie, hydrologie, karst, station hydrométrique.

Abstract

This study concerns the Nohèdes Valley, located in the heart of the Massif Madres in the Pyrénées-Orientales department. This valley is traversed by *Ribera de Nohèdes*, a tributary of the Têt. In 2009, conductometric measurements on the river have shown that water contributions from karst of the Mount Coronat percolated through the floodplain. But locally, the flow is reversed: series of flow measurement show a significant loss of the river in the karst. The *Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes* decided to develop a protocol for monitoring the hydrology of this river. The main goal of this survey is to acquire a better knowledge of the water network of Nohèdes through the installation of gauging stations. Monitoring water level daily, from October to November, at two gauging stations surrounding the area suspected of loss, has resulted limnigrammes and hydrographs through rating curves. The linking of the hydrograph with hyetograph allowed to give a first analysis of the response of watershed to rainfall. The presence of a loss has not been confirmed but a continuous recording of water level on these stations as well as a refinement of rating curves for low flows remains to be done in order to obtain better hydrographs.

Keywords: hydrogeology, hydrology, karst, gauging station.

Liste des abréviations

AGRNN : Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes

BRGM : Bureau des Ressources Géologiques Minières

BV : Bassin versant

CEMAGREF : Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts.

CG66 : Conseil Général des Pyrénées Orientales

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

ETP : Évapotranspiration Potentielle

FRNC : Fédération des Réserves Naturelles Catalanes

i : Pente

K : Coefficient de Strickler

P : Périmètre mouillé

PBE : Plus Basses Eaux

PHE : Plus Hautes Eaux

Q : Débit

RN : Réserve Naturelle

S : Surface mouillée

Sommaire

Remerciements	p 2
Resume.....	p 3
Abstract	p 4
Liste des abréviations.....	p 5
Sommaire.....	p 6
Liste des figures.....	p 8
Liste des tableaux.....	p 9
Liste des équations.....	p 9
I-Introduction.....	p 10
I-1 Présentation de la structure d'accueil.....	p 10
I-2 Problématique du stage	p 10
I-3 Objectifs du stage	p 11
I-4 Planification.....	p 12
II-Contexte de l'étude.....	p 13
II.1 Présentation du site d'étude.....	p 13
II.2 Climatologie (pluviométries et températures).....	p 15
II.3 Éléments hydrogéologiques	p 16
II-3-a- Le bassin versant du cours d'eau supérieur.....	p 16
II-3-b- Le bassin versant du cours d'eau moyen.....	p 17
II-3-c- Le réseau karstique du Mont Coronat.....	p 17
II.4 Ouvrages hydrauliques sur la Ribera de Nohèdes et ses affluents.....	p 19
III-Méthodologie.....	p 20
III-1-Phase amont du suivi hydrologique.....	p 20
III-1-a- Les contraintes d'implantation des stations hydrométriques.....	p 20
III-1-b- Description des stations hydrométriques.....	p 22
III-1-c-Conception et mise en place des stations hydrométriques.....	p 26
III-2-Collecte de données.....	p 27
III-2-a- Les mesures de débits.....	p 27
III-2-b- Les mesures de conductivité.....	p 29
III-3-Stockage et traitement des données.....	p 30
III-3-a- Les mesures de débits.....	p 30
III-3-b- Les mesures de conductivité.....	p 30

Juillet-Novembre 2010

IV-Résultats et Analyses.....	p 30
IV-1- Description d'un événement pluvieux automnal rare.....	p 30
IV-2-Les courbes de tarage.....	p 32
IV-2-a-Élaboration des courbes de tarage.....	p 32
IV-2-b -Critiques des courbes de tarage	p 36
IV-3-La réponse du bassin versant à la pluviométrie.....	p 37
IV-3-a- Analyse de la réponse du bassin versant à la pluviométrie.....	p 37
IV-3-b-Critiques des résultats.....	p 43
IV-4-Quantification de la perte de la rivière de Nohèdes vers le karst	p 44
IV-5- Contribution des sous-bassins versant au débit à l'exutoire de Nohèdes.....	p 46
IV-6-Les mesures de la conductivité le long de la rivière de Nohèdes.....	p 47
IV-6-a-Résultats	p 47
IV-6-b-Analyse et critiques des résultats.....	p 49
V-Conclusion et Perspectives.....	p 51
V-1-Conclusion de l'étude hydrologique.....	p 51
V-2-Perspectives du suivi hydrologique de la rivière de Nohèdes.....	p 51
V-2-a-Poursuite du suivi hydrologique	p 51
V-2-b-Valorisation du suivi hydrologique.....	p 53
V-3-Bilan personnel du stage.....	p 55
VI-Glossaire.....	p 56
VII-Bibliographie.....	p 57
Annexes	p 59
Annexe N°1 : Dossier de la station hydrométrique « Les Peupliers ».....	p 59
Annexe N°2 : Dossier de la station hydrométrique « Beillans ».....	p 68
Annexe N°3 : Dossier de la station hydrométrique « Coma Pregona ».....	p 74
Annexe N°4 : Dossier de reconnaissance de site de la station hydrométrique « Amont du répartiteur de débit.....	p 80
Annexe N°5 : Coupe du montage avec échelle limnimétrique.....	p 84
Annexe N°6 : Profil du montage avec échelle limnimétrique.....	p 85
Annexe N°7 : Description de l'hélice 2030R GENERAL OCEANICS.....	p 86
Annexe N°8 : Coordonnées géographiques des résurgences temporaires et de la perte.....	p 87
Annexe N°9 : Budget (en euros) du suivi hydrologique réalisé en 2010.....	p 88

Liste des Figures

Figure 1 : Planning de l'étude.....	p 12
Figure 2 : Localisation de la réserve naturelle de Nohèdes.....	p 13
Figure 3 : Localisation de la zone d'étude.....	p 14
Figure 4 : Graphique ombrothermique sur 20 ans (1987-2006).....	p 16
Figure 5 : Localisation de la zone perméable du karst du Mont Coronat	p 18
Figure 6 : Photographies du canal de fuite de la microcentrale, du répartiteur de débit et de la dérivation de la rivière de Torrelles.....	p 20
Figure 7 : Photographie du capteur OTT Orpheus Mini.....	p 23
Figure 8 : Schéma d'une station hydrométrique.....	p 24
Figure 9 : Photographies des échelles des stations des Peupliers et de Betllans pour différents débits de la Ribera de Nohèdes.....	p 27
Figure 10 : Photographies du haut et du bas du montage et du soudage.....	p 28
Figure 11 : Photographie de l'hélice 2030R GENERAL OCEANICS.....	p 29
Figure 12 : Photographies d'un jaugeage au niveau des rétrécissements et avec l'aide d'un déflecteur.....	p 29
Figure 13 : Photographie du conductimètre HI 98129 HANNA INSTRUMENTS et de la Forn de la Pega.....	p 30
Figure 14 : Photographie d'une surverse de la rivière par-dessus les passages à gués et d'un déplacement d'une partie de l'écoulement sur les pistes.....	p 32
Figure 15 : Photographies des résurgences temporaires.....	p 32
Figure 16 : Relation entre $K \times I^{0.5}$ et la cote à la station hydrométrique de Betllans.....	p 34
Figure 17 : Relation entre $K \times I^{0.5}$ et la cote à la station hydrométrique des Peupliers.....	p 34
Figure 18 : Courbe de tarage de la station hydrométrique de Betllans.....	p 35
Figure 19 : Courbe de tarage de la station hydrométrique des Peupliers.....	p 35
Figure 20 : Évaluation de la sensibilité des stations hydrométriques de Betllans et des Peupliers sur l'intervalle des débits jaugés.....	p 37
Figure 21 : Limnigrammes et hyétogramme de pluies aux 3 stations hydrométriques mises en place	p 39
Figure 22 : Hydrogramme (avec LN(Q)) et hyétogramme de pluies à la station de Betllans.....	p 41
Figure 23 : Hydrogramme (avec LN(Q)) et hyétogramme de pluies à la station des Peupliers.....	p 42

Juillet-Novembre 2010

Figure 24 : Variation des pertes de la rivière de Nohèdes vers le karst.....	p 44
Figure 25 : Contribution des sous-bassins versants à l'exutoire du BV de Nohèdes.....	p 46
Figure 26 : Variation de la conductivité le long de la rivière de Nohèdes	p 47
Figure 27 : Localisation des mesures de conductivité sur les communes de Nohèdes et de Conat	p 48

Listes des Tableaux

Tableau 1 : Évolution journalière de l'événement pluvieux et de ses impacts sur la rivière de Nohèdes.....	p 32
Tableau 2 : Caractéristiques des hydrogrammes.....	p 43
Tableau 3 : Temps caractéristiques du bassin versant.....	p 43
Tableau 4 : Caractéristiques des régressions linéaires en fonction de la géologie.....	p 49

Liste des Équations

Équation 1 : Formule de l'hydrostatique.....	p 23
Équation 2 : Formule de l'ajustement potentiel.....	p 34
Équation 3 : Formule de Manning-Strickler.....	p 34
Équation 4 : Formule de l'erreur sur le débit en %.....	p 36
Équation 5 : Loi de vidange d'un réservoir.....	p 41
Équation 6 : Calcul du coefficient de ruissellement.....	p 53
Équation 7 : Calcul de la constante de vidange.....	p 53
Équation 8 : Calcul de la capacité d'emmagasinement.....	p 53

I-Introduction

On note que les termes suivies du signe (*) sont présents dans le glossaire.

I-1 Présentation de la structure d'accueil

La réserve naturelle de Nohèdes a été créée en 1986 à l'initiative de l'association naturaliste Charles Flahault. L'organisme de gestion déléguée par voie de convention est l'Association Gestionnaire de la Réserve Naturelle de Nohèdes (AGRNN). Elle fait partie de la Fédération des Réserves Naturelles Catalanes (FRNC), constituée des réserves de Conat, Eyne, Jujols, Mantet, Mas Larrieu, La Massane, Nohèdes, Prats de Mollo et Py. Celles-ci sont toutes situées dans les Pyrénées Orientales. Les missions de l'AGRNN sur la réserve naturelle de Nohèdes sont les suivantes :

- o La protection du patrimoine naturel et culturel en veillant à faire respecter une réglementation qui concilie maintien de la biodiversité et pratiques d'activités économiques et de loisir.
- o L'étude de ce patrimoine par des suivis scientifiques des différentes espèces animales et végétales pour comprendre leur évolution.
- o La gestion de l'ensemble de ce territoire en concertation avec les différents acteurs.
- o Faire découvrir à ses visiteurs le patrimoine naturel et culturel nohèdois.

La réserve naturelle de Nohèdes compte 2 salariés à temps plein et 2 salariés à mi-temps ainsi que un ou plusieurs stagiaires et chargés d'étude ponctuels. Le fonctionnement de la réserve naturelle est financé par l'état, le département et la région.

I-2 Problématique du stage

Il n'y a pas actuellement de mesure du débit en continu sur la rivière de Nohèdes. Cependant lors d'un stage de 6 mois de Février-Aout 2009, concernant la caractérisation des échanges hydriques entre le karst du Mont Coronat et la rivière de Nohèdes, des jaugeages au courantomètre moulinet et des mesures de conductivité sur la rivière de Nohèdes ont été effectués par Pierreloup Ducroix. Cette étude s'inscrivait dans le plan de gestion 2006-2009 de la réserve naturelle de Nohèdes, et concernait plus

Juillet-Novembre 2010

précisément l'opération SE-011 : suivre la température et la conductivité du réseau hydrographique en fonction des conditions climatiques, à laquelle la mesure des débits du cours d'eau avait été ajoutée.

Les mesures conductimétriques ont montré que des apports provenant du karst du Mont Coronat percolaient à travers le lit majeur. Mais, localement, le flux est inversé : ces séries de mesures du débit de la rivière de Nohèdes mettent en évidence une perte notable de la rivière dans le karst, à proximité de la limite communale entre Conat et Nohèdes. Des pertes d'eau de la rivière de Nohèdes dans le karst rendraient la masse d'eau souterraine du karst très sensible à une pollution accidentelle ou chronique des eaux de surface.

Le protocole de suivi hydrologique envisagé a pour objectif général d'acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement du réseau hydrique de Nohèdes à travers l'installation de stations hydrométriques. L'enregistrement en continu de la hauteur de l'eau dans ces stations permettra d'obtenir, par l'intermédiaire des courbes de tarage, des hydrogrammes(*) au pas de temps voulu (pas de temps horaire ou moins). Ce suivi des débits de la rivière sera relié au suivi pluviométrique.

I-3 Objectifs du stage

- Localiser précisément la perte de la rivière de Nohèdes.
- A l'aide des travaux précédemment effectués, établir un protocole de suivi.
- Installer des échelles limnimétriques et effectuer les courbes de tarage.
- Débuter un suivi journalier des hauteurs d'eau aux échelles et analyser les premiers résultats.

Des mesures de conductivité ont été également réalisées le long de la rivière ainsi qu'un essai de modélisation hydrologique au pas de temps journalier (Modèle GR4J du CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts)) avec les données de débits de la partie amont du bassin versant et les données climatiques SAFRAN (description des données SAFRAN dans l'article scientifique de Caouche K. et al., 2010).

I-4 Planification de l'étude

Phases et tâches associées	Temps consacré aux tâches en 2010				
	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre
Phase 1 : Etablissement d'un protocole de suivi hydrologique					
Choix des emplacements favorables et du type de limnimètres					
Conception du support avec des artisans					
Jaugeages avant l'installation des stations					
Prise en main des logiciels HYDRACCESS, MAPINFO et AUTOCAD					
Phase 2 : Démarches administratives					
Autorisations des mairies et des propriétaires privés					
Dossier de demande de financement à la DREAL					
Phase 3 : Mise en place des stations hydrométriques					
Budgétisation prévue et réelle du projet					
Commande et réception du matériel auprès des fournisseurs					
Installation des échelles limnimétriques					
Jaugeages et élaboration des courbes de tarages					
Phase 4 : Début du suivi hydrologique de la rivière de Nohèdes					
Relevé quotidien aux échelles limnimétriques					
Mise à jour de la base de données d'HYDRACCESS et traduction des hauteurs d'eau en débit					
Mesures de conductivité le long de la rivière de Nohèdes					
Phase 5 : Analyse et critique des résultats					
Relation entre hyétogrammes, limniogrammes et hydrogrammes					
Calage d'un modèle pluie-débit (GRAJ) sur les données du BV amont					
Localisation et quantification des pertes					
Analyse des variations de conductivité le long de la rivière de Nohèdes					

Figure 1 : Planning de l'étude

II-Contexte de l'étude

II.1 Présentation du site d'étude

Cette étude concerne la vallée de Nohèdes, située au cœur du massif du Madres, à l'est de Prades, dans le département des Pyrénées Orientales (voir Figure 2). Cette vallée est composée de la commune de Nohèdes (30,94 km²) et de la commune de Conat (8,9 km²). La zone d'étude s'étend du haut de la vallée jusqu'au hameau de Betllans, appartenant à la commune de Conat (voir Figure 3). A l'intérieur de ces communes se trouve la Réserve Naturelle de Nohèdes (21,37 km²), ainsi que celle de Conat (5,49 km²). Cette vallée constitue la tête d'un bassin versant globalement orienté Nord Ouest-Sud Est et s'étageant de 642 m (altitude de Betllans) à 2459 m d'altitude. Le climat est montagnard périméditerranéen. La rivière de Nohèdes parcourant cette vallée de Nohèdes s'étend sur 21 km (14 km jusqu'à Conat) et est un des principaux affluents de la rive gauche de la Têt.

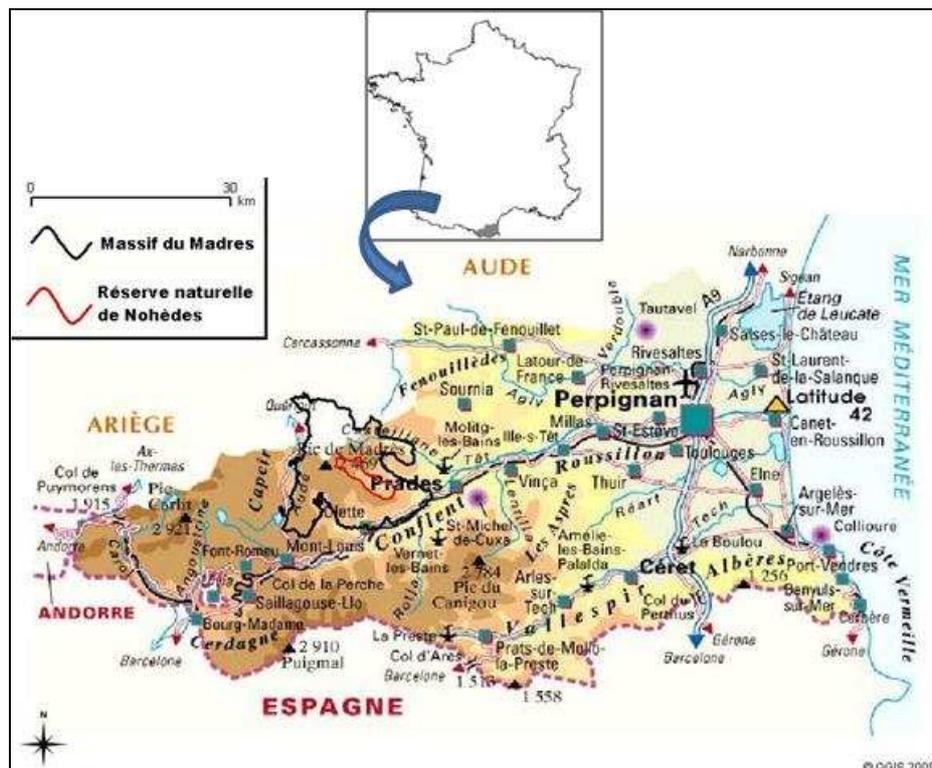
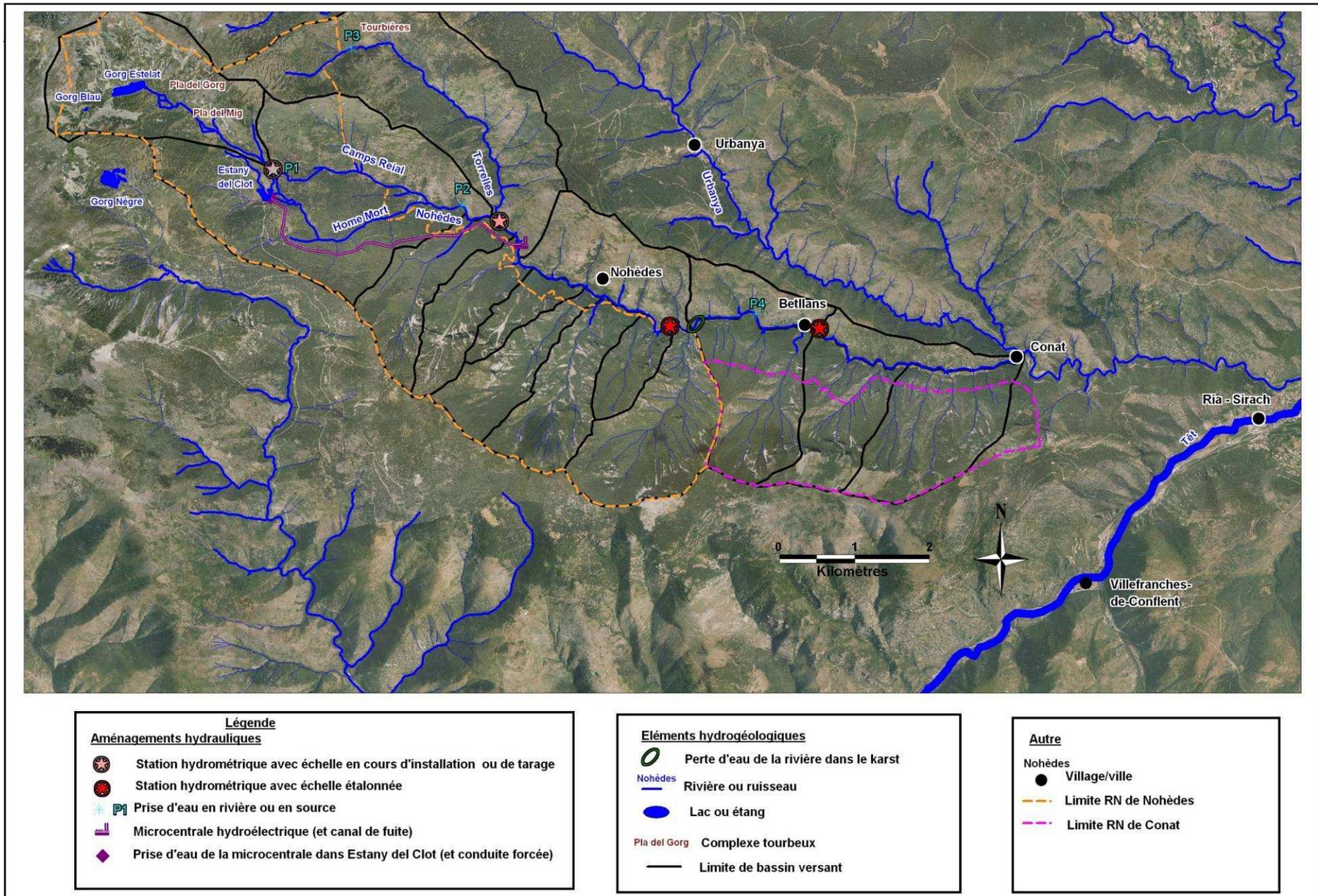


Figure 2 : Localisation de la réserve naturelle de Nohèdes



Sources : Fond de carte: BD Ortho®, © IGN 2004 ; Réseau hydrographique : BD Carto®, © IGN 1998

Figure 3 : Localisation de la zone d'étude.

Juillet-Novembre 2010

II.2 Climatologie (pluviométries et températures)

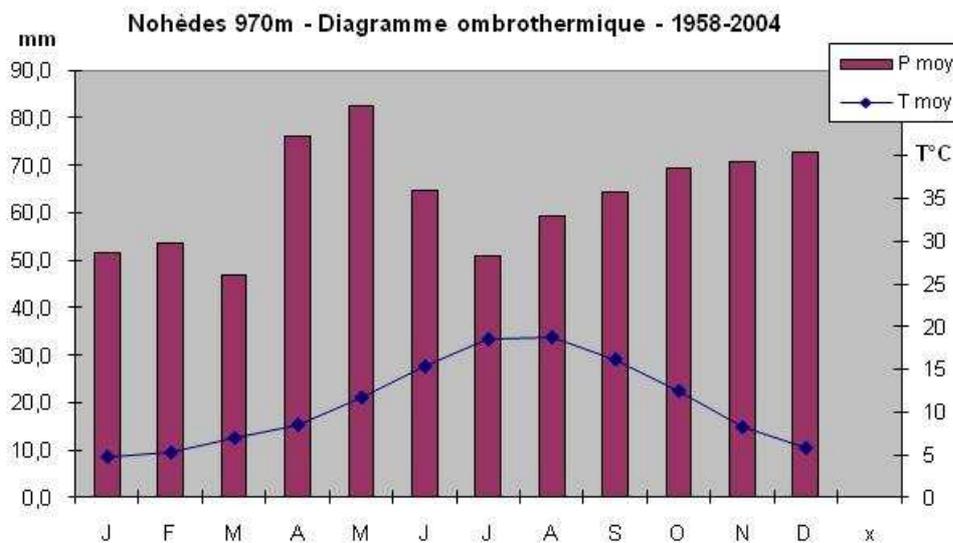
Il existe un fort gradient de pluviométrie selon l'altitude à laquelle on se trouve. Concrètement il pleut plus dans la partie haute de la vallée que dans la partie basse. Le climat est soumis aux influences océaniques et méditerranéennes : des vents forts du Nord-Ouest (Tramontane) engendrent des précipitations océaniques, notamment en altitude, alors que l'influence méditerranéenne adoucit le climat dans la partie basse de la vallée.

Deux pluviomètres sont installés sur le bassin versant :

- o un pluviomètre automatique (pluviométrie et température) géré par EDF Climat et Météo France, dont l'emplacement actuel est la micro-centrale, à 970 m d'altitude, 2 km en amont du village de Nohèdes : ces relevés constituent une base de données d'environ quarante ans.
- o un pluviomètre manuel, installé à la maison de la réserve naturelle de Nohèdes à 955 m d'altitude et relevé tous les jours depuis deux ans.

Le suivi de la pluviométrie à 970 m sur la période 1987 à 2006, montre que la pluviométrie est de type océanique à influence méditerranéenne : la pluviométrie mensuelle est forte durant les mois d'avril et mai, précédée et suivie d'une période creuse en février et mars puis en juillet et août, avec un regain de pluie de septembre à décembre (voir Figure 4). La répartition des pluies est donc assez hétérogène. Les températures augmentent régulièrement de janvier à juin puis d'août à décembre avec un pic en juillet-août. L'impact le plus fort de l'évapotranspiration (ETP) sur les variations de débits est donc en juillet-août. La pluviométrie annuelle sur le pluviomètre de la microcentrale est de 762 mm et la température moyenne annuelle est de 11°C.

Juillet-Novembre 2010



Source : Pluies et températures obtenue par Météo France Pyrénées Orientales, Traitement par A. Mangeot
Figure 4 : Graphique ombrothermique sur 46 ans (1958-2004)

II.3 Éléments hydrogéologiques

II-3-a- Le bassin versant du cours d'eau supérieur, réservoir d'eau de la vallée

Le bassin versant du cours d'eau supérieur est limité à l'aval par la retenue artificielle de l'*Estany(*) del Clot* (1665 m). Les terrains concernés par le haut bassin versant sont constitués de granite (en rouge sur la Figure 5) dans la partie haute, de formation métamorphique à partir du *Pla del Mig*. Le profil est caractérisé par une succession d'auges glaciaires aux versants abrupts et aux fonds horizontaux, dont deux sont occupés par un lac glaciaire : le *Gorg(*) Blau* et le *Gorg Estelat*. De nombreuses sources restituent les eaux stockées par les arènes granitiques qui remplissent les fractures du *Pla dels Gorgs*. Les ruisseaux qui proviennent de ces sources alimentent les lacs glaciaires, un complexe tourbeux (*Pla del Gorg* et *Pla del Mig*) et l'*Estany del Clot*. Le bassin versant du cours d'eau supérieur possède une importante rétention d'eau par son accumulation de neige, les arènes granitiques du plateau sommital, les lacs et les mouillères et les tourbières.

II-3-b- Le bassin versant du cours d'eau moyen

Le cours d'eau moyen est constitué de la *Ribera(*) dels Camps Reials* et de la *Ribera de l'Home Mort*, qui s'écoulent sur des terrains morainiques (en vert pâle sur la Figure 5). Ces deux rivières se rejoignent et forment la rivière de Nohèdes sur des roches métamorphiques (en vert sur la Figure 5) jusqu'à *La Farga*.

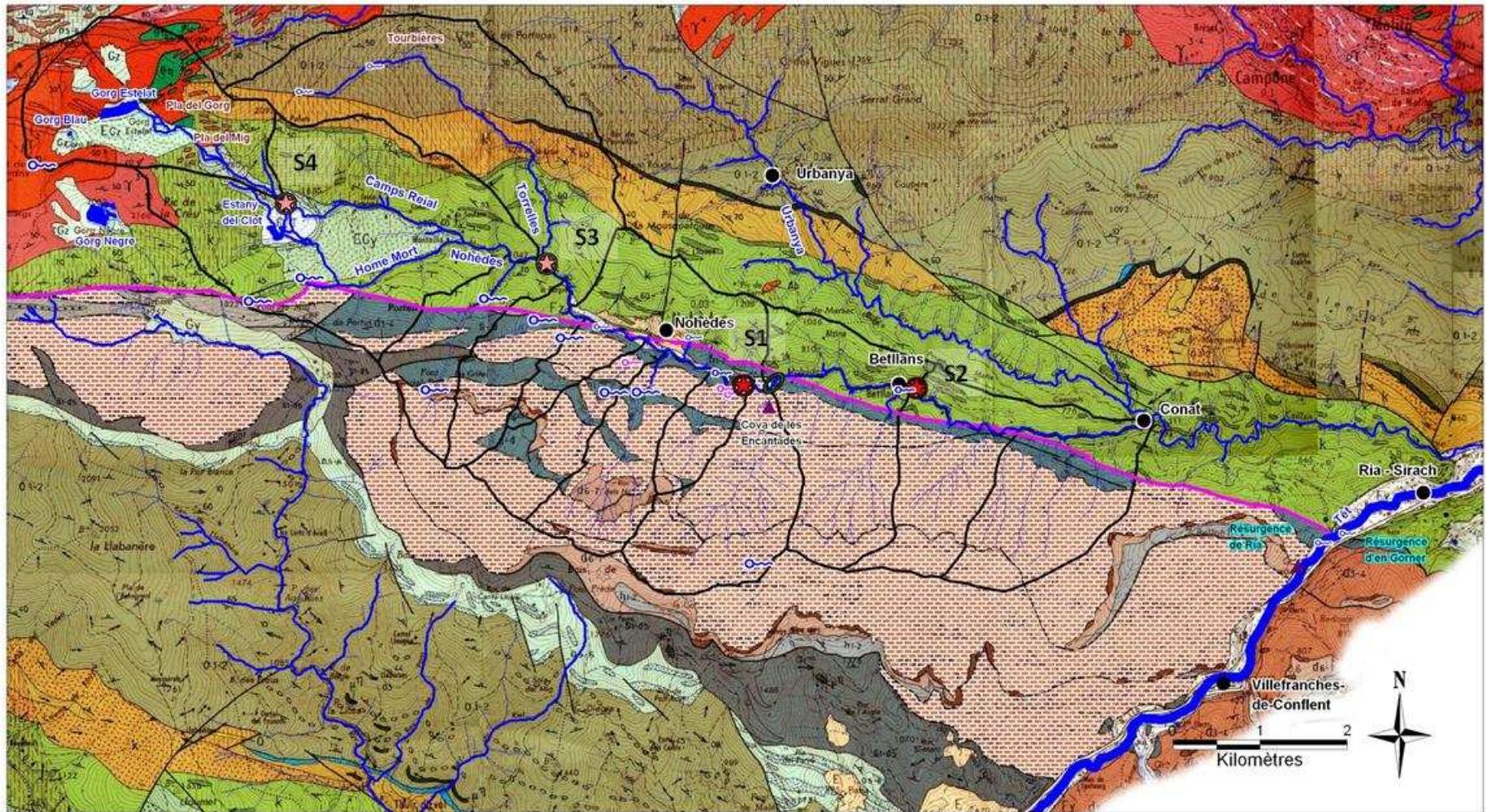
Juillet-Novembre 2010

Sur le parcours, la rivière de Nohèdes est rejointe par la *Ribera de Torrelles*, affluent majeur de la rivière de Nohèdes qui prend sa source vers 1750 m. Le parcours jusqu'à la limite de la commune de Conat est caractérisé par une pente moyenne plus douce, où alternent écoulement torrentiel et de rivière, mais aussi par des apports latéraux carbonatés diffus mais assez abondant, provenant du karst du Mont Coronat. Le bassin versant du cours moyen possède globalement de faibles capacités de rétention d'eau avec des pentes fortes, un sol superficiel, un ubac karstique, favorable à l'infiltration et un adret schisteux, favorable au ruissellement.

II-3-c- Le réseau karstique du Mont Coronat

La structure du massif calcaire du Mont Coronat fait partie du synclinal de Villefranche. Ce massif abrite un réseau karstique toujours inconnu mais que l'on suppose considérable : les précipitations sur le massif ne s'écoulent pas ou peu dans les ravins mais s'infiltrent dans les roches carbonatées perméables. On peut imaginer que la pente du synclinal conduit l'eau ainsi collectée jusqu'à un réseau axial orienté vers l'Est Sud Est, qui émerge à la résurgence de Ria, rive gauche de la Têt. La résurgence de Ria est exploitée pour l'alimentation en eau potable de Ria et est suivie par le CG 66 (Conseil Général des Pyrénées Orientales) et le BRGM (Bureau des Ressources Géologiques Minières). Les hypothèses sur l'origine de cette eau sont qu'elle provient de pertes provenant des différentes rivières parcourant le massif calcaire, à savoir le ruisseau des Horts, la rivière d'Evol ainsi que celle de Nohèdes. (Salvayre H., 2010).

La figure 5 montre que la rivière de Nohèdes longe la faille des Mérens, et qu'elle la recoupe en deux endroits : en amont à la *Ribera de l'Home Mort* et à quelques centaines de mètres en aval d'une cavité : la *Cova(*) de les Encantades*. La faille est accompagnée par une semelle assez large de schistes et de calcschistes (en bleu gris). Dans le deuxième cas, la rivière réalise un véritable méandre qui fait une courte incursion au sein du massif carbonaté (calcaire du Dévonien moyen de perméabilité importante), ce qui en fait la zone la plus favorable à la présence de pertes de la rivière dans le karst (Raymaekers B., 2005).



Légende

Eléments hydrogéologiques

- Perte d'eau de la rivière dans le karst
- Nohèdes Rivière ou ruisseau
- Lac ou étang
- Pla del Gorg Complexe tourbeux
- Limite de bassin versant
- Zone perméable

Eléments hydrogéologiques

- Source pérenne
- Résurgence temporaire
- Faille des Merens
- Résurgence de Ria Résurgence pérenne drainant le karst
- Grotte

Autre

- Station hydrométrique avec échelle en cours d'installation ou de tarage
- Station hydrométrique avec échelle étalonnée
- Nohèdes Village/ville

II.4 Ouvrages hydrauliques sur la Ribera de Nohèdes et ses affluents

La Ribera de Nohèdes comporte quelques ouvrages hydrauliques. Le plus important est une micro-centrale hydroélectrique de haute chute (720 m), construite en 1975 (voir emplacement sur la Figure 3). Elle a fonctionné jusqu'en 2007 pour une puissance maximale de 1000 kW et un débit maximum de 250 L/s. Après rénovation complète de la centrale et partielle de la conduite forcée, elle fut remise en service en février 2010 avec une puissance bridée à 400 kW et un débit de 75 L/s (voir photographie du canal de fuite à la Figure 6). La microcentrale fonctionne par éclusés du lac artificiel *Estany del Clot* (réservoir à 1650 m). Une partie de l'eau du ruisseau de Nohèdes est dérivée par un ouvrage de répartition (voir photographie à la Figure 6) pour l'alimentation de ce lac. Les éclusées sont régulées automatiquement en fonction du niveau d'eau du lac : ce niveau ne va jamais en dessous d'un niveau zéro du lac, nécessaire au fonctionnement biologique de l'étang. Dans ce cas le turbinage s'arrête et le réservoir se remplit jusqu'à arriver à un niveau correct. L'eau éclusée transite par une conduite forcée de 4,4 km jusqu'à la centrale (Cayrol International, 2010). En 1991, une évaluation du module (130 L/s pour une surface drainée de 3,83 km²) de la rivière sur 3 ans a été réalisée au niveau du répartiteur alimentant la retenue d'eau de la micro-centrale.

L'autre ouvrage hydraulique important sur la *Ribera de Nohèdes* est l'ancien captage d'eau potable du village de Nohèdes, qui est actuellement utilisé pour l'irrigation. La *Ribera de Nohèdes* réceptionne aussi les eaux usées du village de Nohèdes et de Betllans, son impact sur les débits est négligeable du fait d'une population peu nombreuse. On note que le canal d'irrigation alimentant le hameau de Betllans est actuellement non utilisé car il est bouché par des dépôts. L'influence hydraulique de ce canal est cependant à surveiller car sa rénovation est possible dans le cadre de la rénovation du patrimoine architectural de Conat. Plusieurs captages appartenant à des particuliers par une alimentation gravitaire ou par pompe immergée sont présents tout au long de la rivière.

D'autres aménagements hydrauliques sont en activité sur les affluents de la *Ribera de Nohèdes*. La source de la Ruidera est captée pour l'alimentation en eau potable du village de Nohèdes. L'eau de la rivière de Torrelles, principal affluent de Nohèdes, est dérivée en partie, en amont de son bassin versant, pour alimenter le canal d'irrigation du village d'Urbanya.

Juillet-Novembre 2010

Un inventaire exhaustif de ces petits aménagements a été réalisé l'été 2010, en ciblant le danger représenté par les petits aménagements hydrauliques pour le Desman des Pyrénées, animal protégé (Dauré S. & Giné E., 2010).



Figure 6 : Photographies (de gauche à droite) du canal de fuite de la microcentrale, du répartiteur de débit et de la dérivation de la rivière de Torrelles.

III-Méthodologie

III-1-Phase amont du suivi hydrologique

III-1-a- Les contraintes d'implantation des stations hydrométriques sur le bassin versant de Nohèdes et de Conat

Une station hydrométrique traditionnelle se définit comme un site où l'on détermine le débit à partir d'un ensemble d'équipements grâce à une relation considérée comme univoque entre hauteur et débit. Ainsi une station est constituée :

- 1) un site avec une ou plusieurs sections de contrôle,
- 2) une échelle limnimétrique,
- 3) un ensemble de capteurs et d'appareils enregistreurs du niveau d'eau.

Le choix des stations hydrométriques (emplacement, type d'appareil enregistreur de niveau d'eau à mettre en place, conception du support et mise en place) a été assez difficile à cause de nombreuses contraintes sur le bassin versant de Nohèdes et de Conat.

Tout d'abord, la rivière de Nohèdes présente des contraintes propres au milieu montagnard, avec une forte pente, un encombrement du lit important par des rochers mais peu de végétation aquatique. De plus la surface de la rivière gèle en altitude pendant l'hiver et la concentration de matières en suspension peut être importante pendant la fonte de la neige au printemps. Les niveaux d'eau varient rapidement au cours de l'année : l'étiage peut être sévère avec une faible lame d'eau et les crues fortes provoquant des surverses du lit de la rivière (voir Figure 12) et occasionnant un accès difficile à certains tronçons de la rivière.

Le site d'implantation de la station doit le plus possible répondre aux critères hydrauliques suivants (Banque HYDRO., 1998) :

- **Fidélité**

La relation hauteur-débit doit être le plus possible univoque : à chaque hauteur doit correspondre une et une seule valeur de débit. Pour cela la station doit être située à l'amont d'une section de contrôle(*) de forme constante avec une vitesse d'approche faible suivie d'une mise en vitesse suffisante. Ainsi toute modification de l'écoulement en aval sera sans influence sur la cote du plan d'eau à l'amont de la section de contrôle.

- **Sensibilité**

Pour qu'une station de jaugeage détecte une petite variation de débit, il faut qu'à une faible variation de débit correspond une variation suffisamment grande de la hauteur d'eau lue à l'échelle. La sensibilité d'une station est d'autant meilleure que la rugosité du lit est forte et que la pente, la largeur et le tirant d'eau sont faibles.

- **Accessibilité**

La station doit être accessible en toutes circonstances, notamment en crue.

- **Contraintes techniques**

La station doit rester opérationnelle en étiage ou en crue, même exceptionnelle. Certaines parties des appareils de mesure (par exemple l'alimentation électrique) doivent être placées hors de l'eau. L'échelle sera située le plus près possible du capteur et implantée de façon à ce que sa lecture soit facile à tous niveaux, son accessibilité doit être bonne de façon à faciliter son entretien et elle ne doit pas être perturbée par les embâcles.

Juillet-Novembre 2010

Le zéro de l'échelle doit être raccordé au système NGF (Nivellement Général de la France) et à un ou plusieurs repères locaux bien identifiés. Le capteur sera placé pour éviter autant que possible les remous.

L'implantation d'une station de mesure n'est encadrée -ni protégée- par aucune procédure administrative (Banque HYDRO., 1998). L'autorisation des mairies (Nohèdes et de Conat), ainsi que des propriétaires privées des terrains choisis comme emplacement pour les stations doit cependant être acquise.

Le suivi hydrologique doit être peu contraignant pour les employés de la réserve naturelle en termes de relevé, de maintenance et de traitement des données. Le coût du matériel et de la mise en place de la station hydrométrique doit être faible (car sur le budget de fonctionnement de la réserve).

III-1-b- Description des stations hydrométriques

Le choix des stations hydrométriques a été un compromis entre les contraintes énoncées précédemment et les objectifs de la station.

Un suivi hebdomadaire ou journalier des hauteurs d'eau effectué de façon visuelle a été abandonné car il mobiliserait un salarié de la réserve de façon trop importante et n'apporterait pas une précision suffisante de la variation des données dans le cas des fortes crues. Le niveau d'eau varie en effet très rapidement : le pas de temps doit donc être horaire, ce qui suppose un suivi automatique des hauteurs d'eau dont les données enregistrées seront relevées mensuellement.

Le choix du type d'appareil enregistreur de niveau d'eau a été délicat du fait des différences de conditions d'installation, de fonctionnement ainsi que le coût global du matériel nécessaire pour chaque dispositif. Les dispositifs nécessitant l'installation d'un panneau solaire (limnimètre bulle à bulle) ont été abandonnés à cause du risque important de vol (cela est déjà arrivé sur la placette d'alimentation des rapaces dont la protection est assurée par une clôture électrique). Le système par radar qui nécessite d'être placé sous les ponts a lui aussi été abandonné car ses mesures sont faussées par les obstacles, or le dessous des ponts présente de nombreux rochers charriés par la rivière lors des grandes crues. Le type d'appareil enregistreur de niveau d'eau retenu est un capteur mesurant la pression hydrostatique par une sonde manométrique.

Le niveau d'eau h de la rivière au dessus de la sonde est déduit par la formule de l'hydrostatique :

Juillet-Novembre 2010

$$H = \frac{P_{Hydro} - P_{Atmo}}{\rho \times g} \quad (\text{Eq. 1})$$

- H : Hauteur de l'eau au dessus de la sonde en m.
- P_{Hydro} : Pression hydrostatique en Pa.
- P_{Atmo} : Pression atmosphérique en Pa (fonction de l'altitude et le temps).
- g : Accélération de la pesanteur ($\approx 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$).
- ρ : Masse volumique de l'eau ($\approx 1000 \text{ kg.m}^{-3}$, fonction de la température).

Le capteur OTT Orpheus Mini (voir Figure 7) du fournisseur OTT France a été retenu pour sa simplicité de fonctionnement et de mise en place. Une sonde enregistreuse mesure la pression hydrostatique par déformation d'une membrane céramique et compense automatiquement l'influence de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. La sonde est reliée par un câble à une unité de communication infra-rouge, alimentée par des piles. L'unité de communication est située au dessus des Plus Hautes Eaux (PHE) car elle est immersible seulement 24h (voir Figure 8). La lecture des données se fera par l'intermédiaire d'une tête de lecture vers le logiciel d'acquisition des données installé sur l'ordinateur portable, transporté par la personne en charge du relevé des données. Le capteur sera placé dans un tube de façon à être protégé du courant de la rivière. Le bas de ce tube est percé par plusieurs trous de façon à équilibrer le niveau d'eau dans le tube avec celui de la rivière. La sonde est située en dessous des Plus Basses Eaux (PBE) (voir Figure 8).

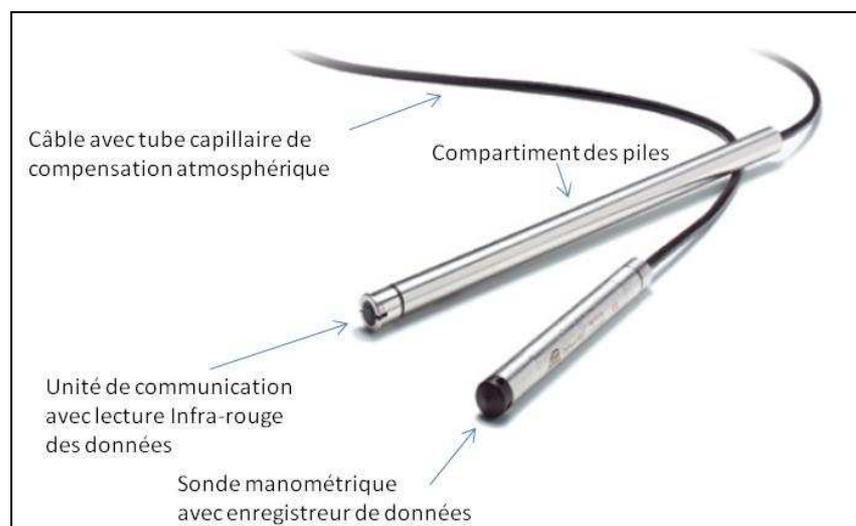


Figure 7 : Photographie du capteur OTT Orpheus Mini

Juillet-Novembre 2010

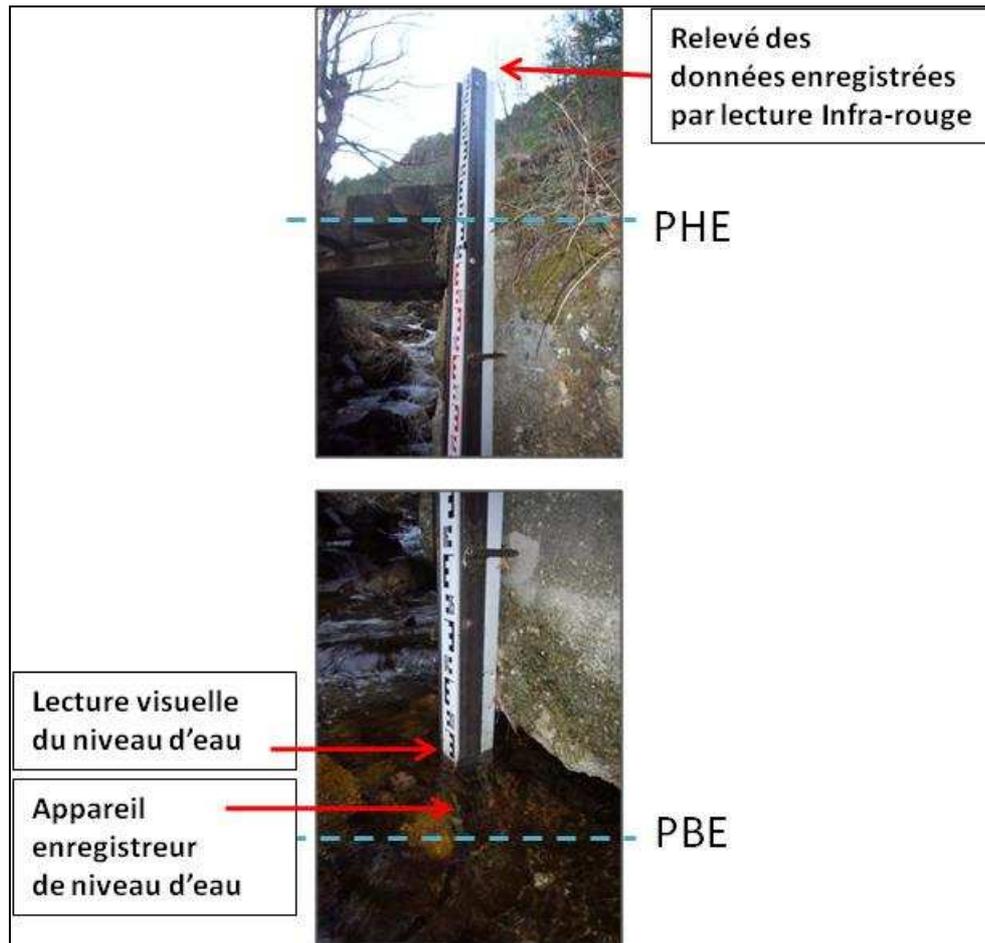


Figure 8 : Schéma d'une station hydrométrique

Les contraintes de coût pour la mise en place, ne nous permettent pas d'envisager des travaux de maçonnerie que ce soit pour canaliser l'écoulement, construire un contrôle hydraulique (seuil) ou un support pour fixer l'échelle limnimétrique et le limnimètre. Cela nous oblige à choisir un emplacement pour la station hydrométrique qui satisfasse à la fois les contraintes :

- o fidélité : à l'amont d'un seuil naturel formé par des rochers ou à l'amont d'un rétrécissement occasionné par un pont.
- o sensibilité : section maximale de largeur inférieur à 5 m.
- o accessibilité : lit de la rivière peu encaissée et échelle accessible de la piste rurale ou de la route départementale.
- o techniques : disponibilité d'un support de fixation (bloc de taille supérieur à 2 m, mur d'un pont ...).

Juillet-Novembre 2010

Lors du stage de Pierreloup Ducroix en 2009, 7 sections de la rivière de Nohèdes ont été jaugées. Au regard de la problématique plus large du projet actuel, une nouvelle prospection faite en Juillet-Aout 2010, a conduit au choix des quatre stations hydrométriques suivantes (voir localisation à la Figure 3).

- **Station 4 (S4) : l'amont du répartiteur de débit**

Cette station est située sur le cours d'eau supérieur de la rivière de Nohèdes, à l'amont de l'ouvrage de répartition alimentant l'*Estany del Clot*. Le bassin versant drainé est de 3,83 km².

- **Station 3 (S3) : le « Pont de Coma Pregona »**

Cette station est située sur la rivière de Torrelles, affluent majoritaire de la rivière de Nohèdes. L'échelle est située à l'amont immédiat de sa confluence avec la *ribera de Nohèdes*, l'objectif de cette station est donc de suivre la contribution en eau de l'affluent majoritaire de la *Ribera de Nohèdes* : la *Ribera de Torrelles*. La vallée de Torrelles est drainée sur une surface de 5,89 km².

- **Station 1 (S1) : le « Pont des Peupliers »**

Cette station est proche de l'exutoire du bassin versant de Nohèdes. Cette station se situe aussi à l'amont des pertes d'eau de la rivière de Nohèdes dans le karst, L'objectif de la station est donc le suivi du comportement des pertes. La surface drainée est de 26,71 km².

- **Station 2 (S2) : le pont des Betllans**

Cette station est située à l'aval du hameau de Betllans et à l'aval des pertes. L'objectif de la station est donc le suivi du comportement des pertes. La surface drainée est de 32,96 km².

Le dossier de chaque station est réalisé (voir Annexe 1, 2, 3 et 4). Il comporte la localisation sur carte IGN et sur les cadastres, un croquis de la station, sa description détaillée, et des photographies de la station en étiage, en moyennes eaux et en crue.

Les autorisations des mairies et des propriétaires privés ont été acquises après vérification dans le cadastre. Le CG66 a aussi été avisé. Une demande de subvention pour le financement des capteurs envisagés a été demandée à la DREAL, ce qui a engendré la rédaction d'un dossier de demande de subvention transféré à la FRNC, qui autorise les budgets des RN adhérentes.

Juillet-Novembre 2010



Figure 9 : Photographies des échelles des stations des Peupliers et de Betllans pour différents débits de la Ribera de Nohèdes.

III-1-c-Conception et mise en place des stations hydrométriques

La conception des échelles s'est faite avec l'aide de deux artisans soudeurs : M. Alain Champagnat pour les échelles de la station des Peupliers et de celle de Betllans ; puis avec celle de M. Peter Thijs pour celles du Pont de Coma Pregona et du Répartiteur de débit. La mise en place de la station hydrométrique s'est faite avec l'aide du spéléologue Bart Raymaekers. Les plans du montage ont été réalisés à l'aide du logiciel de conception : AutoCAD et sont visibles en Annexe 5 et 6.

La station hydrométrique est composée d'une mire montée sur un U en acier (80 x 40 x 6 mm), Sur ce U, un carré en aluminium (40 x 40 x 2 mm) est fixé par des rivets ($\Phi=4,8$; $L=15,1$ mm) dans lequel sera inséré un tube en Plymouth qui contiendra la sonde manométrique OTT Orpheus Mini. Le tube est en Plymouth de façon à éviter un éclatement lors du gel du cours d'eau. L'échelle est fixée au U en acier tous les 500 mm, par une tige filetée de diamètre de 7 mm, serrée par 2 écrous M7. Ce montage est scellé chimiquement au support par des ronds à béton de diamètre 10 mm, soudés sur les ailes du U en acier. Un capuchon en acier est placé sur le carré en aluminium. Ce capuchon est accroché au U en acier par un cadenas, de façon à protéger la sonde manométrique contre la détérioration. L'eau de la rivière monte dans le tube en Plymouth par des trous de 5 mm faits dans le carré en aluminium.

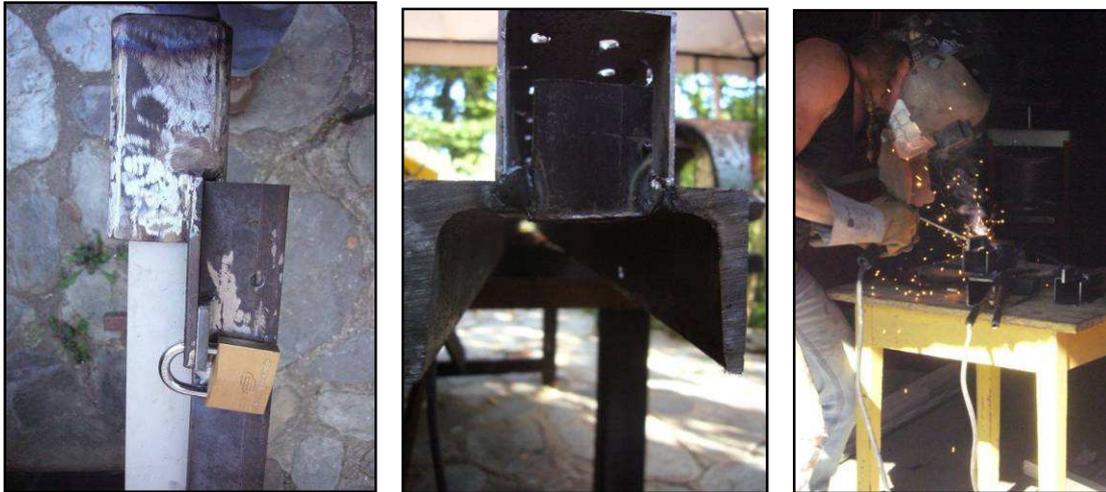


Figure 10 : Photographies du haut (capuchon et cadenas) et du bas du support (crépinage du tube aluminium) (gauche) et du soudage (droite).

III-2-Collecte de données

III-2-a- Les mesures de débits

o Le matériel utilisé :

Des jaugeages au moulinet ont été effectués pour situer et évaluer la perte de débit de la rivière par des séries de mesures en amont et en aval du tronçon détecté en 2009, puis pour réaliser les courbes de tarages des échelles limnimétriques. Des séries de mesures ont également été effectuées à proximité de l'emplacement des stations « Amont du répartiteur » et « Coma Pregona ». Le moulinet permet de mesurer la vitesse ponctuelle d'un écoulement, le calcul du débit se fait ensuite par interpolation des vitesses ponctuelles réparties sur plusieurs verticales positionnées sur l'ensemble de la section de jaugeage. Cette interpolation est réalisée par dépouillement des données dans le logiciel libre HYDRACCESS, développé par l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement).

Le moulinet utilisé est muni de l'hélice 2030R GENERAL OCEANICS (voir Figure 11), fournie par la société SDEC France. Elle est fixée sur une canne rétractile que l'on place face au courant. Le compteur, situé dans l'hélice, permet d'obtenir le nombre de tour d'hélice effectué pendant la durée choisie par l'expérimentateur. La vitesse du courant est déduite par la courbe d'étalonnage fournie par le constructeur (voir Annexe 7).

Juillet-Novembre 2010

Sous HYDRACCESS, on insère les caractéristiques de cette hélice, soit les 3 couples de coefficient (A, B) des portions de droite de l'étalonnage avec les limites de validité. La méthode de jaugeage au moulinet utilisée est la méthode générale, qui consiste à répartir au mieux les mesures de vitesse sur la profondeur de chaque verticale.

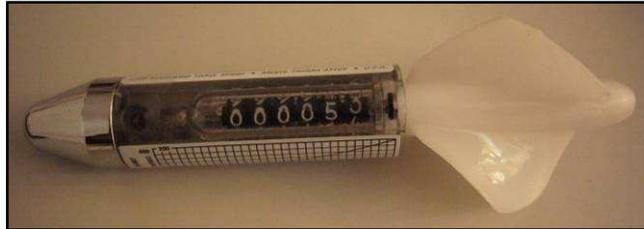


Figure 11 : Hélice 2030R GENERAL OCEANICS

o Les sections de jaugeage

On recherche des sections avec des écoulements peu perturbés (remous causés par des obstacles ou à une forte pente, recirculations) pour faire les jaugeages. En étiage, le jaugeage se fait dans une section de faible largeur (voir Figure 12) de façon à avoir des vitesses assez grandes pour être mesurables par le courantomètre. En forte crue le jaugeage ne peut se faire qu'à partir des ponts.



III-2-b- Les mesures de conductivité

La conductivité est liée à la minéralisation de l'eau au travers des roches. La conductivité nous permet de distinguer deux types d'eaux différentes :

- Les eaux de source (conductivité entre 150 et 500 microS/cm)
- Les eaux de ruissellement (conductivité < 100 microS/cm)

Par ailleurs, parmi les eaux à forte conductivité, on distingue les eaux karstiques (conductivité < 500 microS/cm) des eaux schisteuses (conductivité < 200 microS/cm).

L'augmentation de la valeur de la conductivité d'une mesure de conductivité à l'autre dans la *Ribera de Nohèdes*, permet donc de localiser des apports hydriques plus minéralisés que l'eau de la rivière (majoritairement carbonatés), qui percolent à travers les roches riveraines vers la rivière de Nohèdes. Le 2/11/2010, la conductivité a été mesurée sur l'ensemble de la *Ribera de Nohèdes* jusqu'au hameau de Betllans. Ce premier point se situe avant la confluence la *Ribera de l'Home Mort* avec la source : Forn de la Pega (voir Figure 13). Le dernier point se situe au niveau de la station hydrométrique de Betllans. Les mesures ont été faites à l'aide du conductimètre HI 98129, HANNA INSTRUMENTS (voir Figure 13), en essayant de garder une distance constante entre chaque point de mesure. Les mesures sont en $\mu\text{Siemen}/\text{cm}^{-1}$ et sont compensées en température. La localisation des points des mesures a été faite par GPS (Emap, GARMIN) ou sur carte lorsque la réception des satellites n'était pas bonne.



Figure 13 : Gauche : Conductimètre HI 98129, HANNA INSTRUMENTS, Droite :
Forn de la Pega

Juillet-Novembre 2010

III-3-Stockage et traitement des données

III-3-a- Les mesures de débits

La saisie des données et le dépouillement des jaugeages se fait sous Hydraccess. Les débits sont enregistrés par station hydrométrique. Un exemplaire des données du jaugeage est imprimé et archivé dans le dossier de la station.

Le traitement des données sous Hydraccess est le suivant :

- o Saisie et dépouillement des jaugeages (module Dépouillement)
- o Élaboration des courbes de tarage (module Calibra).
- o Mise à jour de la table des hauteurs d'eau relevées aux échelles par lecture visuelle (Importation de cotes)
- o Transformation des hauteurs d'eau en débits (Traduction des côtes en débit)

III-3-b- Les mesures de conductivité

La saisie des données de conductimétrie et leur localisation s'est faite sur tableur Excel et sur table de données du logiciel Mapinfo (Coordonnées en Lambert II Carto).

IV-Résultats et Analyses

IV-1- Description d'un événement pluvieux automnal rare

Du 9 au 13 octobre 2010, il s'est déroulé un événement pluvieux et orageux conséquent et durable. Un phénomène de cette intensité et de cette ampleur, à la fois géographique et temporelle, est relativement rare (Description du bulletin de vigilance régional pour la région Sud-Est de Météo France). Le cumul pluvieux de cet événement est de 272 mm (voir Tableau 1). La rivière de la Têt a été classée en vigilance jaune (Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées) pendant cet événement par le site internet Vigicrue. Le débit de la rivière de Nohèdes (*Ribera de Nohèdes*) a augmenté très rapidement (voir Tableau 1). On note que l'abréviation (extrap.) indique que les débits ont été extrapolés de la courbe de tarage.

Juillet-Novembre 2010

De plus le cours d'eau a débordé sur son lit majeur en certains endroits comme le montre la Figure 14 ainsi que les nombreuses laisses de crue, visibles après l'arrêt des pluies. Cet événement a provoqué le ruissellement de surface sur plusieurs ravins (Chemin de Carbodell) ainsi que l'activation de plusieurs résurgences sur le massif karstique du Coronat au niveau de la Coma dels Tallats et de la Llisera del Rabato déjà connues (voir Figure 15).



Figure 14 : Photographies de la surverse de la rivière par-dessus les passages à gués et du déplacement d'une partie de l'écoulement sur les pistes
De gauche à droite : à la Ribera de Torrelles, à la Ribera de Nohèdes



Figure 15 : Photographies des résurgences temporaires, de gauche à droite :
à la Llisera del Rabato et à la Coma dels Tallats

Date	Pluie cumulée (mm)	Hauteur à S1 (cm)	Hauteur à S2 (cm)	Débit à S1 (L/s)	Débit à S2 (L/s)
------	--------------------	-------------------	-------------------	------------------	------------------

Juillet-Novembre 2010

09/10/10	6,5	22,5	-	154	> 48
10/10/10	61,9	-	90	<3500 (extrap.)	3000 (extrap.)
11/10/10	164,4	87	97	3500 (extrap.)	3500 (extrap.)
12/10/10	241	97	105	4500 (extrap.)	4100 (extrap.)
13/10/10	271,9	85	83	3400 (extrap.)	2500 (extrap.)

Tableau 1 : Évolution journalière de l'événement pluvieux et de ses impacts sur la rivière de Nohèdes

Cet évènement pluvieux ayant eu lieu quelques jours après la pose de 2 échelles limnimétriques, l'étalonnage de ces 2 échelles a pu être réalisé pendant la décrue par des mesures de jaugeages correspondant à des débits variés.

[IV-2-Les courbes de tarage](#)

[IV-2-a-Élaboration des courbes de tarage](#)

Les relations hauteur d'eau – débit issues des tarages nous ont permis d'obtenir 2 courbes d'étalonnages (voir Figure 18 et 19).

On note que le débit 1200 L/s (correspondant à une hauteur de 57 cm aux 2 échelles) a été jaugé à l'amont de la station des Peupliers à partir du pont situé dans le Gorg del Servi. Ce pont est situé à l'amont de 3 résurgences karstiques temporaires (voir Figures 15). Ce débit a été attribué aux 2 stations comme indication pour l'extrapolation de la courbe de tarage. Ce débit est une estimation à la baisse du débit de crue car il existe des apports d'eau (résurgences karstiques, ruissellement du versant schisteux et du versant calcaire) entre la section de jaugeage et entre la station des Peupliers ainsi qu'entre la station des Peupliers et celle de Betllans.

La relation Q/h doit être définie dans la totalité de l'intervalle de variation des hauteurs de l'échelle limnimétrique. La courbe de tarage a donc été créée en 2 morceaux par les méthodes suivantes :

Juillet-Novembre 2010

- o Les débits jaugés ont été interpolés sur le logiciel Hydraccess (module CALIBRA) à l'aide d'un ajustement potentiel.

$$Q = a \times (H - H_0)^p \quad (\text{Eq. 2})$$

Avec :

- H : Hauteur d'eau à l'échelle (cm)
- Q : Débit jaugé (m³/s)
- a, p et H₀ : Paramètres de l'ajustement calculés par CALIBRA.

H₀ est la valeur de la cote pour laquelle le débit s'annule. Cette valeur peut être optimisée par CALIBRA, ou imposée par l'utilisateur (cette situation n'a pas observée pendant la période d'étude de la Ribera de Nohèdes).

- o Les 2 courbes de tarage ont été extrapolées à partir d'une hauteur supérieure à 35 cm (correspondant à 500 L/s) et 42 cm (correspondant à 550 L/s), respectivement pour la station des Peupliers et celle de Betllans par la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K \times i^{0,5} \times Rh^{2/3} \times S \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec :

- Q : Débit (m³/s)
- S : Surface mouillée (m²)
- P : Périmètre mouillé (m)
- Rh : Rayon Hydraulique (m)
- Rh : S (m²) / P (m)
- i : Pente de la ligne d'eau (m/m)
- K : Coefficient de Strickler (inverse du coefficient de Manning représentant la rugosité de la section).

L'utilisation de la formule de Manning-Strickler nécessite la réalisation des profils en travers de façon à obtenir Rh et S. On obtient généralement i en réalisant des profils en long de la station hydrométrique. Dans notre cas, l'absence de relevée topographique (car cela nécessiterai l'utilisation d'instruments de topographie) nous a conduits à réaliser seulement le profil en travers de chaque station hydrométrique à la section de l'échelle correspondant à la cote des plus grandes eaux (voir Annexe 1, 2 et 3, partie

Juillet-Novembre 2010

4)). Le produit $K \times i^{0,5}$ est alors déduit de la formule de Manning - Strickler à l'aide des courbes $S = f(H)$ et $P = f(H)$ pour chaque cote jaugée et pour chaque débit jaugé. On obtient alors une courbe : $K \times i^{0,5} = f(H)$ (Figure 16 et 17). Par exemple dans le cas de la station de Betllans, pour $H = 42$ cm, on obtient $K \times i^{0,5} = 1,26$ et pour $H = 57$, on obtient $K \times i^{0,5} = 1,48$, ce sont donc ces valeurs qui serviront de limites pour la variation linéaire de $K \times i^{0,5}$ entre 42 et 57 cm. On prendra $K \times i^{0,5}$ constant à 1,48 entre 57 et 105 cm.

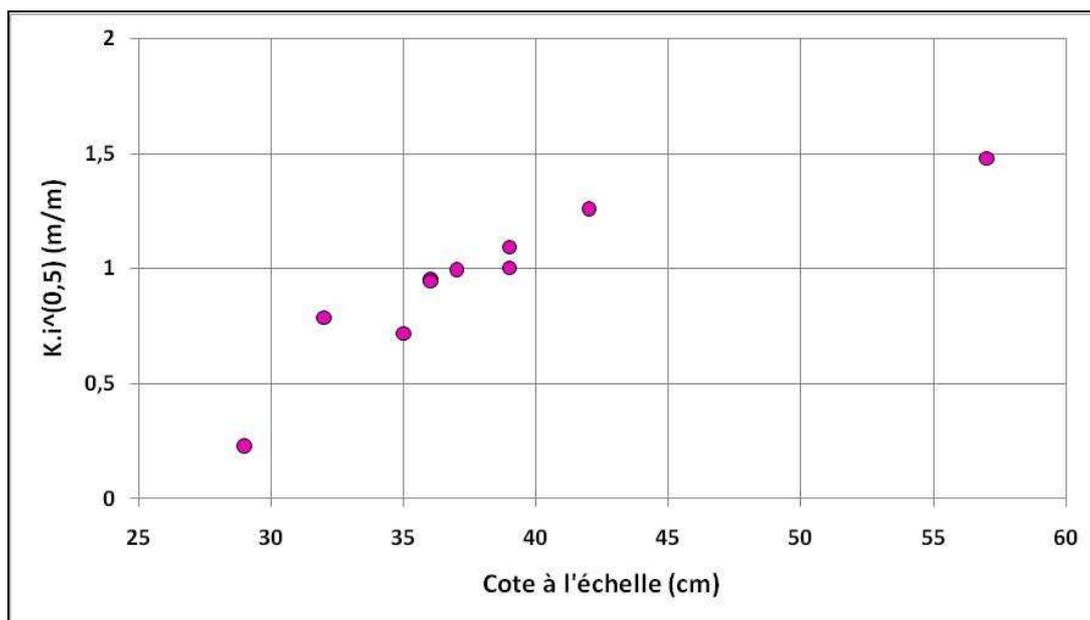


Figure 16 : Relation entre $K \times i^{0,5}$ et la cote à la station hydrométrique de Betllans

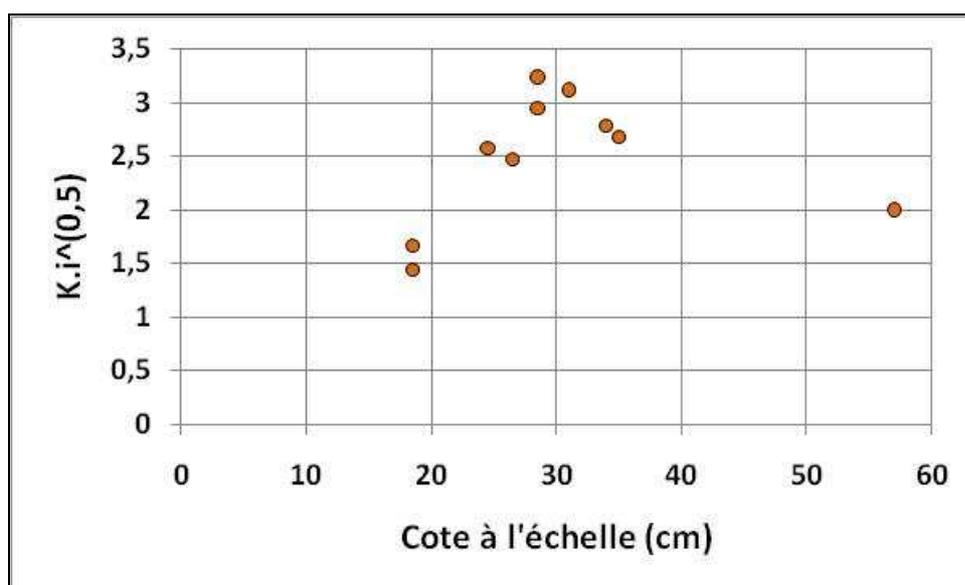


Figure 17 : Relation entre $K \times i^{0,5}$ et la cote à la station hydrométrique des Peupliers

Juillet-Novembre 2010

On note qu'une extrapolation du bas de la courbe de tarage n'a pas été nécessaire car le débit correspondant à la cote la plus basse observée a été jaugé.

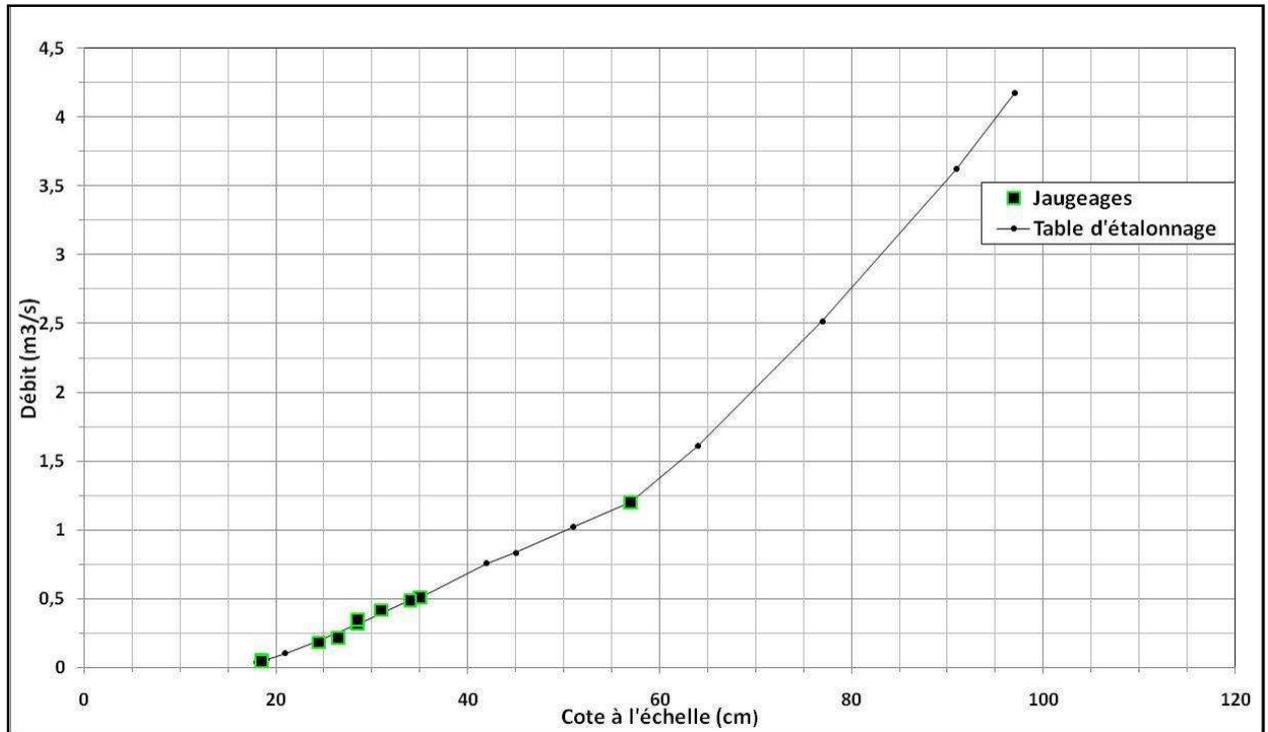


Figure 18 : Courbe de tarage de la station hydrométrique des Peupliers

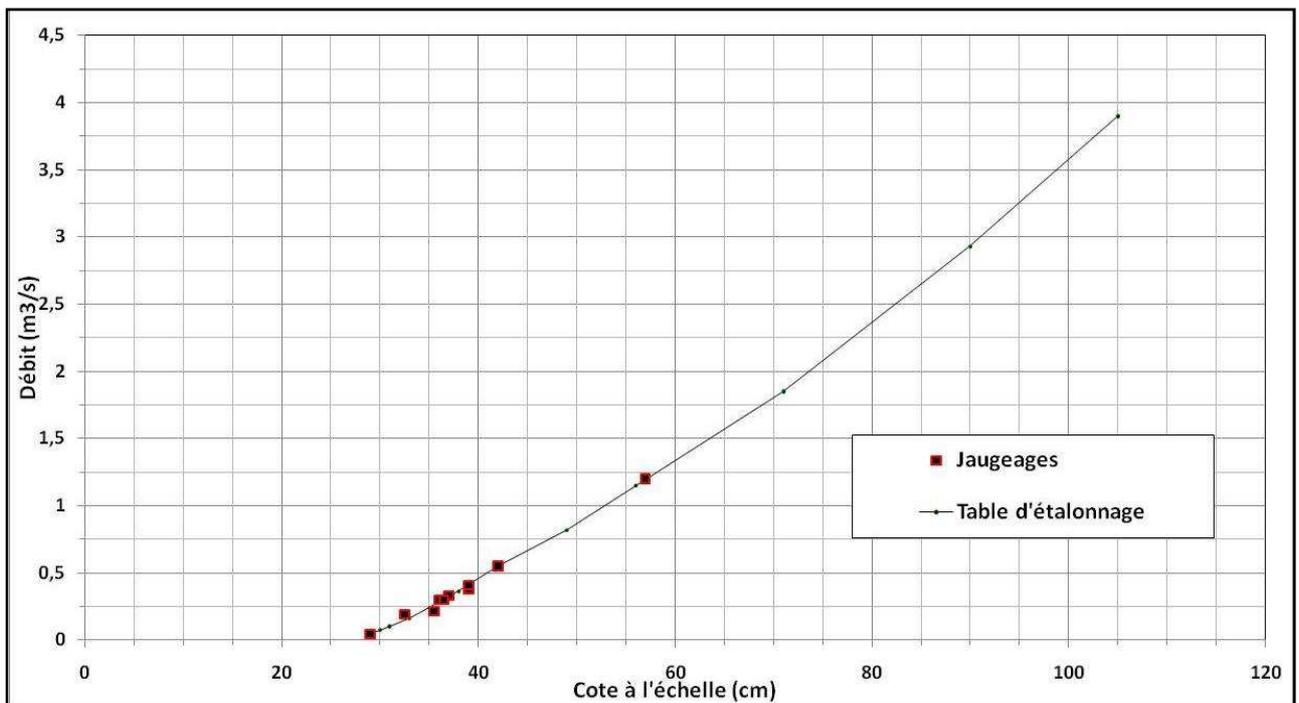


Figure 19 : Courbe de tarage de la station hydrométrique de Betllans

Juillet-Novembre 2010

IV-2-b -Critiques des courbes de tarage

L'utilisation des courbes de tarage pour des débits > 500L/s obtenues par extrapolation de la formule de Manning Strickler doit être fait avec précaution car leur pertinence est remise en cause pour les raisons suivantes :

- o Les profils en travers n'ont été effectués qu'au niveau de la section de l'échelle (il est recommandé de le faire à l'amont, au niveau et à l'aval de la section de l'échelle) sans l'utilisation de matériel de topographie.
- o La lecture du niveau d'eau en crue est imprécise (± 2 cm).
- o $K \times i^{0.5}$ a été estimé, par l'intermédiaire des profils en travers et des plus hauts débits jaugés alors que ce paramètre varie en fonction de la cote.

L'utilisation des courbes de tarage pour des débits < 500 L/s est assez fiable dans la mesure où elle a été réalisée à partir de 9 jaugeages. Cependant certaines imprécisions sont à prendre en compte :

- o Une imprécision de la mesure de la vitesse en faible vitesse (l'hélice ne mesure pas des mesures < 10 cm/s).
- o Une imprécision de $\pm 10\%$ est couramment admise pour la mesure du débit (Banque HYDRO, 1998)
- o Le manque de jaugeage pour les débits < 200 L/s.
- o Les jaugeages ont été effectués majoritairement pendant la décrue de la rivière : en cas d'une relation non univoque entre hauteur et débit, la relation $Q=f(H)$ est différente si l'on est sur la courbe de crue ou celle de décrue.

A ces imprécisions s'ajoute l'erreur de lecture du niveau d'eau aux échelles est de 1 cm, ce qui correspond sur l'intervalle des débits jaugés à une erreur sur le débit traduit du relevé de la cote de 35 à 4% (voir Figure 20). Cette erreur sur le débit dépend de la sensibilité de chaque station hydrométrique et diminue avec le débit.

L'erreur sur les débits mesurés à la station, exprimée en % du débit mesuré par cm, doit être la plus petite possible.

Juillet-Novembre 2010

Elle se calcule par la formule suivante :

$$\text{Erreur sur le débit en \% par cm} = \frac{\Delta Q/Q}{\Delta H} \quad (\text{Eq. 4})$$

Avec : ΔH : variation de hauteur et ΔQ : variation de débit

Les couples (ΔH , ΔQ) sont calculés à partir de 2 points consécutifs de la courbe de tarage : (H_1 , Q_1) et (H_2 , Q_2). Q correspond au débit Q_2 . On note que la station des Peupliers est un peu plus sensible que la station de Betllans sur l'intervalle des débits jaugés.

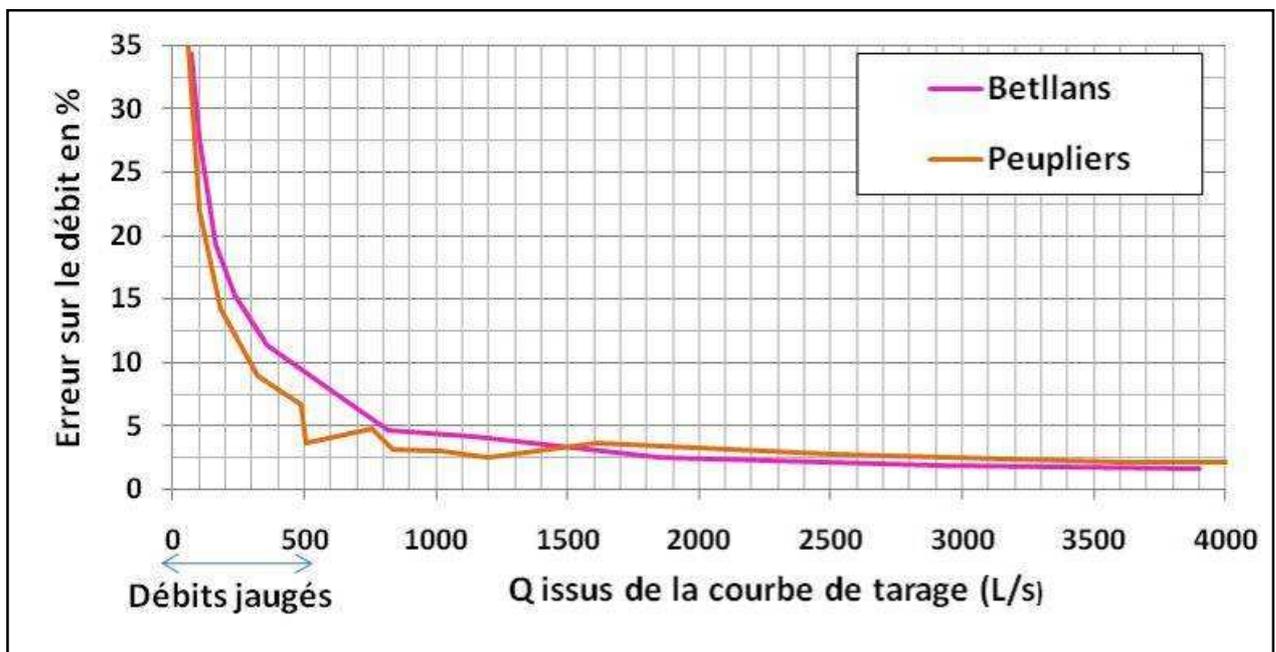


Figure 20 : Évaluation de la sensibilité des stations hydrométriques de Betllans et des Peupliers sur l'intervalle des débits de la courbe de tarage.

IV-3-La réponse du bassin versant à la pluviométrie

IV-3-a- Analyse de la réponse du bassin versant à la pluviométrie

La montée de la crue et de la décrue ont été suivies quotidiennement aux 2 stations hydrométriques déjà mises en place : la station n°1 des Peupliers et la station n°2 de Betllans, puis par la suite la station n°3 : Pont de Coma Pregona. Ce suivi s'étend du 5 octobre au 14 décembre 2010. Nous centrerons notre analyse sur les résultats obtenus aux 2 premières stations mises en place.

Les débits sont traduits des hauteurs d'eau relevées, par l'intermédiaire des courbes de tarages précédemment établies. Ils permettent d'obtenir 2

Juillet-Novembre 2010

hydrogrammes. Le hyétogramme des précipitations a été construit avec les données relevées au pluviomètre de Nohèdes. Il n'y a malheureusement pas de suivi de la température journalière à la réserve ou en altitude, les remarques s'appuyant sur des changements de température et ainsi que leur influence sur les cours d'eau et les lacs en altitude proviennent d'observations personnelles ou rapportées par les acteurs du bassin versant.

Le limnigramme en relation avec le hyétogramme des précipitations et les observations sur les changements de la température montre la sensibilité des échelles aux précipitations.

- Les différents évènements pluvieux ont augmenté le niveau de l'eau (voir n°1 de la Figure 21).
- Les premières chutes de neige ont été stockées en altitude et la diminution de la température le gel des lacs et des cours d'eau en altitude, a diminué progressivement le niveau de l'eau (voir n°2 de la Figure 21).
- Un redoux sur quelques jours a augmenté par la suite le niveau de l'eau (voir n°3 de la Figure 21).
- Le retour des basses températures provoque un nouveau gel des cours d'eau, ce qui diminue le niveau de l'eau (voir n°2 de la Figure 21).

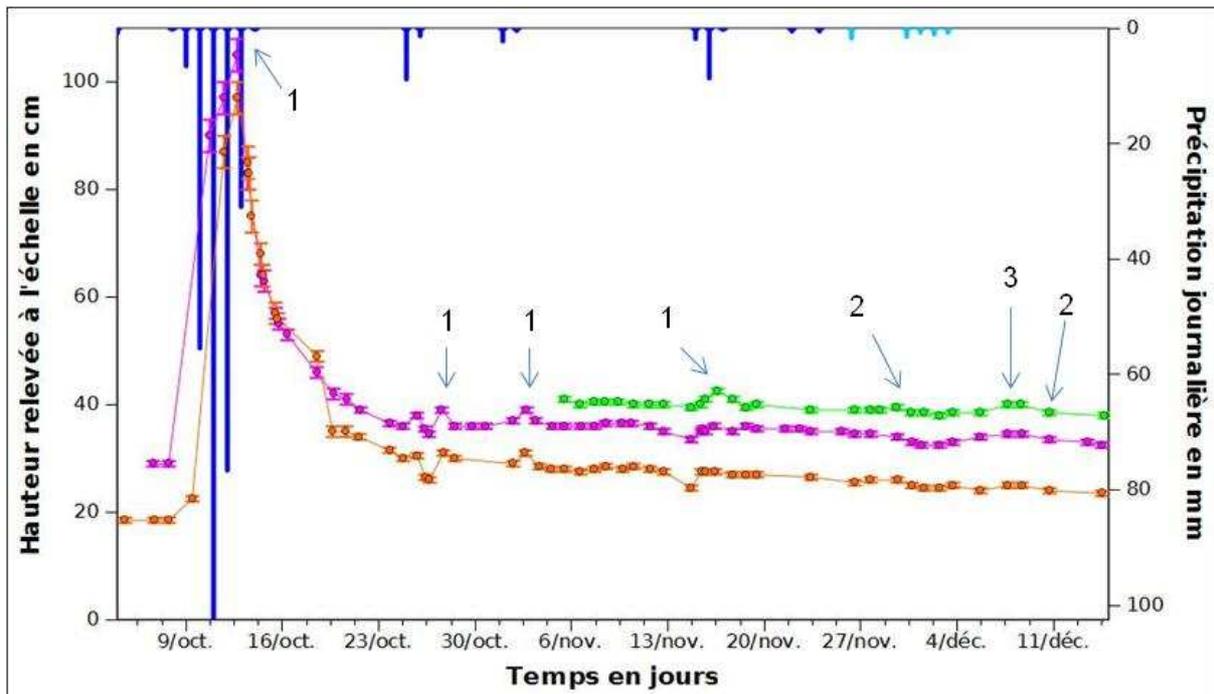


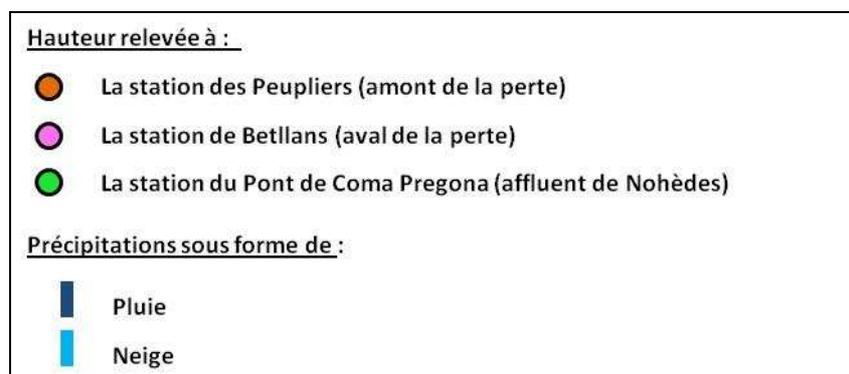
Figure 21 : Limnigramme et hyétogramme à partir du 7 octobre aux 3 stations hydrométriques mises en place : Peupliers (S1), Betllans (S2) et Pont de Coma Pregona (S3).

Légende de la Figure 21

1 : Événements pluvieux

2 : Chutes de neige et diminution de température

3 : Augmentation de température



Les hydrogrammes obtenus (voir b) des Figure 22 et 23) nous permettent d'identifier : la courbe de crue, le débit de pointe, la courbe de décrue ainsi

Juillet-Novembre 2010

que le tarissement du cours d'eau bien qu'il soit par la suite perturbé par de petits événements pluvieux (cumul de 10 mm ou moins). La méthode de détermination de la fin du ruissellement repose sur le schéma de Maillet établie par l'auteur éponyme en 1906, qui consiste à identifier chaque composante du débit total (ruissellement superficiel, écoulement souterrain) à la vidange d'un réservoir.

Pour un réservoir, le débit de vidange à partir de l'instant t_0 est :

$$Q(t) = Q_0 \times e^{-k(t-t_0)} \quad \text{(Eq. 5)}$$

Avec :

- t_0 : temps correspond au début de l'écoulement de nappe [T]
- Q_0 : débit correspondant au début du tarissement [$L^3.T^{-1}$]
- k : constante de vidange du réservoir du bassin versant [T^{-1}]

Sur l'hydrogramme : $\ln(Q)$ en fonction du temps, on détermine la fin du ruissellement par l'abscisse pour laquelle on observe une cassure dans la pente de la décrue, ce qui correspond au 24 octobre sur la figure 18. Le début du ruissellement (=pluie nette) est fixé au 10 octobre par observation visuelle sur le terrain. Le temps de réponse se calcule par différence de la date du pic de pluie avec celle de la pointe de crue. Le temps de base se calcule par différence de la date du début du tarissement (=fin du ruissellement) avec celle du début du ruissellement (voir (a) des Figures 22 et 23).

Légende des Figures 22 et 23 :

<u>Débit ou LN (Q) traduit des courbes de tarage à :</u>	
	La station des Peupliers (amont de la perte)
	La station de Betllans (aval de la perte)
<u>Précipitations sous forme de :</u>	
	Pluie
	Neige
<u>Mesure de tarage à proximité de la :</u>	
	La station des Peupliers (amont de la perte)
	La station de Betllans (aval de la perte)

Juillet-Novembre 2010

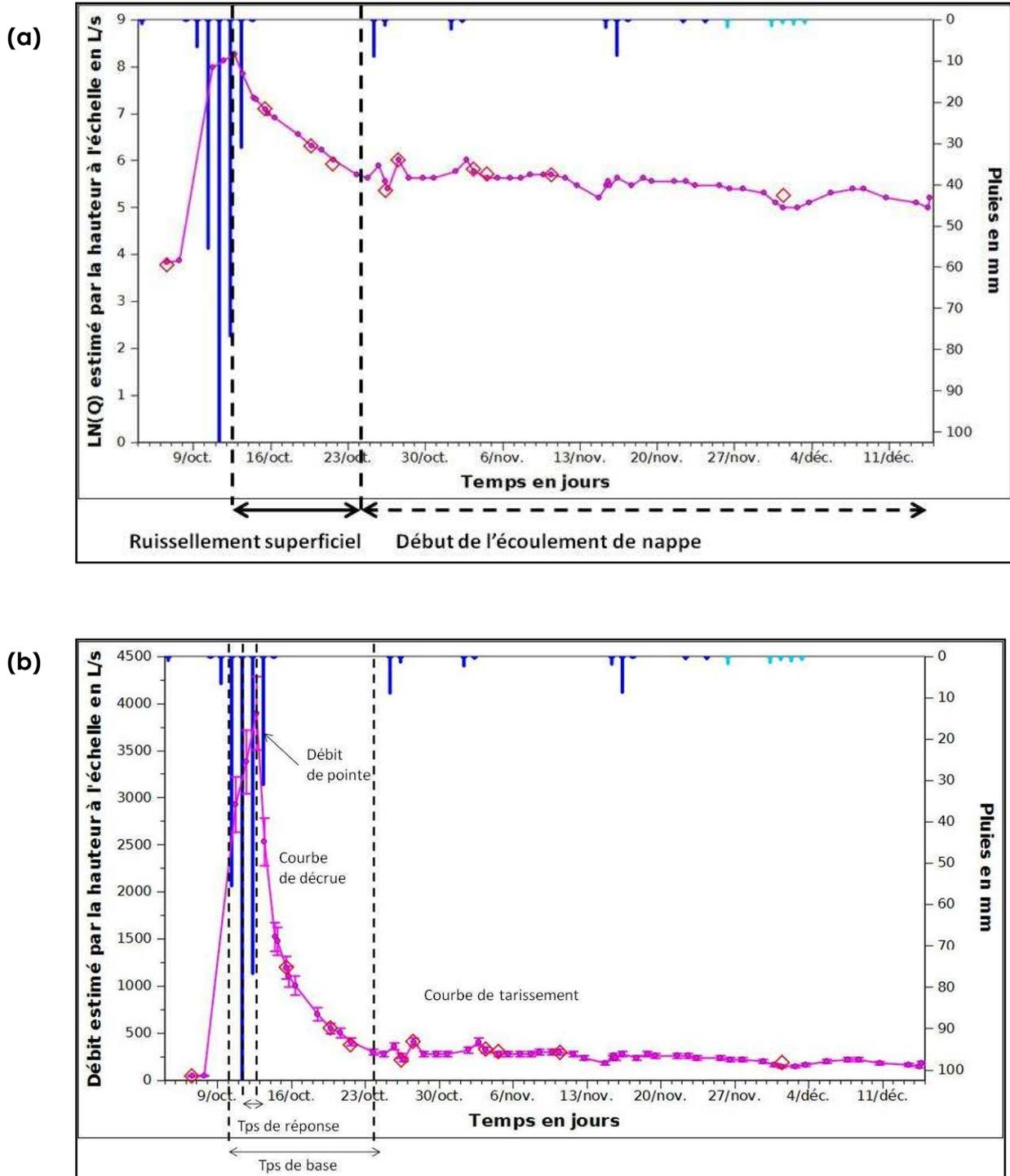


Figure 22 : Hydrogrammes ((a) avec $LN(Q) = f(t)$ et (b) avec $Q = f(t)$) et hyétogramme à la station de Betllans (S2)

Juillet-Novembre 2010

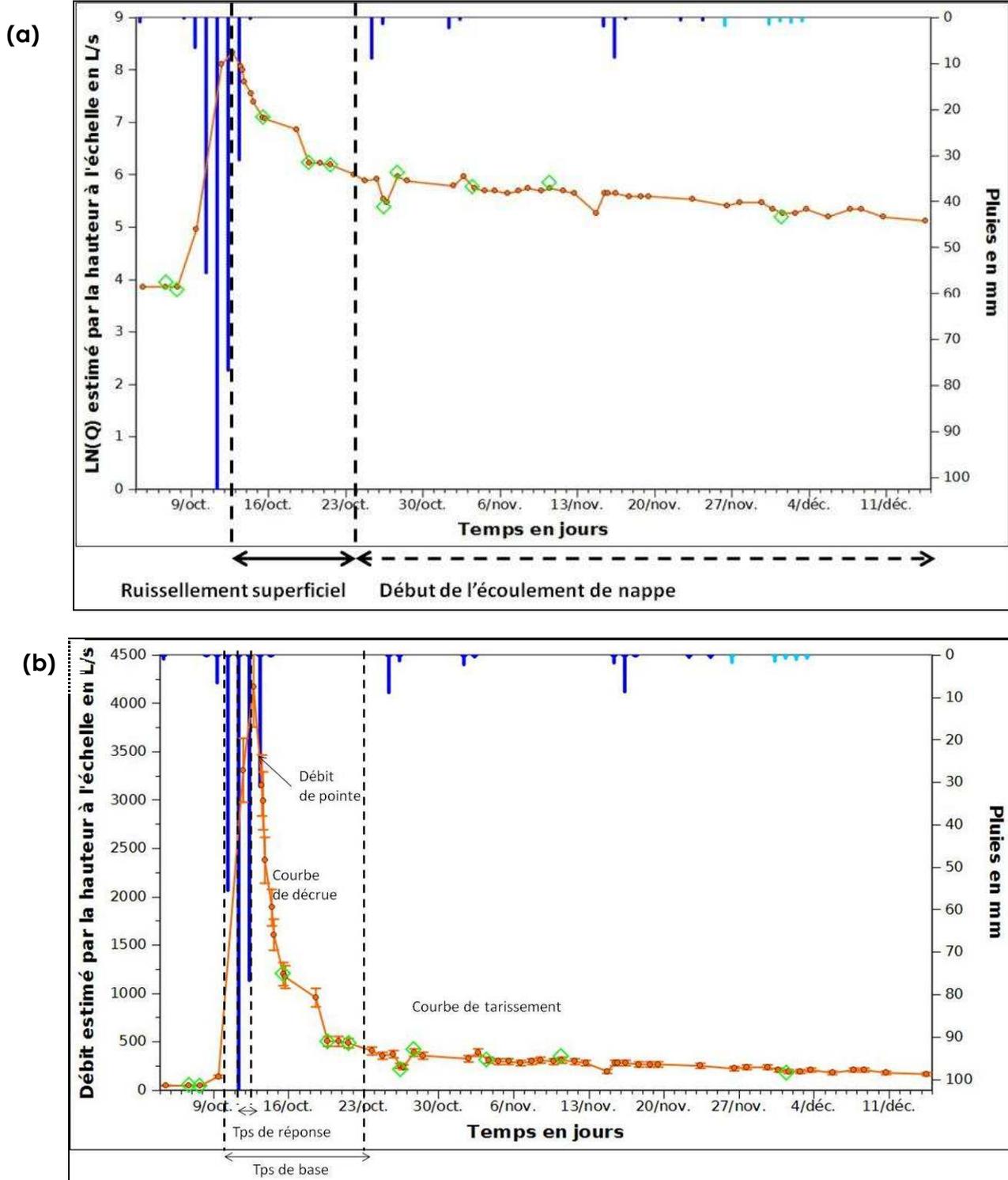


Figure 23 : Hydrogrammes ((a) avec $LN(Q) = f(t)$ et (b) avec $Q = f(t)$) et hyétogramme à la station des Peupliers (S1)

Juillet-Novembre 2010

Dénomination	Valeurs	Date
HyétoGramme (Pluviomètre de la réserve de Nohèdes)		
Pic de pluie (mm)	164,4	11/10/10 8:00
Hydrogramme n°1 (Station des Peupliers)		
Début du ruissellement (L/s)	<3500 (extrap.)	10/10/10 17:30
Pointe de crue (L/s)	4200 (extrap.)	12/10/10 17:15
Début du tarissement (L/s)	360	24/10/10 18:21
Hydrogramme n°2 (Station de Betllans)		
Début du ruissellement (L/s)	3000 (extrap.)	10/10/10 17:30
Pointe de crue (L/s)	3900 (extrap.)	12/10/10 16:57
Début du tarissement (L/s)	280	24/10/10 18:09

Tableau 2 : Caractéristiques des hydrogrammes

Temps caractéristiques	Hydrogramme n°1 (S1)	Hydrogramme n°2 (S2)
Temps de réponse (j)	1,39	1,37
Temps de base (j)	14,04	14,03

Tableau 3 : Temps caractéristiques du bassin versant

IV-3-b- Critiques des résultats

La fin du ruissellement se situe après la pointe de crue : l'observation visuelle et graphique de la fin du ruissellement est donc pertinente. Le temps de réponse est de l'ordre de grandeur du pas de temps d'observation de la pluviométrie : la valeur de ce paramètre est donc précise à 24h près, on en conclut que le temps de réponse réel est inférieur à 2 jours. Le temps de base est de 14 jours \pm 24h, il est similaire pour les 2 hydrogrammes.

Les 2 hydrogrammes de crue possèdent des temps caractéristiques et des débits de pointe similaires. Ce résultat est cohérent car les deux stations sont peu éloignées l'une de l'autre (2,35 km de linéaire) et la surface du bassin versant évolue peu entre les 2 stations (la station de Betllans draine une surface supérieur de 6,25 km² par rapport à la station des Peupliers). On sait cependant qu'il existe des apports entre les 2 stations provenant des ravins du versant calcaire, l'origine karstique de ces arrivées d'eau est à étudier lors des prochains événements automnaux (le ravin du Bac, la Coma de Mallargona et le ravin du Clot del Bosc).

Juillet-Novembre 2010

On doit garder à l'esprit que les débits issus de l'extrapolation sont imprécis (voir paragraphe sur la critique des courbes de tarage).

IV-4-Quantification des pertes de la rivière de Nohèdes vers le karst

Des jaugeages ont été réalisés à l'amont et à l'aval de l'emplacement suspecté des pertes, lors de l'étude hydrologique de 2009. La localisation de la perte semble être l'aval du pont de la Coma de Mallargona (voir Figure 3 et 5, ses coordonnées géographiques en Lambert II étendu sont à l'annexe 6), dans une zone marquée par les contraintes de la faille des Mérens.

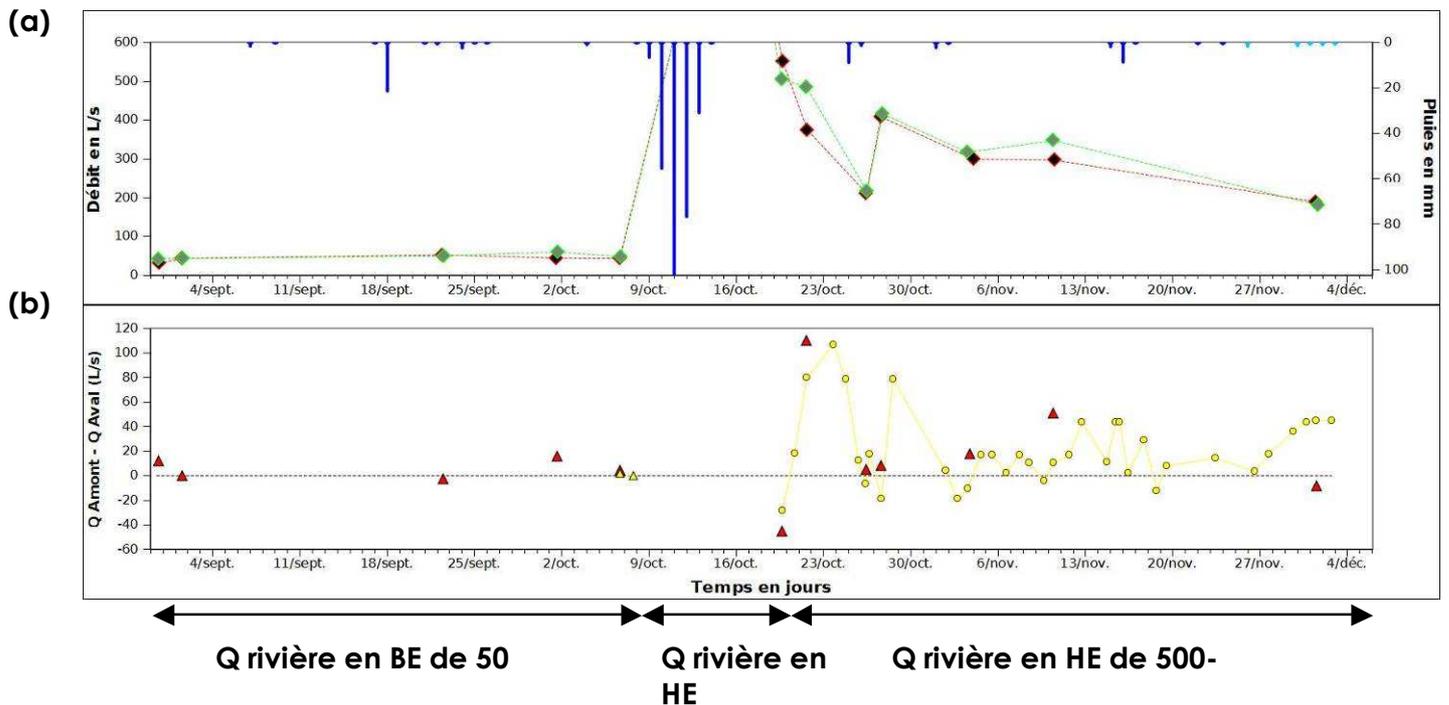


Figure 24 : **(a)** Variation des débits jaugés en fonction du temps

(b) Variation des pertes de la rivière de Nohèdes vers le karst en fonction du temps sur l'intervalle des débits jaugés.

Légende :

Mesure de tarage à proximité de la :

- ◆ La station des Peupliers (amont de la perte)
- ◆ La station de Betllans (aval de la perte)

Calcul de Q Amont – Q Aval à partir de :

- Q Amont et Q Aval provenant de la traduction de H en Q
- ▲ Q Amont et Q Aval provenant des jaugeages

Les valeurs de la perte sont estimées par le calcul Q Amont – Q Aval. Les valeurs de la perte obtenues avec les débits jaugés sont sensiblement égales aux valeurs de la perte obtenues par traduction des hauteurs d'eau aux échelles. Un suivi limnimétrique de la perte semble être pertinent. On note cependant une différence au niveau des dernières mesures de l'étude : les valeurs de la perte obtenues avec les débits jaugés sont plus grandes que les valeurs de la perte obtenues par traduction des hauteurs d'eau aux échelles. Cela s'explique par un manque de jaugeages pour $Q < 200$ L/s.

On observe que la valeur de la perte n'est pas décelée tous les jours et varie jusqu'à 20 L/s en BE (Q rivière de 50 L/s) et jusqu'à 110 L/s en HE (Q rivière de 500-200 L/s). La valeur de la perte mesurée en 2010 comprise dans l'intervalle de variation mise en évidence en 2009 : 20 L/s en BE (Q rivière de 100-50 L/s) à 150-300 L/s en HE (Q rivière de 430-900 L/s).

Les résultats obtenus ne semblent pas confirmer l'existence d'une perte :

- Certains jours, elle n'est pas décelable.
- L'incertitude liée au jaugeage est égale à 10% du débit jaugé (5 L/s pour un débit de 50 L/s et 50 L/s pour 500 L/s).
- L'incertitude liée à la lecture de l'échelle qui est de 35% à 5% du débit traduit de la cote (Soit 25 L/s pour un débit de 50 L/s et 25 L/s pour un débit de 500 L/s).

La présence d'une perte sur la rivière de Nohèdes n'est cependant pas remise en cause car la variation des valeurs de la perte n'est pas une distribution de points centrée sur zéro caractéristique d'une variation liée à une incertitude des mesures.

Certaines hypothèses expliquent l'absence ponctuelle de la perte :

- Quelques jours après les forts événements pluvieux d'octobre, la couche perméable dans laquelle se situe la perte se sature ce qui annule / voire inverse les échanges d'eau entre le karst et la rivière.
- La présence d'un siphon qui prélève ponctuellement une partie du débit de la rivière.

Juillet-Novembre 2010

IV-5-Contribution des sous-bassins versant au débit à l'exutoire

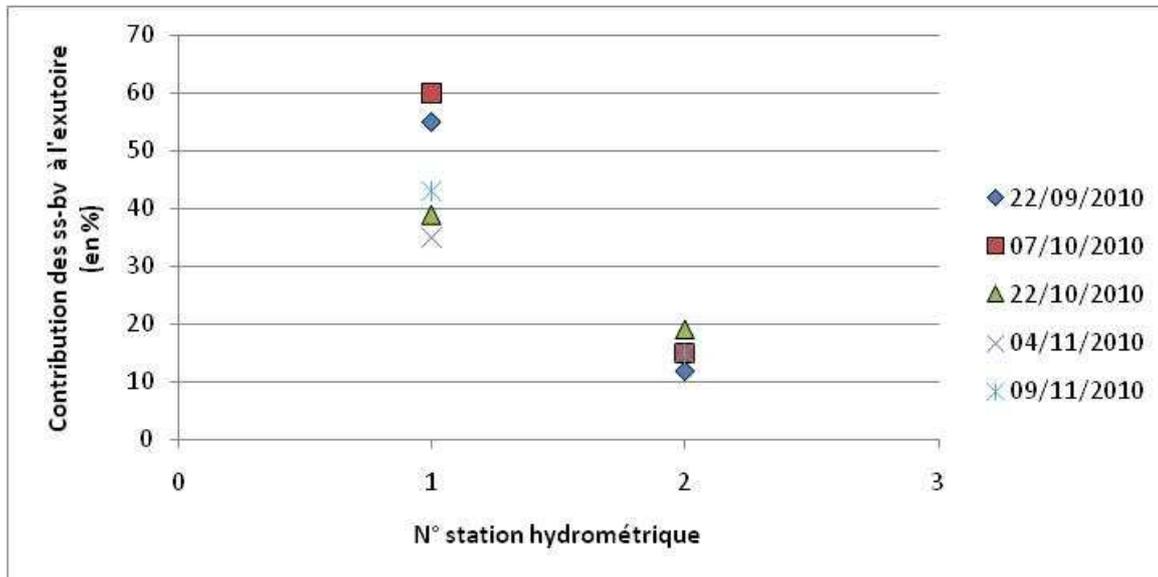


Figure 25 : Contribution des sous-bassins versants à l'exutoire du bassin versant de Nohèdes

Avec la station N°1 : Amont répartiteur, station N°2 : Coma Pregona

On note que la station de Betllans a été choisie comme exutoire du bassin versant, étant donné que la station des Peupliers est située avant la limite de bassin versant de Nohèdes. On observe que la contribution de l'amont du Bassin versant de Nohèdes à l'exutoire du BV de Nohèdes est importante (entre 35 et 60%). Cette valeur est remarquable par rapport à la petite surface de l'amont du bassin versant de Nohèdes : 3,83 km², comparativement à la surface totale du bassin versant drainée par la rivière de Nohèdes passant à la station de Betllans : 32,96 km². Ainsi 12% de la surface du bassin versant drainé contribue à 35-60% du débit du bassin versant. Au contraire, on observe que la rivière de Torrelles contribue seulement à 10-20% du débit passant à l'exutoire du bassin versant de Nohèdes alors que la surface drainée est de 5,89 km², soit 18% de la surface totale drainée à l'exutoire.

Juillet-Novembre 2010

La forte contribution de l'amont du bassin versant s'explique par sa rétention importante d'eau (voir description de l'amont du bassin versant de Nohèdes). La faible contribution de la rivière de Torrelles s'explique par le prélèvement du canal d'irrigation d'Urbanya et par le drainage des tourbières, situées au dessus de ce canal ainsi que par la géologie du bassin versant de Torrelles, qui possède un sous-sol schisteux. Ces valeurs montrent que l'alimentation en eau du bassin versant de Nohèdes se fait essentiellement par l'amont du bassin versant, complétées par la rivière de Torrelles. A ces valeurs s'ajoute quelques sources pérennes comme celle de la Ruidera.

IV-6-Les mesures de la conductivité le long de la rivière de Nohèdes

IV-6-a-Résultats

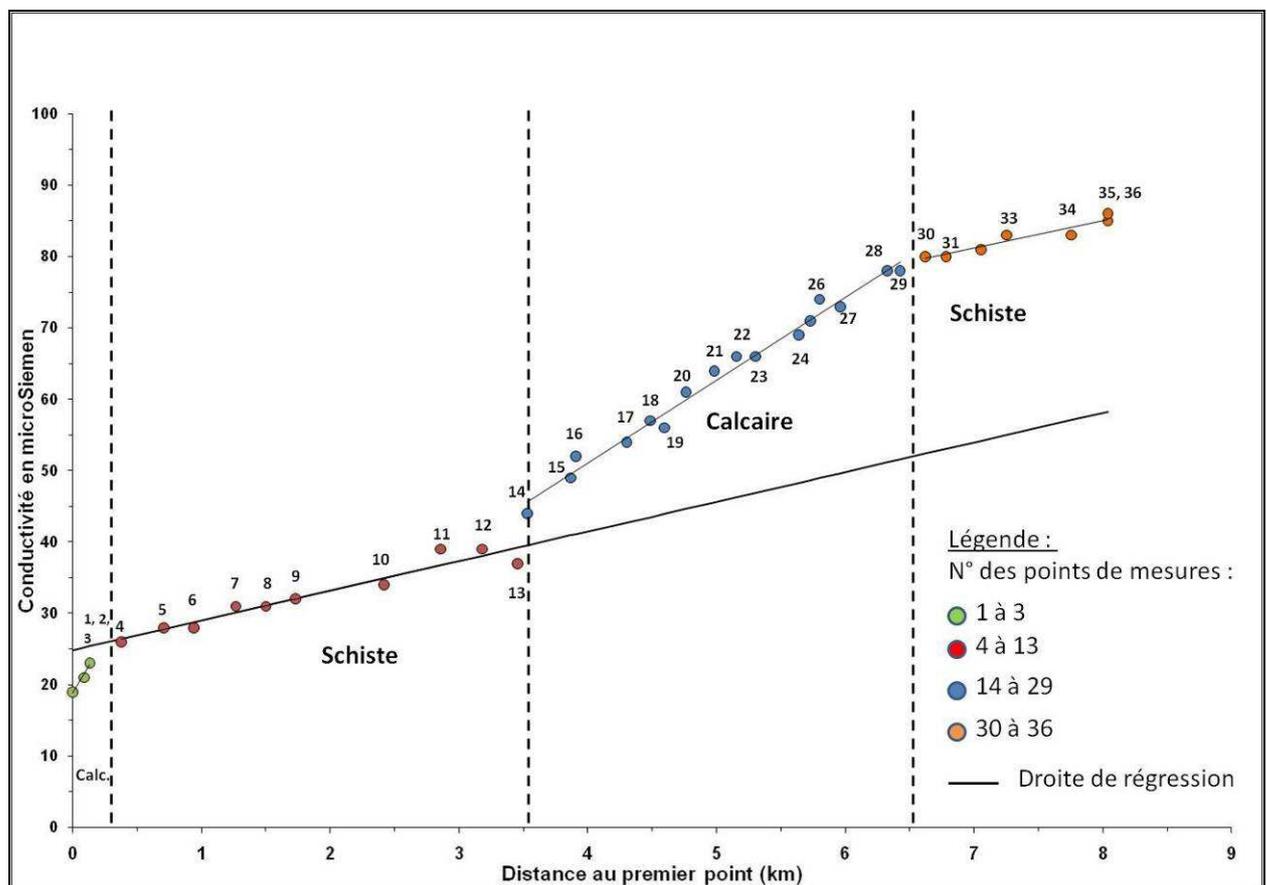


Figure 26 : Variation de la conductivité le long de la rivière de Nohèdes (le 02/11/2010)

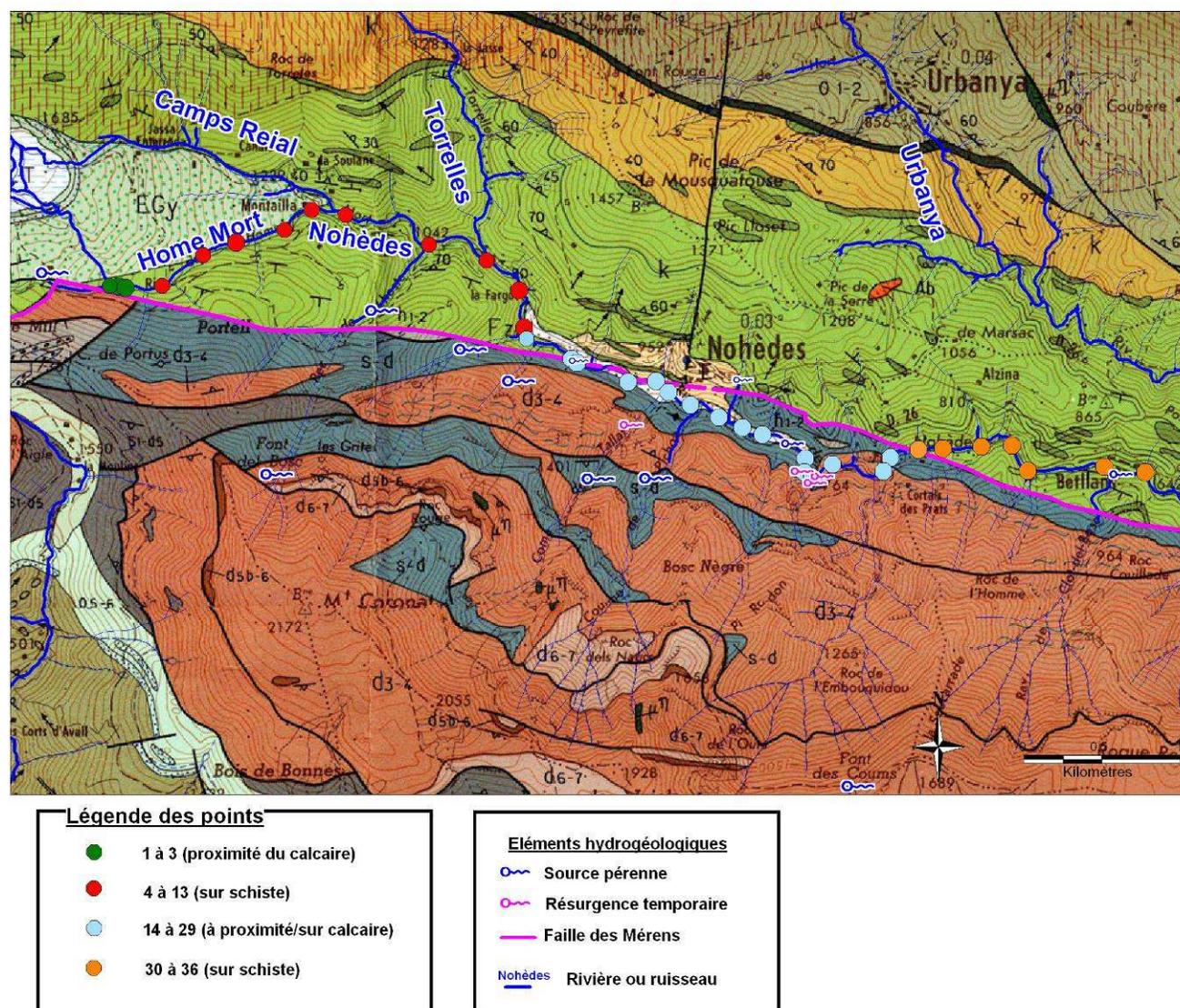


Figure 27 : Localisation des mesures de conductivité sur les communes de Nohèdes et de Conat

Source : Fond de la carte géologique de France (Feuilles 1095, Prades), BRGM, Orléans

Juillet-Novembre 2010

La conductivité augmente en fonction de la distance au premier point de mesure :

- o De façon importante entre les points 1 à 3 de la Figure 26: cette portion de rivière longe la faille des Mérens qui sépare les carbonatées des roches sédimentaires et métamorphiques (moraine granitique sur schiste).
- o Régulièrement entre les points 4 à 13 : cette portion de rivière est encadrée par 2 versants schisteux.
- o De façon brutale entre les points 13 et 14, ce qui correspond à la confluence avec la source karstique permanente de la *Ruidera*.
- o Régulièrement entre les points 14 à 28 avec des apports carbonatés à la confluence de la Caune de l'Aygue (Source n°3), de la *Coma dels Tallats*, de la *Coma de Pitxo*, et de la *Coma del Mallet*. On note que le rejet des eaux usées du village de Nohèdes se fait entre les points 19 et 21.
- o De manière plus faible entre les points 29 à 36 : cette portion de rivière est sur terrain schisteux et s'éloigne du versant calcaire en allant vers le village de Conat.

Cette augmentation de conductivité est due à des apports de minéraux dans la rivière de Nohèdes, qui semblent être expliqués par une alimentation en eau karstique et schisteuse provenant de chaque versant encadrant la rivière.

IV-6-b-Analyse et Critiques des résultats

Géologie	Pente	Constante	R²
Calcaire	29,11	18,86	0,97
Schiste	4,16	24,82	0,93
Calcaire	11,78	3,88	0,98
Schiste	4,14	52,01	0,93

Tableau 4 : Caractéristiques des régressions linéaires en fonction de la géologie

L'augmentation de conductivité en fonction de la distance au premier point se fait avec une pente différente selon le terrain géologique traversé/ou à proximité de la rivière : sur terrain calcaire, la conductivité augmente plus

Juillet-Novembre 2010

rapidement que sur terrain schisteux. De plus, la pente est similaire pour les 2 terrains schisteux traversés.

Les résultats obtenus sont similaires à ceux de l'étude de Pierreloup Ducroix effectuée en BE (août 2009) et en HE (avril 2009). La nouvelle étude des conductivités a été réalisée après les événements pluvieux d'octobre 2010 car la remontée du niveau de la nappe d'eau dans le synclinal en période de forte précipitation se traduit par l'apparition de résurgences, parfois avec des débits très importants. Malheureusement cette étude des conductivités a été faite 3 semaines après les événements pluvieux (le conductimètre n'était pas disponible avant cette date), au moment où plusieurs résurgences temporaires étaient déjà taries.

On note que l'augmentation de la conductivité peut être en partie due aux rejets domestiques et agricoles. En effet, les eaux usées du village de Nohèdes et de Betllans sont majoritairement collectées et déversées à la rivière sans traitement après écoulement dans un ravin. Cependant, l'influence des eaux usées sur l'augmentation de la conductivité est nuancée dans le sens où :

- l'augmentation de la conductivité est progressive,
- le débit des eaux usées est faible (rejet d'environ 5 foyers), et semble avoir entraîné une faible augmentation de conductivité.
- les maisons en bordure de la rivière sont majoritairement équipées d'une fosse septique,
- la bergerie située en aval de Montailla ne semble pas avoir d'impact important sur l'augmentation de la conductivité (mesure N°9)

Juillet-Novembre 2010

V-Conclusion et Perspectives

V-1-Conclusion de l'étude hydrologique Juillet-Novembre 2010

L'étude hydrologique menée de Juillet à Novembre 2010 a conduit aux résultats suivants :

- o Deux échelles encadrant la zone de pertes de la rivière de Nohèdes vers le karst ont été installées début octobre, puis étalonnées par 9 jaugeages effectués majoritairement pendant la décrue.

Une échelle a été installée sur la rivière de Torrelles (station S3) début novembre, puis a commencé à être étalonnée par 3 jaugeages.

- o Le suivi limnimétrique quotidien des échelles installées a permis d'obtenir aux 2 stations « Les Peupliers » et « Betllans » : le limnigramme, puis l'hydrogramme par l'intermédiaire des courbes de tarage. La mise en relation de l'hydrogramme avec le hyétogramme (pluviomètre installé à 955 m d'altitude) a permis de faire une première analyse de la réponse du bassin versant à la pluviométrie.
- o Des valeurs de la perte de la rivière de Nohèdes vers le karst ont été mesurées par plusieurs mesures de jaugeage sur le tronçon suspecté lors de l'étude hydrologique de 2009. Cependant au regard de la précision de la mesure de jaugeage, il n'a pas été possible de confirmer la présence de cette perte.

V-2-Perspectives du suivi hydrologique de la rivière de Nohèdes

La fin de cette étude met en relief quelques recommandations quand à la suite du suivi hydrologique du bassin versant de Nohèdes (et de Conat).

V-2-a Poursuite du suivi hydrologique

La fiabilité du suivi hydrologique implique l'amélioration des courbes de tarage par des jaugeages supplémentaires.

Juillet-Novembre 2010

La poursuite du suivi hydrologique peut être résumée de la façon suivante :

1- Mesures sur le terrain

- Après installation d'une échelle à l'amont du répartiteur de débit (station S4), des jaugeages supplémentaires seront effectués de façon à étalonner cette échelle supplémentaire ainsi que l'échelle de la station de Torrelles (S3).

- Des jaugeages seront effectués de façon à affiner les courbes de tarage particulièrement pour $Q < 200$ L/s et pour $Q > 500$ L/s. Dans la mesure du possible, ces jaugeages seront effectués pendant une montée en crue progressive de la rivière au moment de la fonte des neiges ou à l'occasion d'un événement pluvieux moins important que celui suivi début d'octobre. D'une manière générale, une mise à jour des courbes de tarage sera faite à l'aide d'un nombre moyen de 7 jaugeages par an, judicieusement répartis dans le temps et dans les hauteurs (Banque HYDRO, 1998).

- Le relevé mensuel des échelles et des limnimètres sera effectué ainsi qu'une maintenance des appareils et des échelles vis-à-vis d'un encrassement dû aux dépôts de la rivière.

- Dans la mesure du possible, un profil en long au niveau de chaque station hydrométrique pourra être effectué de façon à obtenir la pente de la station ainsi que des profils en travers supplémentaires en amont, au niveau et en aval de la section de l'échelle.

- Concernant la perte, d'autres mesures de jaugeages en étiage doivent être effectuées. L'utilisation d'une hélice adaptée à de faibles vitesses permettrait d'augmenter la précision des mesures. Le suivi hydrologique à long terme pourra donner des indications qui resteront limitées par la sensibilité des stations hydrométriques. L'utilisation d'une autre méthode de jaugeage comme celle par dilution permettrait une

Juillet-Novembre 2010

meilleure critique des résultats obtenus par exploration du champ de vitesse.

- o Le prochain évènement pluvieux de grande importance doit être l'occasion de localiser d'autres résurgences. Ces observations sur le terrain doivent être faites dès que cet évènement pluvieux s'arrête car la majorité des résurgences ne sont plus actives quelques jours après un évènement pluvieux.
- o Plusieurs écoulements inconnus en provenance du versant karstique ont été observés lors des crues d'octobre 2010 :
 - Au niveau du ravin du Bac, sur le domicile de Mr Sol, une résurgence a été active pendant une semaine. Selon les anciens propriétaires, cette résurgence était pérenne il y a 25 ans et servait à alimenter le domicile en eau, toujours non raccordé à l'AEP de Nohèdes ou de Conat.
 - Au niveau du pont amont du village de Betllans, une arrivée d'eau en provenance du ravin X sous les éboulis.
 - Au niveau de la coume de Mallargona, une arrivée d'eau a été observée, sortant sous les éboulis en remontant la coume.

2- Dépouillage et stockage des données

Les jaugeages sont dépouillés et stockés dans la BDD Hydraccess. La table des hauteurs d'eau enregistrées aux échelles par les capteurs est mise à jour. Les hauteurs d'eau sont transformées en débits.

3- Traitement préliminaire des données

Un traitement préliminaire des données doit être réalisé de façon à détecter d'éventuelles anomalies dans les courbes de tarages ou dans les limnigrammes.

V-2-b-Valorisation du suivi hydrologique

Après installation de sondes enregistreuses et l'enregistrement d'une année de donnée, un premier traitement des données de débits pourra être effectué dont voici quelques pistes :

Juillet-Novembre 2010

o **Estimation des caractéristiques hydrologiques du bassin versant**

- Le module [L3. T-1] qui est le débit moyen inter annuel.

- Le coefficient de ruissellement : Cr qui est la capacité d'un bassin versant à ruisseler se calcule par la formule suivante :

$$Cr = \frac{\text{Lame d'eau ruisselée}}{\text{Lame d'eau écoulée}} \quad (\text{Eq. 6})$$

- La constante de vidange k [T⁻¹] du réservoir du bassin versant.

La méthode de Maillet montre que la constante de vidange k est égale à la pente de l'équation suivante :

$$\ln(Q) = (\ln(Q) + t_0 \times k) - k \times t \quad (\text{Eq. 7})$$

La régression linéaire des données de tarissement permet d'approximer k, ce calcul ne sera possible qu'avec les données du mois de décembre prochain. A partir de k, on pourra évaluer la quantité « capacité d'emmagasinement » en [L³] du bassin à un instant t par la formule suivant :

$$\int_t^{\infty} Q(t) dt \quad (\text{Eq. 8})$$

o **Connaissance de la relation Pluies-Débit du bassin versant par les modélisations hydrologiques**

Une fois les capteurs de hauteurs d'eau installés et fonctionnant correctement depuis au moins 2 ans, des chroniques de débits seront disponibles au pas de temps horaire. Des bilans hydriques annuels sur le bassin versant ainsi qu'une relation pluie-débits pourra être établie. Des modèles hydrologiques développés par le CEMAGREF sont disponibles au pas de temps annuel (GR1A), mensuel (GR2M) ou journalier (GR4J). Ces modèles nécessitent les données de précipitations et d'ETP au pas de temps correspondant. Une station météorologique placée en altitude serait un atout précieux pour évaluer les conditions météorologiques en altitude (pluviométrie, température, humidité relative de l'air...) ainsi que le gradient de pluviométrie.

Une attention particulière doit être prise concernant l'influence du stockage et du déstockage de l'eau en amont du bassin versant sur les débits mesurés. En effet le bassin versant du cours d'eau supérieur possède une importante rétention d'eau sous forme de neige et de glace en hivers,

Juillet-Novembre 2010

qui alimente les cours d'eau avec la fonte des neiges et de glace au printemps. L'amont du bassin versant possède aussi de nombreuses mouillères et tourbières qui absorbent, à la manière d'une éponge, l'eau provenant de la pluie ou des cours d'eau les traversant lorsque leur surface tourbeuse est sèche. L'utilisation du modèle CEMANEIGE, permettant de prendre en compte le stock de neige en altitude serait une première solution.

o **Amélioration de la connaissance du fonctionnement du karst du Mont Coronat**

Le fonctionnement du réseau hydrique du karst du Mont Coronat reste inconnu. La seule résurgence pérenne connue de ce karst est la résurgence de Ria, auquel s'ajoutent quelques sources sur les plis du karst.

Des mesures de conductivité le long de la Têt en tenant compte des apports karstiques issus de la rive droite de la Têt, ainsi que la mise en relation des résultats du suivi hydrologique avec ceux du suivi de la résurgence de Ria sont à étudier.

V-3-Bilan personnel du stage

Ce stage fut l'occasion pour moi de prendre en charge toutes les étapes d'un projet à travers la mise en place de plusieurs montages comportant une échelle limnimétrique :

- o La prospection sur terrain montagnard (rivière encaissée, piste enneigée ou ravinée....).
- o La conception d'un montage en tenant compte des contraintes financières et techniques.
- o La réalisation du montage (visites avec les artisans, demande de devis et réception des commandes chez les fournisseurs, budgétisation final du projet...).
- o L'installation du montage.
- o La collecte et le traitement de données issues des relevés aux échelles limnimétriques.

Pour mener à bien ce projet, j'ai appris à utiliser plusieurs logiciels (le SIG : MapInfo, le logiciel de conception : AUTOCAD et la BDD : Hydraccess) ainsi qu'à me servir de plusieurs matériels de mesure (courantomètre moulinet, conductimètre et GPS). Ce stage a été l'occasion de rencontrer plusieurs acteurs du bassin versant et issu du monde professionnel : certains employés des réserves naturelles catalanes, de la microcentrale CAYROL International, les artisans Alain Champagnat et Peter Thijs, le spéléologue Bart Raymaekers, l'hydrogéologue Henri Salvayre ainsi que les élus des communes de Nohèdes et de Conat. Ce stage a m'a aussi permis d'avoir un aperçu des

Juillet-Novembre 2010

suivis scientifiques effectués dans une réserve naturelle, des acteurs impliqués dans un espace naturel protégé ainsi que le mode de gestion de ce type de territoire. Ce stage a confirmé mon attrait pour l'étude de l'hydrologie des milieux naturels dont j'avais déjà eu un aperçu lors de mon stage de STE4 qui concernait le suivi hydrologique d'une tourbière. J'ai également beaucoup apprécié l'ambiance dans laquelle s'est déroulé ce stage de 5 mois. Pour finir, ce stage n'aurait pas été aussi intéressant sans les événements pluvieux d'automne qui ont été une occasion unique de voir les résurgences temporaires s'activer sur le Mont Coronat ainsi que l'augmentation stupéfiante du débit du cours d'eau de Nohèdes.

VI-Glossaire

Les termes suivies du signe (*) sont présents dans le glossaire suivant :

Limnigramme : Variation de la hauteur d'eau (aux échelles limnimétriques) en fonction du temps.

Hyétogramme de pluie : Variation de la pluie en fonction du temps.

Hydrogramme : Variation du débit en fonction du temps.

Temps de réponse du bassin : Intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie nette (assimilé au pic de pluie le plus important du hyétogramme) au débit de pointe.

Temps de base : Durée du ruissellement direct, c'est-à-dire la longueur sur l'abscisse des temps de la base de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface.

Ribera : Rivière en catalan.

Cova : Grotte en catalan.

Coma : Dépression, petite vallée en catalan.

Comall : Ravin avec cours d'eau intermittent en catalan.

Llisera : Ravin avec cours d'eau intermittent en catalan.

Estany : Étang, généralement de faible profondeur en catalan.

Gorg : Gouffre dans le lit d'une rivière ou lac de montagne.

Contrôle (hydraulique): Caractéristique topographique qui conditionne les relations hauteur d'eau-débit.

VII-Bibliographie

Banque HYDRO, 1998. Charte qualité de l'hydrométrie – codes de bonnes conduites. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement

Chaouche K., Neppel L., Dieulin C., Pujol N., Ladouche B., Martin E., Salas D., Caballero I., 2010. Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *Comptes-Rendus Géoscience* 342, 234-243.

Cayrol International, 2010. Étude de la conduite forcée de la centrale de Nohèdes.

Dauré S., Giné E., 2010. Évaluation de la dangerosité des petits aménagements hydrauliques au niveau du Madres-Coronat sur le Desman des Pyrénées, AGRNN, Nohèdes.

Ducroix P., 2009. Caractérisation des échanges hydriques entre le karst du Mont Coronat et la rivière de Nohèdes.

Mangeot A., Etude hydrologique de la rivière de Nohèdes – Premiers résultats, Perspectives.

Neppel L., 2007. Cours d'hydrologie, polycopier : les données hydrologiques, Polytech'Montpellier

OTT, Manuel d'utilisation (version 05-0109) de l'enregistreur pour eaux souterraines OTT Orpheus Mini,

Payre D., 1992. Toponymie de Nohèdes - Inventaire des noms de lieux et interprétation.

Raymaekers B., 2005. Mémoire en vue d'obtenir le Brevet d'État de Spéléologie : La Cova de les Encantades à Nohèdes, Nohèdes.

Salvayre H., 1991. Évaluation des modules journaliers, mensuels et annuels de la rivière de Nohèdes au niveau de la prise d'eau de la micro centrale de la S.A CLIMENS, Eau développement, Millas.

Salvayre H., 2010. Le livre des eaux souterraines des Pyrénées Catalanes, éditions Trabucaire, Canet.

Sites Internet consultés :

Micro-centrale de Nohèdes :

<http://www.cayrolinternational.fr/Nos-centrales/nohedes.html>

Modèles hydrologiques du CEMAGREF :

<http://www.cemagref.fr/webgr/Modeles/Descriptions.htm>

Cadastrés de Nohèdes et de Betllans :

<http://www.geoportail.fr/>

Capteur OTT Orpheus Mini :

http://www.otfrance.com/web/ott_fr.nsf/id/pa_home_fr.html

Vigicrue : Information sur la vigilance « crues »

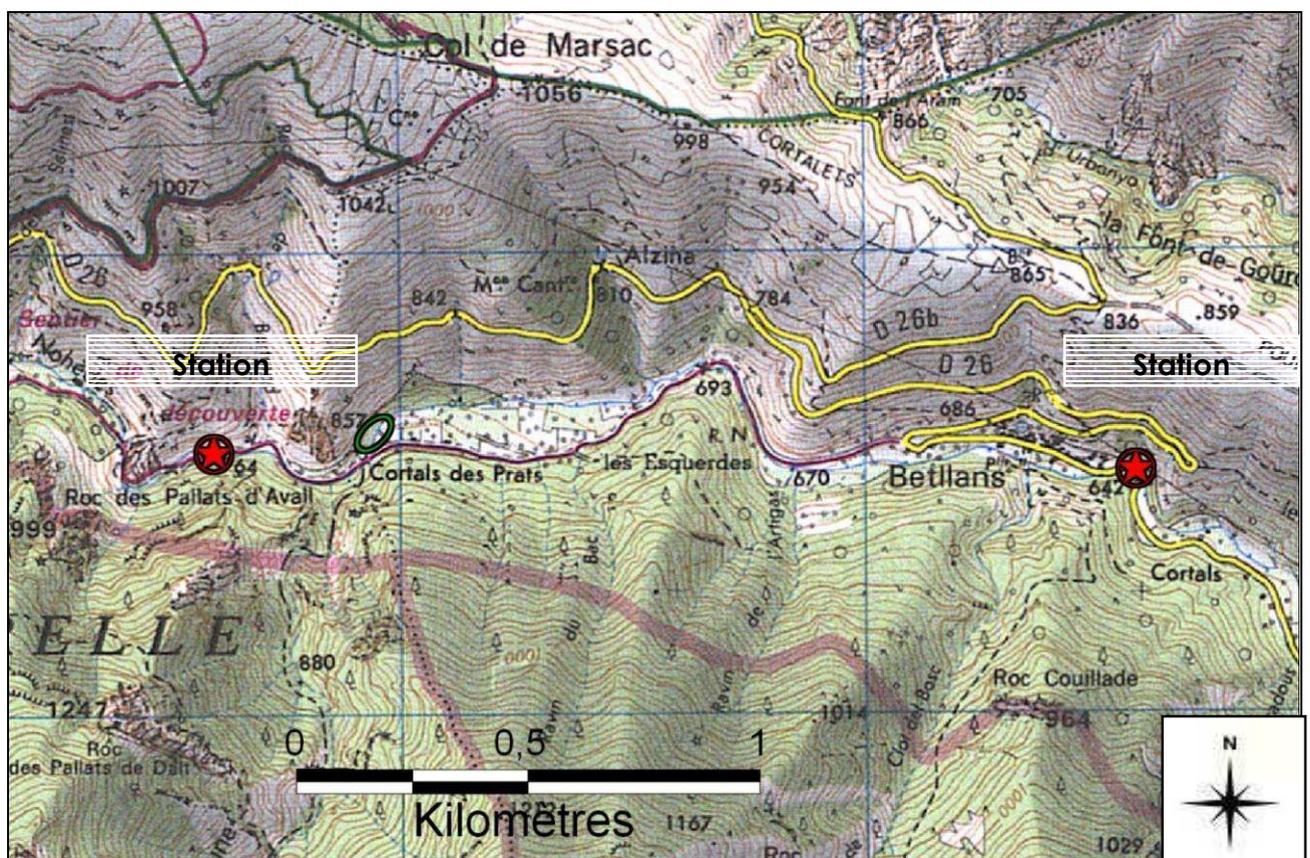
<http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/>

Annexes

Annexe N°1 : Dossier de la station hydrométrique « Les Peupliers »

1-Cartographies

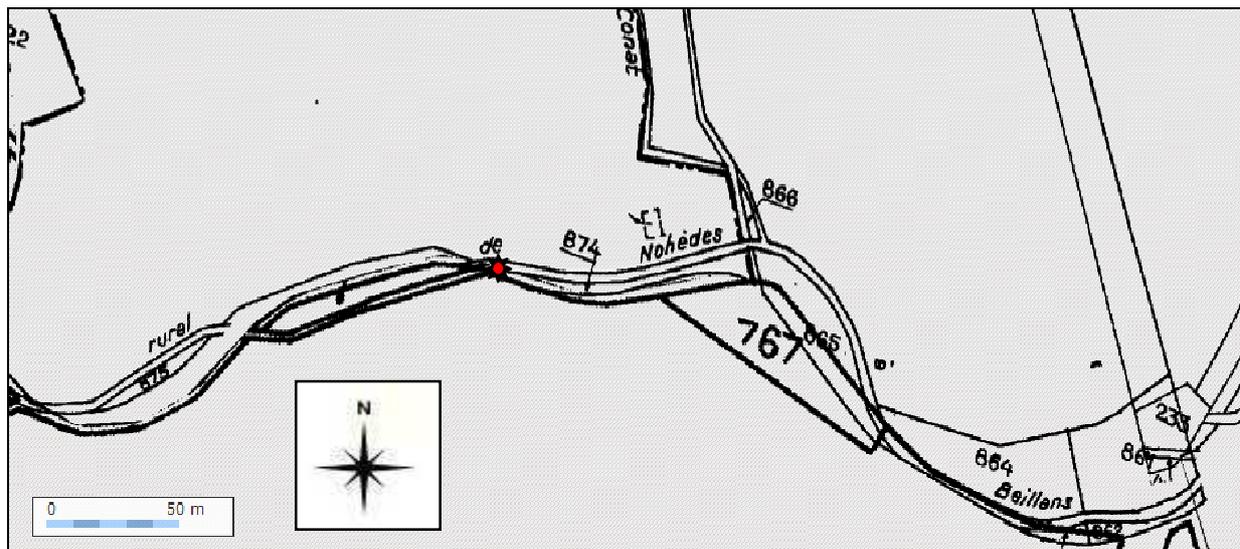
Les stations hydrométriques sont localisées sur les cartes suivantes par une étoile rouge.



Source : scan25@ , © IGN 2006

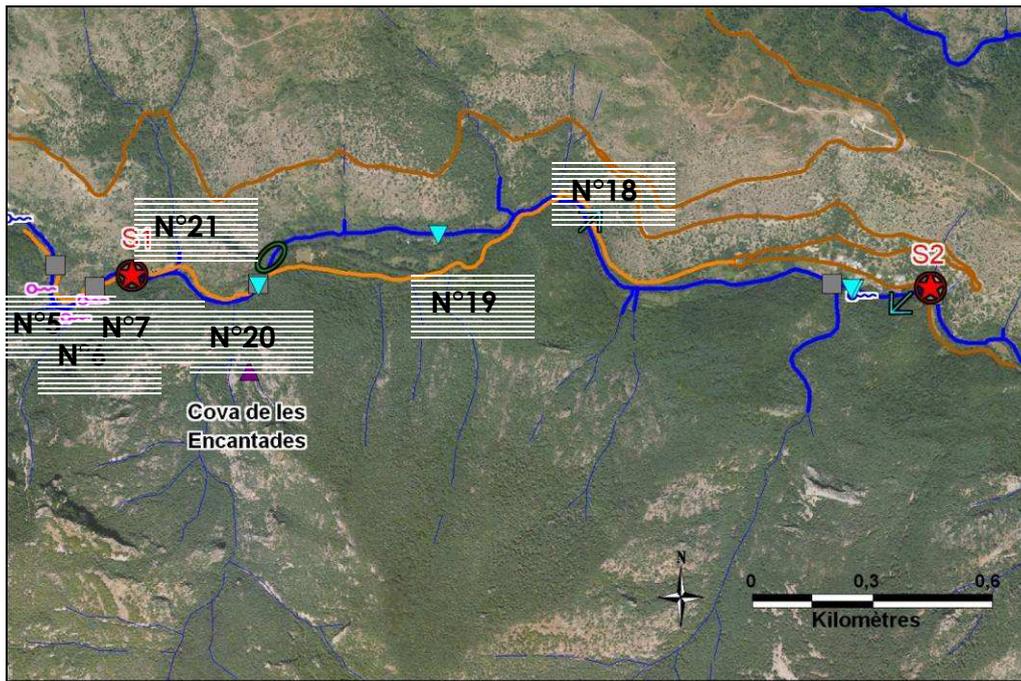
Localisation de l'échelle limnimétrique de la station hydrométrique des Peupliers et de celle de la station hydrométrique de Betllans sur la carte IGN au 1/25000. L'emplacement de la perte est encerclé en vert.

Juillet-Novembre 2010



Localisation de l'échelle limnimétrique des Peupliers (étoile rouge) sur le cadastre de la commune de Nohèdes, Source : Couche cadastrale du site Géoportail : <http://www.geoportail.fr/?c=-0.775,49.225&l=Parcelles%28100%29&z=5>

Juillet-Novembre 2010



<u>Légende</u>		
<u>Aménagements hydrauliques</u>	<u>Points hydrogéologiques</u>	<u>Routes</u>
★ Echelle limnimétrique	— Rivière de Nohèdes	— Chemin rural Nohèdes à Betllans
▼ Captage temporaire (privé)	- - - Ruissellement temporaire	— Départementale 26
■ Ponts	○ Résurgence temporaire	
↗ Prise d'eau (canal d'irrigation)	○ Perte	
↙ Canal de fuite (canal d'irrigation)	▲ Grottes des Incantades	

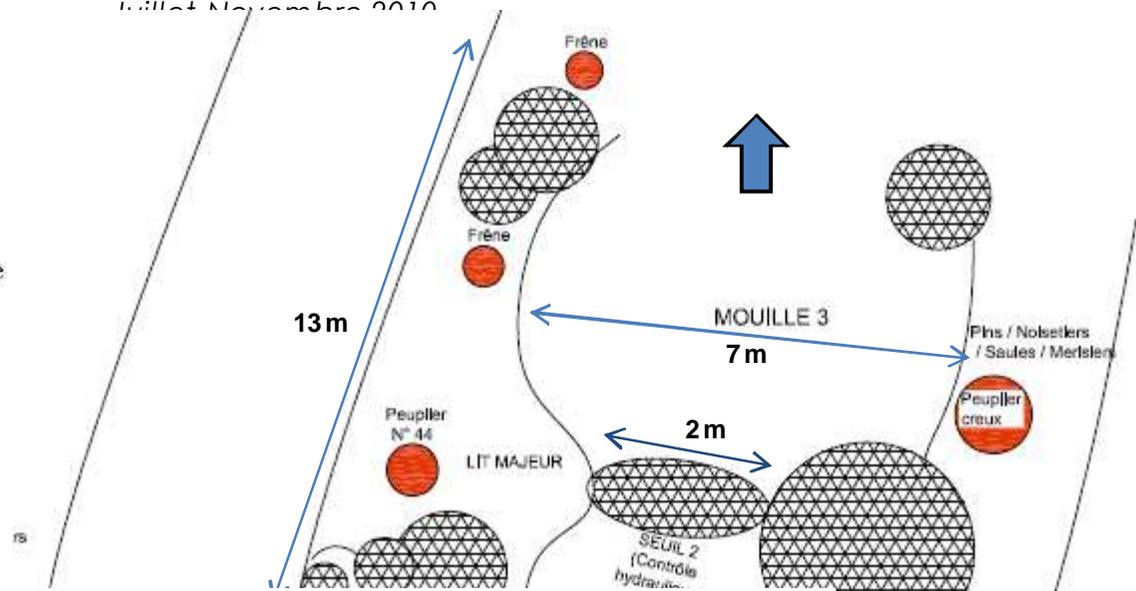
Localisation de l'échelle limnimétrique des Peupliers et de Betllans sur photo aérienne, et du N° des photographies.

Sources : Fond de carte: BD Ortho ®, © IGN 2004 ; Réseau hydrographique : BD Carto®, © IGN 1998

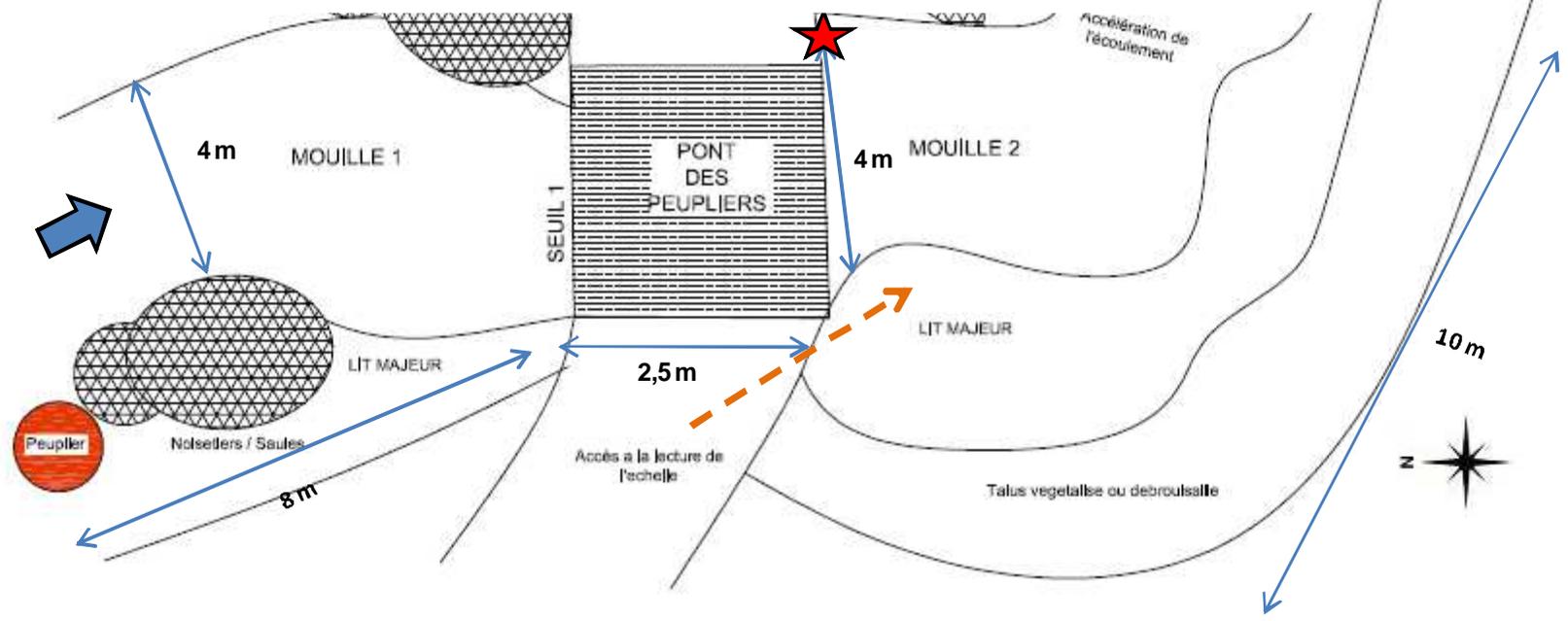
juillet - novembre 2010

Légende

-  Emplacement de l'échelle limnimétrique
-  Emplacement de lecture du niveau d'eau de l'échelle
-  Rocher caractéristique
-  Arbre caractéristique
-  Sens du cours d'eau



Croquis à proximité de l'échelle limnimétrique



2-Photographies de la station à différents états hydrologiques de Nohèdes



N°1 : Sur le pont en amont de l'échelle



N°2 : Au niveau de l'échelle



N°3 : Ecoulement en cascade sous le pont des Peupliers



N°4 : Contrôle hydraulique en aval de l'échelle



**N°5 : Résurgence temporaire
Llisera del Rabato 1**



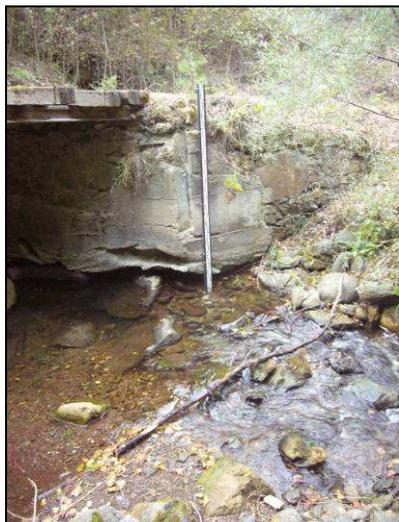
**N°6 : Résurgence temp.
Llisera del Rabato 2**



**N°7 : Résurgence temporaire
Llisera del Rabato 3**

Photographies de la Ribera de Nohèdes en crue automnal (octobre) à proximité de S1

Juillet-Novembre 2010



N°8 : Au niveau de l'échelle (étiage)



N°9 : Bas de l'échelle



N°10 : Haut de l'échelle



N°11 : Contrôles hydrauliques (moy. eaux)



N°12 : Contrôles hydrauliques (étiage)



N°13 : Au niveau de l'échelle (moy. eaux)



N°14 : Sous le pont des Peupliers (moy. eaux)

Photographies de la Ribera de Nohèdes en étiage (septembre) et en moyennes eaux (novembre) à proximité de S1

3-Fiche de la station

Identification :

Nom	« Les Peupliers »	N° station	S1
Rivière	Nohèdes	Bassin	Nohèdes
Grand Bassin	Têt	Surface Bassin (km²)	26,7
Département	Pyrénées Orientales	Commune	Nohèdes
Coordonnées Lambert II étendu			
X (m)	596 996,5	Y (m)	1 734 870,3
Altitude	764 m	Lieu dit	« La Millada »

Localisation :

La station s'étend du pont du *Gorg del Servi* vers l'amont du *Pont de la Coma de Mallargona*. L'aval du *Pont de la Coma de Mallargona* correspond à une perte d'eau suspectée de la rivière dans le karst. Le *Gorg del Servi* est situé en aval de l'arrivée de la *Coma de Mayet*. La station comprend donc le verger de la *Millada* et le *Gorg del Servi*. L'échelle se situe à l'aval du pont des Peupliers, qui traverse la piste Nohèdes – Betllans. L'échelle est installée sur le mur en béton de soutien de ce pont et sur la rive gauche de la *Ribera de Nohèdes*. On note que l'échelle est placée sur un terrain municipal de la commune de Nohèdes car elle est à l'aval immédiat du pont des peupliers. De plus, on remarque que le nom de la station « les Peupliers » ne correspond pas à une toponymie existante mais à la proximité de plusieurs peupliers noirs âgés « *Populus nigra* » autour de l'échelle limnimétrique mise en place.

Démarches administratives :

L'autorisation d'implantation de l'échelle sur sa parcelle a été obtenue de la mairie de Nohèdes, qui a donné son accord au projet de suivi hydrologique de la *Ribera de Nohèdes*.

Juillet-Novembre 2010

Situation actuelle :

Équipement	1 échelle
Début des observations	Octobre 2010
Nom du gestionnaire	AGRNN
Nom du lecteur	AGRNN
Accessibilité en crue	Aucun risque
Accessibilité en étiage	Proximité de la piste Nohèdes - Betllans

En prévision : pose d'un limnigraphe à pression (OTT Orpheus Mini)

Vocation de la station :

Suivi du comportement d'une perte dans la rivière de Nohèdes vers le karst située en aval du *Pont de la Coma de Mallargona*. Ce suivi est à mettre en relation avec le suivi de la station hydrométrique de Betllans.

Caractéristiques hydrauliques (voir aussi photographies et croquis):

Seuil de contrôle	1 ^{er} contrôle : Augmentation de la pente à l'aval de l'échelle (Photographies N°4 et 12) 2 nd contrôle : rocher en forme de marche (Photographies N°11)
Nature des berges	Rive droite : talus végétalisé ou débroussaillé Rive gauche : mur en béton
Nature du fond	Graviers et rochers
Sensibilité de la section	Erreur sur le débit : 35 % en BE (Q=50 L/s) et 4% en HE (Q= 500 L/s)
Possibilité de débordement	observé pour H > 57 cm
Possibilité de jaugeage en crue	A partir du pont du Gorg del Servi
Possibilité d'envasement	Non observée de juillet à décembre 2010
Risque d'apport en eau	En crue : 3 Résurgences temporaires (total ≈ 100 L/s) (Photographies N°5, 6 et 7)

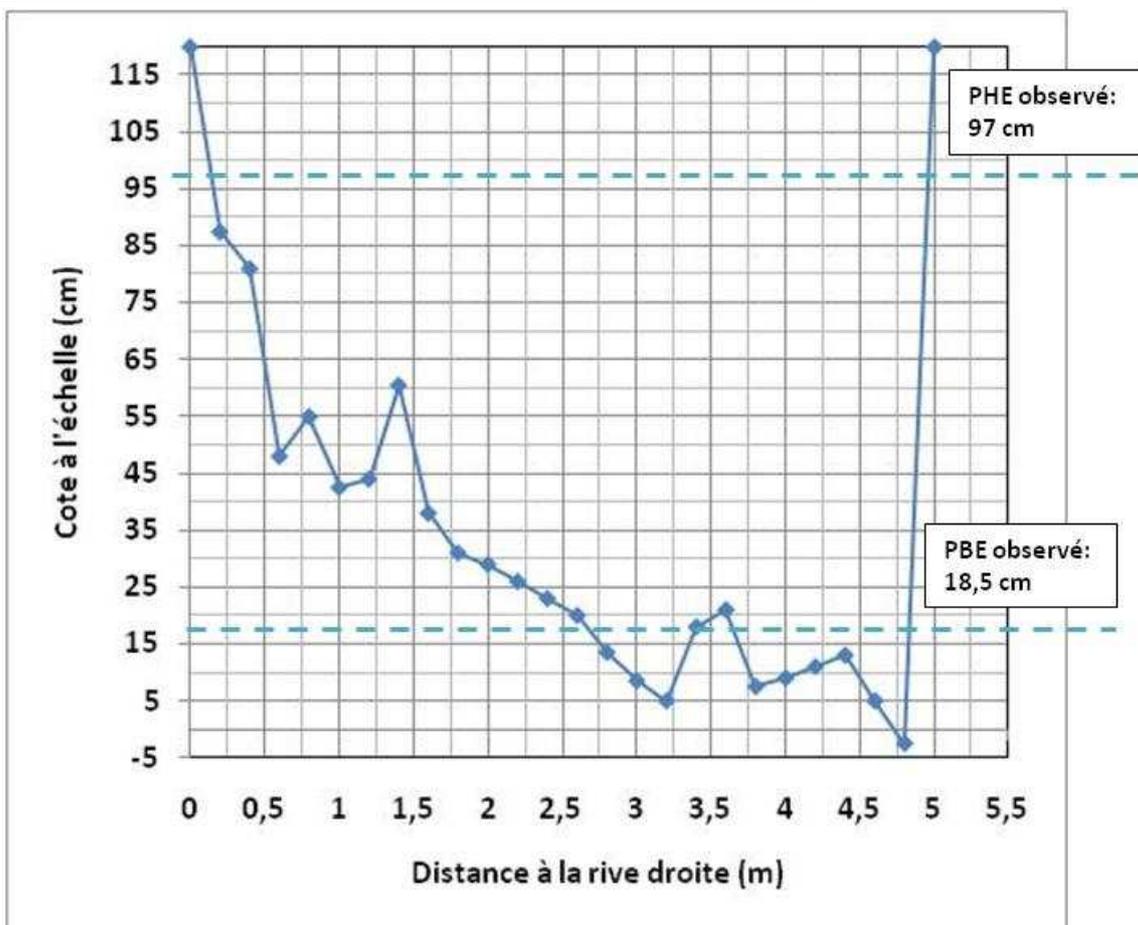
Juillet-Novembre 2010

Risque de perte en eau	Arrêt du turbinage de la microcentrale en amont, plusieurs captages appartenant à des particuliers (voir Catalogue de Dauré S. et Giné E., 2010).
-------------------------------	---

Caractéristiques techniques :

Longueur de l'échelle (m)	2,5
Emplacements des pattes de fixation au niveau de l'échelle (m)	0,6 ; 1,2 ; 1,8

4-Profil en travers de la station au niveau de l'échelle



Profil en travers de la station au niveau de l'échelle (pour une hauteur à l'échelle de 120 cm)

Annexe N°2 : Dossier de la station hydrométrique « Betllans »

1-Cartographies

Remarque : Voir le dossier de la station hydrométrique « les peupliers » pour la localisation géographique de station sur l'orthophoto des Pyrénées Orientales et sur la carte IGN au 1/25000.

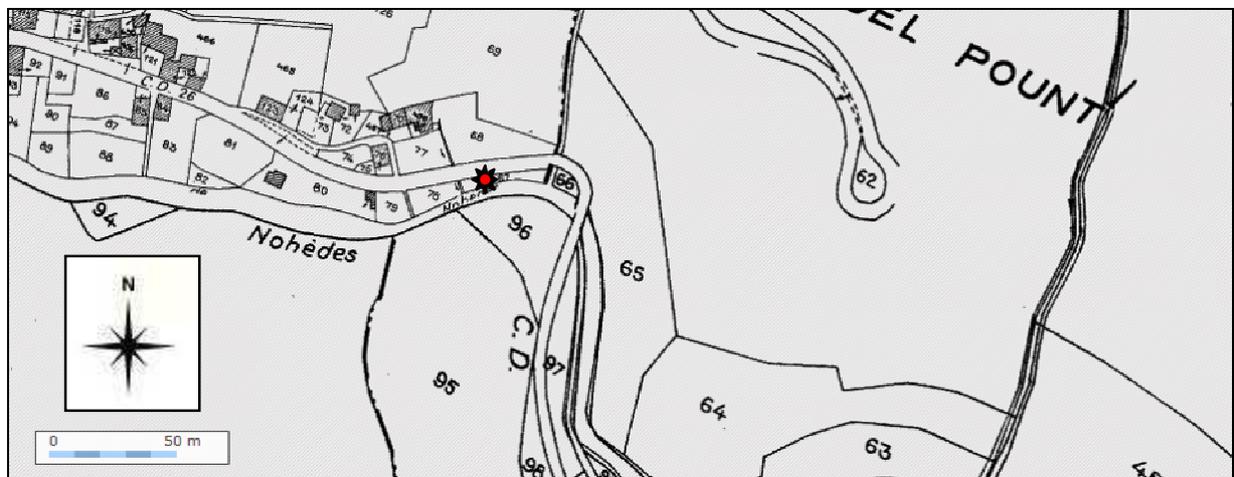


Figure 2 : Localisation de la station hydrométrique de Betllans (étoile rouge) sur le cadastre de la commune de Conat.

Source : Couche cadastrale du site Géoportail : <http://www.geoportail.fr/?c=-0.775,49.225&l=Parcelles%28100%29&z=5>

Juillet-Novembre 2010

2-Photographies de la station à différents états hydrologiques de la Ribera de
Nohèdes



N°15 : Aval du pont de Betllans



N°16 : Contrôle hydraulique en aval du pont de Betllans



N°17 : Section de l'échelle



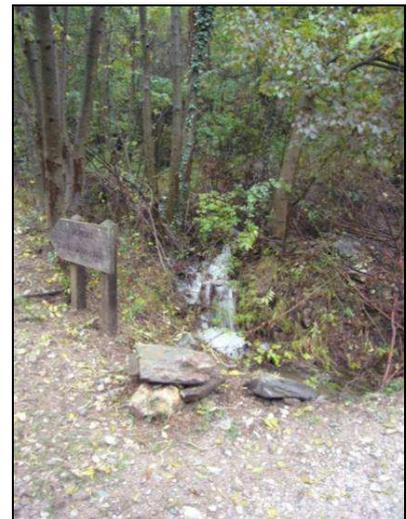
N°18 : Canal d'irrigation de Betllans



**N°19 : Arrivée d'eau du ravin
du Bac**



**N°20 : Arrivée d'eau de la
Coma de Mallargona**



**N°21 : Ruissellement du ravin
de Carbodell**

Photographies de la Ribera de Nohèdes en crue automnal (octobre) à proximité de S2

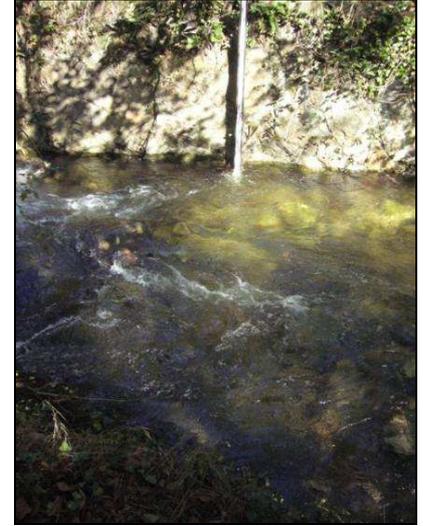
Juillet-Novembre 2010



N°22 : Section de l'échelle (étiage)



N°23 : Canal d'irrigation de Betllans (moy. eaux)



N°24 : Section de l'échelle (moy. eaux)



N°25 : Aval du pont de Betllans (moy. eaux)



N°26 : Contrôle hydraulique en aval du pont de Betllans (étiage)



N°27 : Amont du pont de Betllans (moy. eaux)



N°28 : Repère de nivellement général (IGN)

Photographies de la Ribera de Nohèdes en étiage et en moyennes eaux à proximité de S2

[3-Fiche de la station](#)

Juillet-Novembre 2010

Identification :

Nom	« Betllans »	N° station	S2
Rivière	Nohèdes	Bassin	Conat
Grand Bassin	Têt	Surface Bassin (km²)	33
Département	Pyrénées Orientales	Commune	Conat
Coordonnées Lambert II étendu			
X (m)	598 986,2	Y (m)	1 734 839,5
Altitude (m)	642	Lieu dit	« Pont de Betllans »

Localisation de la station et de l'échelle (voir cartographies):

La station s'étend, de l'aval vers l'amont, entre l'aval du pont de Betllans jusqu'à la perte d'eau du karst vers la rivière. Elle comprend le hameau de Betllans et Cortals des Prats. L'échelle est située à l'amont du pont de Betllans (pont en arche situé sur la départementale 26), sur la parcelle cadastrale n°67, rive gauche de la *Ribera de Nohèdes*. On note que l'échelle est située à proximité d'une borne de nivellement générale (642 m), placé sur le pont de Betllans (voir photographie N°28).

Démarches administratives :

L'autorisation d'implantation de l'échelle sur sa parcelle a été obtenue de M Huillo J.P. De plus, la mairie de Conat a donné son accord au projet de suivi hydrologique de la *Ribera de Nohèdes*.

Situation actuel :

Équipement	1 échelle
Début des observations	Octobre 2010
Nom du gestionnaire	AGRNN
Nom du lecteur	AGRNN, voir avec A. Champagnat pour des lectures ponctuelles
Accessibilité en crue	Risque de glissade
Accessibilité en étiage	Proximité de la route départementale 26

Juillet-Novembre 2010

En prévision : pose d'un limnigraphe à pression (OTT Orpheus Mini)

Vocation de cette station :

Suivi du comportement d'une perte dans la rivière de Nohèdes vers le karst située à l'amont de la station hydrométrique de Betllans.

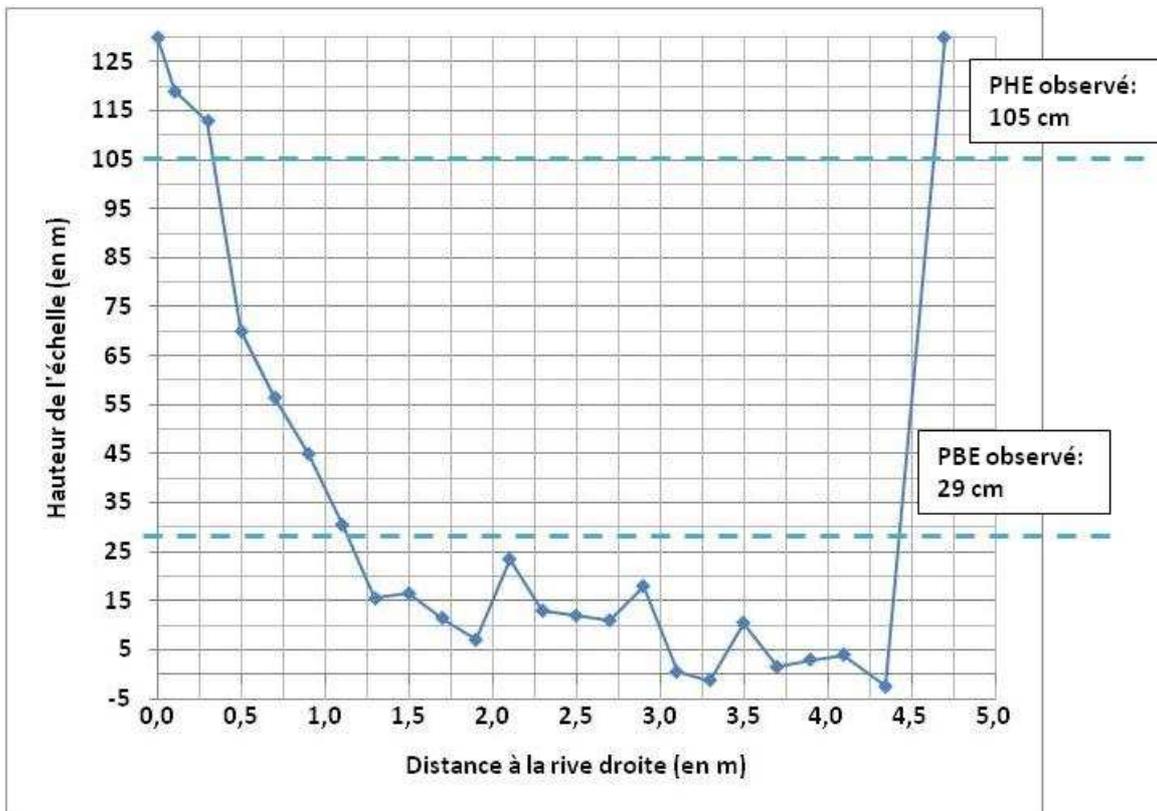
Caractéristiques hydrauliques :

Seuil de contrôle	1 ^{er} contrôle : Amas de rochers 2 nd contrôle : Rétrécissement et cascade à l'aval du pont de Betllans
Nature des berges	Rive droite : Végétation (arbres et herbe) Rive gauche : bloc vertical en schiste
Nature du fond	Graviers et rochers
Sensibilité de la section	Erreur sur le débit : 34 % en BE (Q=70 L/s) et 9 % en HE (Q= 550 L/s)
Possibilité de débordement	Non observé pour H < 105 cm
Possibilité de jaugeage en crue	Jaugeage au moulinet dangereux pour Q > 1,2 m ³ /s
Possibilité d'envasement	Oui en étiage pour Q < 50 m ³ /s (à surveiller)
Risque d'apport en eau	Rejet domestique en amont négligeable (moins de 10 habitants permanents dans le hameau). En crue : Au Rec de Bertrand (Photographie N°21), Couma de Mallargouna (Photographie N°20), au ravin du Bac (Photographie N°19), au pont des Esquerdes et au ravin du Clot del Bosc.
Risque de perte en eau	Prélèvement par 3 pompes immergées et un captage gravitaire de particuliers (usage : irrigation)
Remarque	Influence du canal d'irrigation de Betllans s'il est remis en fonctionnement (voir photographie N°18 et 23)

Caractéristiques techniques :

Longueur de l'échelle (m)	2,4
Emplacements des pattes en fer (m)	0,37 ; 1 ; 1,54

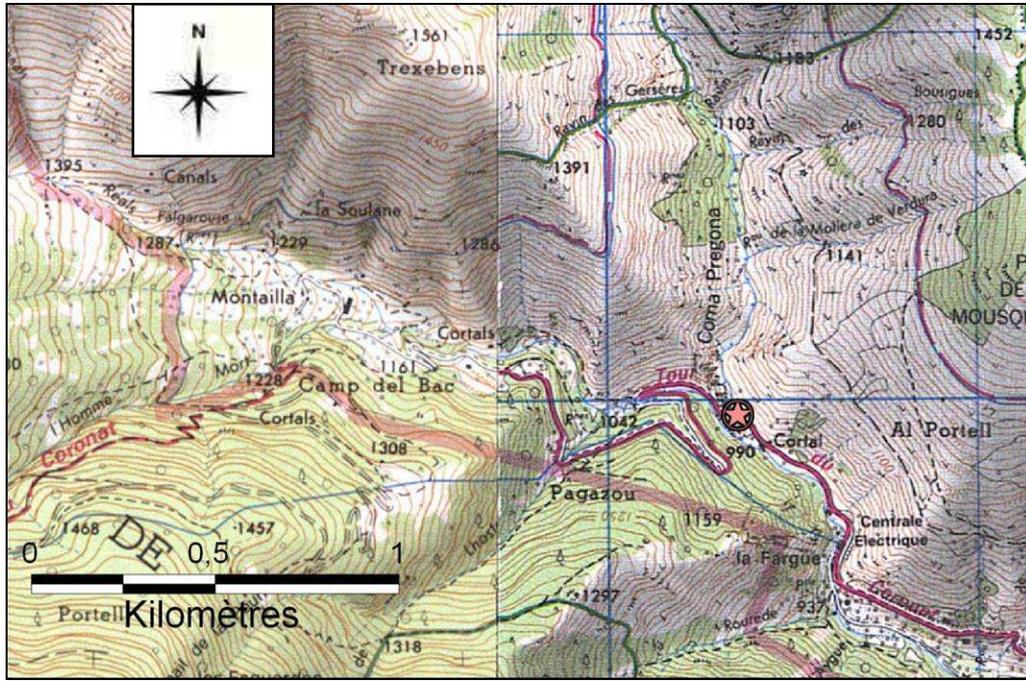
4-Profil en travers de la station au niveau de l'échelle



Profil en travers de la station au niveau de l'échelle (pour une hauteur à l'échelle de 130 cm)

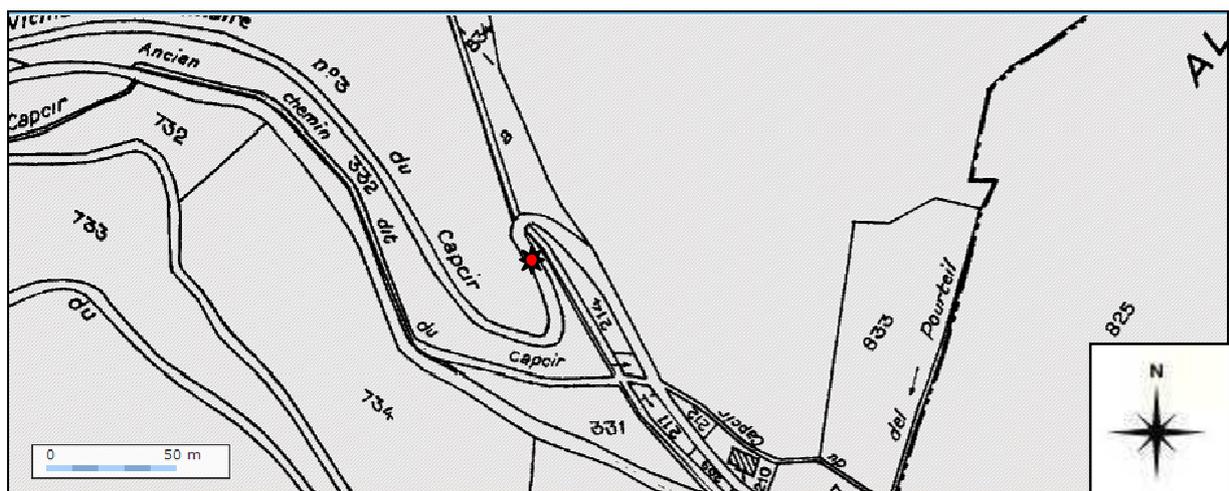
Annexe N°3 : Dossier de la station hydrométrique « Coma Pregona »

I-Cartographies



Source : scan25@ , © IGN 2006

Localisation de la station hydrométrique de Coma Pregona (étoile rouge) sur la carte IGN 1/25 000



Localisation de la station hydrométrique de Coma Pregona (étoile rouge) sur le cadastre de la commune de Nohèdes.

Source : Couche cadastrale du site Géoportail : <http://www.geoportail.fr/?c=0.775,49.225&l=Parcelles%28100%29&z=5>

Juillet-Novembre 2010

2-Photographies de la station à différents états hydrologiques de la Ribera (*)
de Torrelles



N°29 : Passage à gués submergé



N°30 : Section de l'échelle (avant installation)



**N°31 : Section de jaugeage en crue en
amont du passage à gués**



N°32 : Amont du Pont de Coma Pregona



**N°33 : Aval de la section de
l'échelle**



**N°34 : Aval du Pont de Coma
Pregona**



**N°35 : Cascades en amont
du Pont de Coma Pregona**

Photographies de la Ribera de Nohèdes en crue automnal (octobre) à proximité de S3

Juillet-Novembre 2010



N°36 : En aval de l'échelle (moy. eaux)



N°37 : Section de jaugeage (étiage)



**N°38 : En aval du Pont de Coma Pregonan :
Aval de l'ancien pont (moy. eaux)**



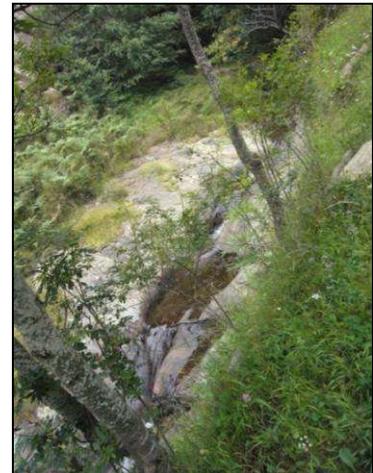
**N°39 : Amont du Pont de Coma Pregona
(étiage)**



**N°40 : Au niveau de la section
de l'échelle (moy. eaux)**



**N°41 : Au niveau de la section
de l'échelle (moy. eaux)**



**N°42 : Cascades en amont
du Pont de Coma Pregona**

Photographies de la Ribera de Nohèdes en étiage et en moyennes eaux à proximité de S3

3-Fiche de la station

Identification :

Juillet-Novembre 2010

Nom	« Coma Pregona »	N° station	S3
Rivière	Torrelles	Bassin	Torrelles (Sur Nohèdes)
Grand Bassin	Têt	Surface Bassin (km²)	5,89
Département	Pyrénées Orientales	Commune	Nohèdes
Coordonnées Lambert II étendu			
X (m)	594 732,9	Y (m)	1 736 247,5
Altitude (m)	1008	Lieu dit	« Coma Pregona »

Localisation de la station et de l'échelle (voir cartographie) :

La station s'étend de l'aval vers l'amont entre le passage canadien de la piste Nohèdes – Estany (*) del Clot jusqu'au passage à gués de la « Coma Pregona ». L'échelle se situe sur le mur de soutien en pierres sèches de la piste Nohèdes – Estany del Clot, à l'aval du pont de Coma Pregona et rive droite de la *Ribera de Torrelles*. On note que l'échelle est placée sur un terrain municipal de la commune de Nohèdes (le pont de Coma Pregona).

Démarches administratives :

L'autorisation d'implantation de l'échelle sur la rive droite de Torrelles a été obtenue de la mairie de Nohèdes, qui a donné son accord au projet de suivi hydrologique de la *Ribera de Nohèdes*.

Situation actuel :

Échelles et limnigraphe	1 échelle
Début des observations	5 Novembre 2010
Nom du gestionnaire	AGRNN
Nom du lecteur	AGRNN
Accessibilité en crue	Toujours accessible
Accessibilité en étiage	Proximité de la piste Nohèdes-Estany del Clot

En prévision : La demande de financement pour la pose d'un limnigraphe à pression (OTT Orpheus Mini) est en cours.

Juillet-Novembre 2010

Vocation de cette station :

Suivi du comportement de l'affluent majoritaire de la Ribera de Nohèdes : la Ribera de Torrelles.

Caractéristiques hydrauliques :

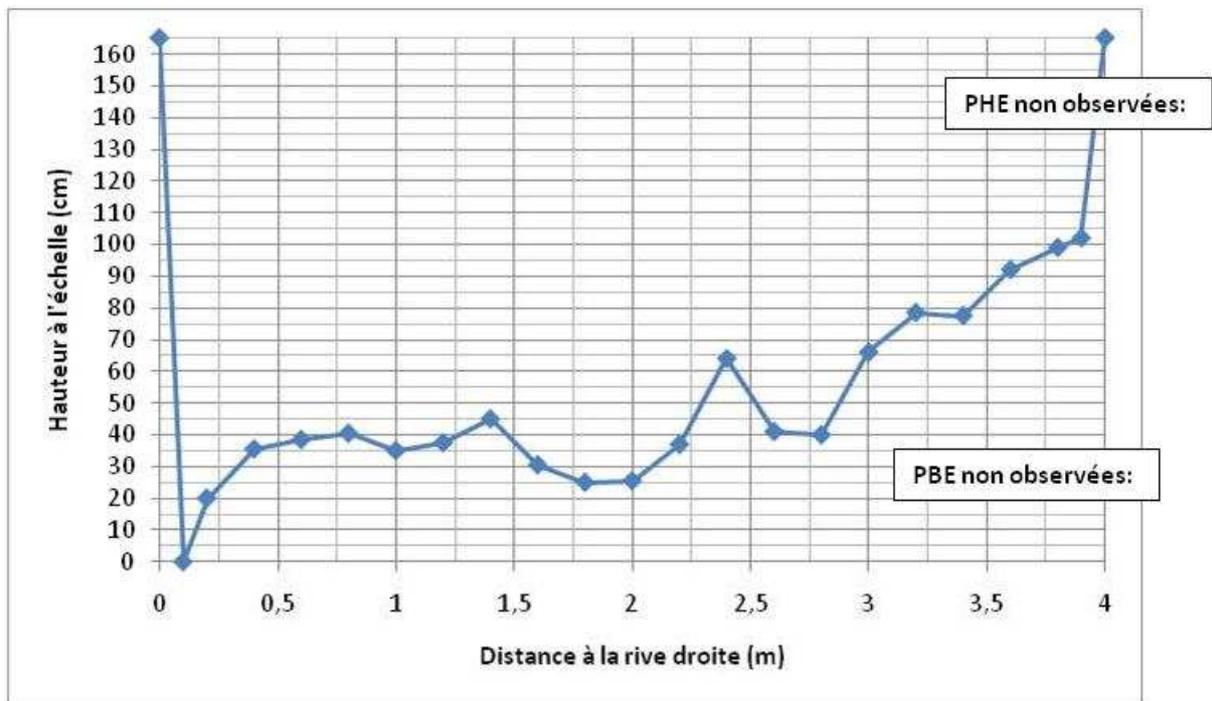
Seuil de contrôle	1 ^{er} contrôle : Amas de rochers en aval de l'échelle (Photographie N°36) 2 nd contrôle : cascade en aval de l'ancien pont du passage canadien (Photographie N°38)
Nature des berges	Rive droite : mur en pierres sèches Rive gauche : herbes et broussailles puis mur en pierres sèches
Nature du fond	Graviers et galets
Sensibilité de la section	Pas assez de jaugeages pour répondre
Possibilité de débordement	Non car écoulement canalisé par des murs en pierres sèches
Possibilité de jaugeage en crue	A l'amont du passage à gués (photographie N°31)
Possibilité d'envasement	Non observé en 2010
Risque d'apport en eau	Pas d'observations
Risque de perte en eau	Pas d'observations

Caractéristiques techniques :

Longueur de l'échelle (m)	2,8
----------------------------------	-----

Remarques importantes : La graduation de l'échelle commence à 2,3 m. L'échelle n'est pas étalonnée sur toute la plage des débits mesurables.

4-Profil en travers de la station au niveau de l'échelle



Profil en travers de la station au niveau de l'échelle (pour une hauteur à l'échelle de 165 cm)

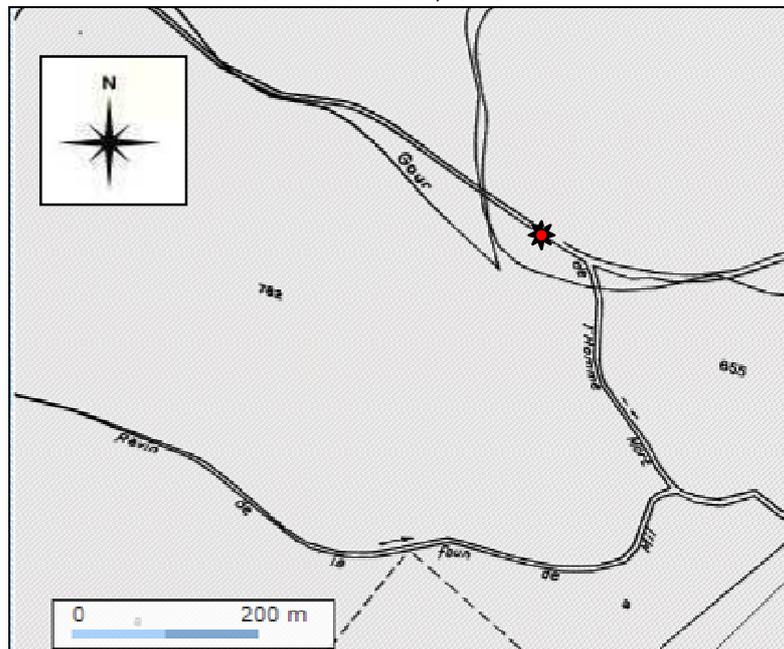
Annexe N°4 : Dossier de reconnaissance de site de la station hydrométrique « Amont du répartiteur de débit »

1-Cartographies



Localisation de la station hydrométrique amont répartiteur de débit (étoile rouge) sur la carte IGN au 1/25000

Source : scan25®, © IGN 2006



Localisation de la station hydrométrique amont répartiteur de débit (étoile rouge) sur le cadastre de la commune de Nohèdes.

Source : Couche cadastrale du site Géoportail : <http://www.geoportail.fr/?c=-0.775,49.225&l=Parcelles%28100%29&z=5>

Juillet-Novembre 2010

2-Photographies de la station à différents états hydrologiques de la Ribera (*)
de Nohèdes (amont répartiteur de débit)



N°43 : Arrivée de l'eau dans le répartiteur (gauche) et surverse de l'ouvrage (droite)



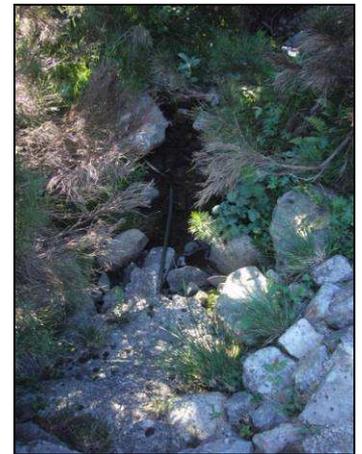
N°44 : Au niveau de la répartition



N°45 : Vers Nohèdes (gauche), vers l'Estany del Clot (droite)



N°46 : Débit réservé alimentant Nohèdes



N°47 : Surverse de l'ouvrage



N°48 : Rocher envisagé comme support de l'échelle limnimétrique



N°49 : Alimentation de Nohèdes



N°50 : Alimentation de l'Estany del Clot

Photographies de la Ribera de Nohèdes en étiage à proximité de S4

Juillet-Novembre 2010

3-Fiche de la station

Identification :

Nom	« Répartiteur de débit »	N° station	S4
Rivière	<i>Nohèdes (Amont)</i>	Bassin	Amont de Nohèdes
Grand Bassin	Têt	Surface Bassin (km²)	3,83
Département	Pyrénées Orientales	Commune	Nohèdes
Coordonnées Lambert II étendu			
X (m)	591 728,6	Y (m)	1 736 932,2
Altitude (m)	1660	Lieu dit	« Répartiteur de débit »

Localisation envisagée de la station et de l'échelle (voir cartographie) :

La station concerne le canal en béton constituant le répartiteur de débit avant la répartition jusqu'à l'arrivée d'eau de petites mouillères. L'eau dérivée alimente l'*Estany del Clot*. L'eau du débit réservée ($Q \approx 50$ L/s) alimente le cours d'eau naturel qui se divise en 2 rivières : *Camps Réals* et *l'Home mort*. L'échelle se situera sur un bloc en granite en amont du répartiteur de débit et rive gauche de la *Ribera de Nohèdes*. On note que l'échelle serait placée sur le terrain privé de CAYROL INTERNATIONNAL.

Démarches administratives :

L'autorisation d'implantation de l'échelle à proximité du répartiteur de débit a été obtenue du gérant de la microcentrale hydroélectrique de Nohèdes : CAYROL INTERNATIONNAL. La mairie de Nohèdes, a donné son accord au projet de suivi hydrologique de la *Ribera de Nohèdes*. On note qu'un aménagement de type génie civil sur cette station engendre une demande de travaux au conseil d'administration de la réserve naturelle de Nohèdes.

Juillet-Novembre 2010

Historique hydrologique de l'emplacement :

Les débits à l'amont de l'ouvrage de répartition sont disponibles sur 3 ans (Février 1988- Novembre 1990). Ils ont été estimés par M. H. Salvayre à partir des relevés de hauteurs d'eau à une échelle limnimétrique, effectués par Mr Climens (ancien propriétaire de la microcentrale) et d'un étalonnage de l'échelle sur 3 jaugeages.

Situation actuel :

Échelles et limnigraphe	1 échelle
Début des observations	Échelle non installée
Nom du gestionnaire	AGRNN
Nom du lecteur	AGRNN
Accessibilité en crue	Difficile d'accès en forte pluies à cause du ravinement de la piste ainsi qu'en cas de neige à cause du verglas/ enneigement de la piste.
Accessibilité en étiage	A 5 min à pied du l'Estany del Clot et de la piste Nohèdes-Estany del Clot. L'accès à l'Estany del Clot par véhicules est strictement réservé aux usagers, propriétaires privés et au personnel des structures publiques.

En prévision : La pose d'un enregistreur de niveau d'eau (mesuré par une sonde de pression) (OTT Orpheus Mini) est à l'ordre du jour.

Vocation de cette station :

Suivi du comportement de la *Ribera de Nohèdes* avant la répartition du débit.

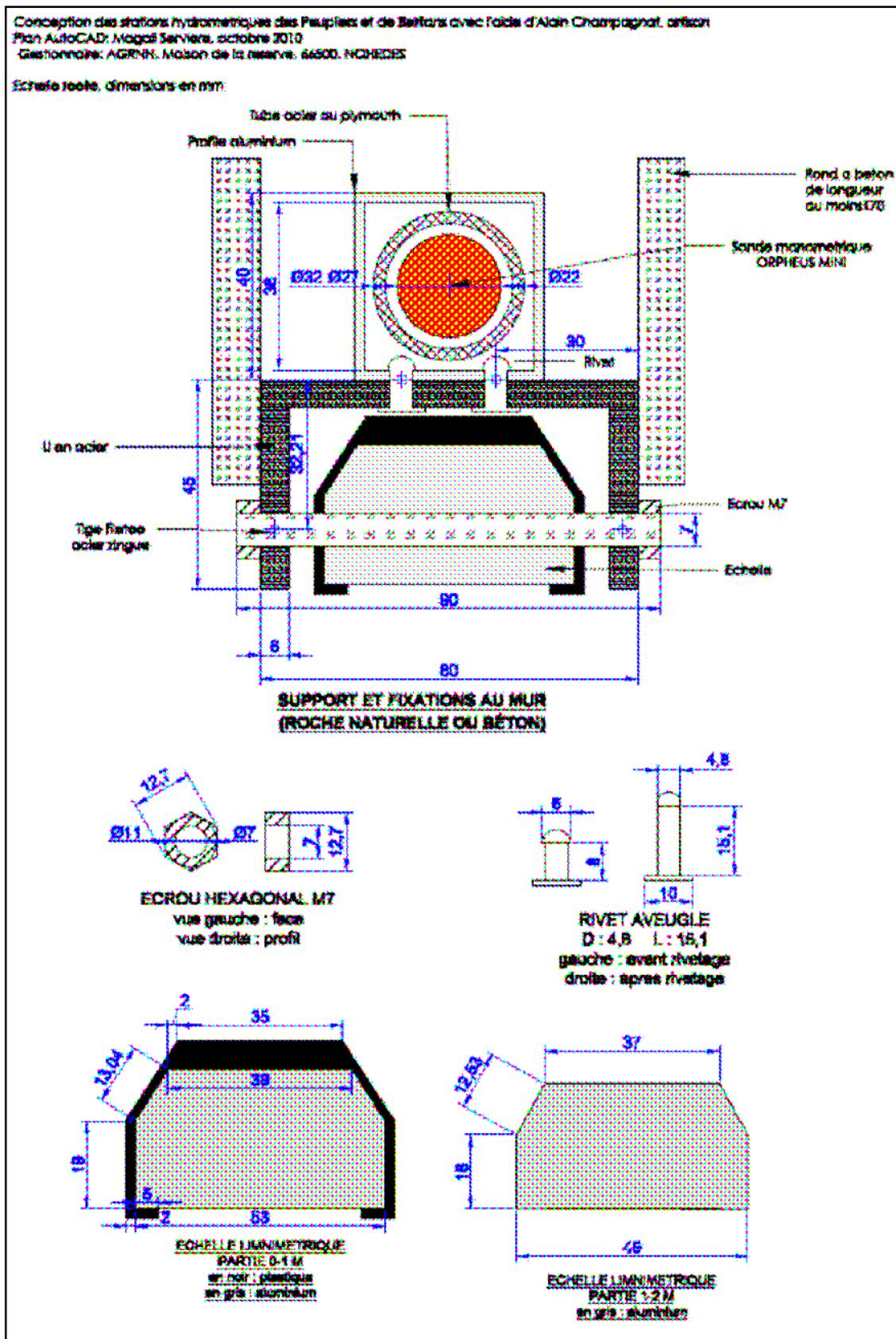
Remarques : Attention à ne pas installer l'échelle dans le canal à cause de la surverse à l'amont du répartiteur de débit. Étudier quand démarre la surverse de l'ouvrage.

Caractéristiques techniques :

Longueur de l'échelle (m)	1,6
----------------------------------	-----

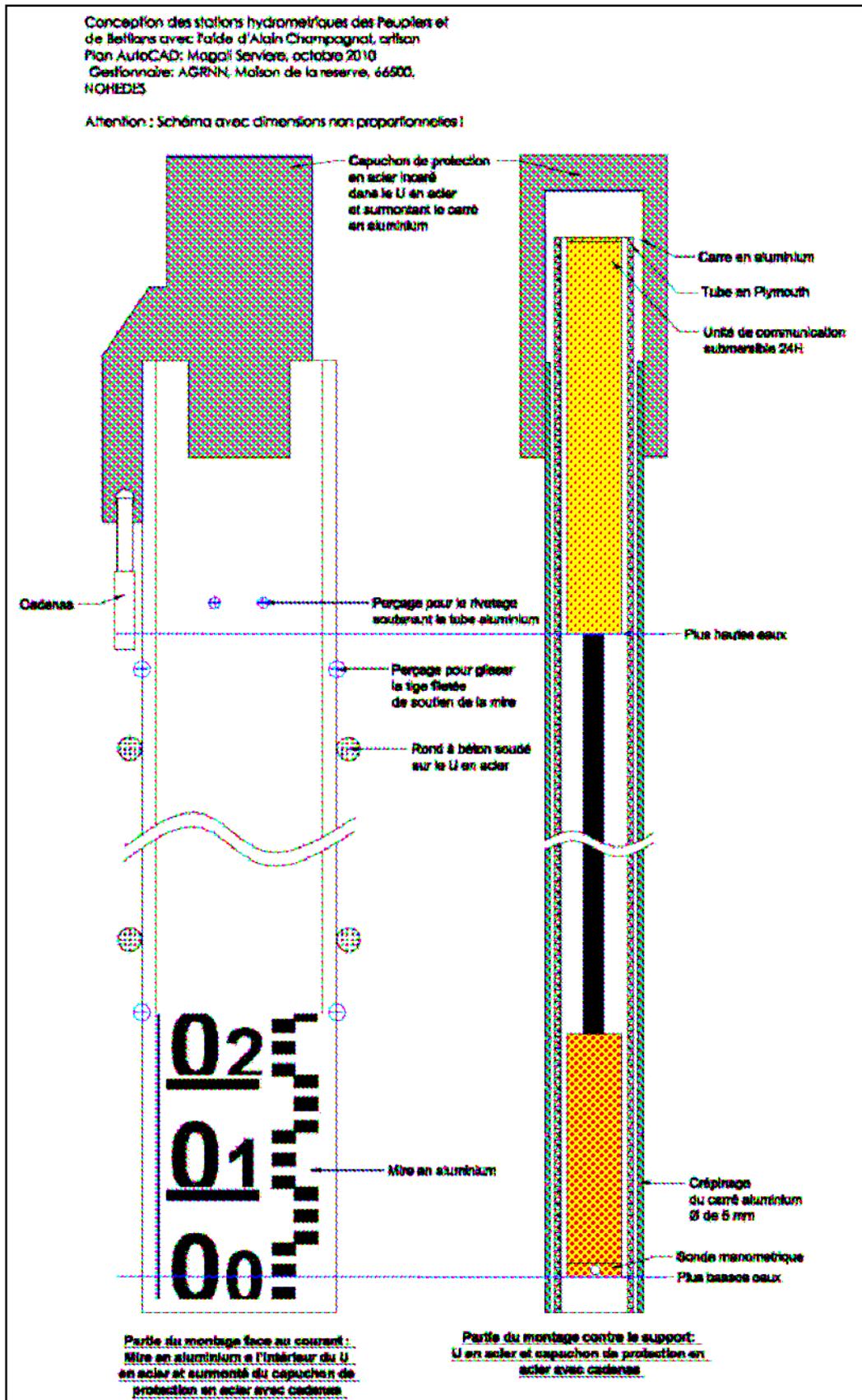
Juillet-Novembre 2010

Annexe N°5 : Coupe du montage avec échelle limnimétrique



Juillet-Novembre 2010

Annexe N°6 : Profil du montage avec échelle limnimétrique



Juillet-Novembre 2010

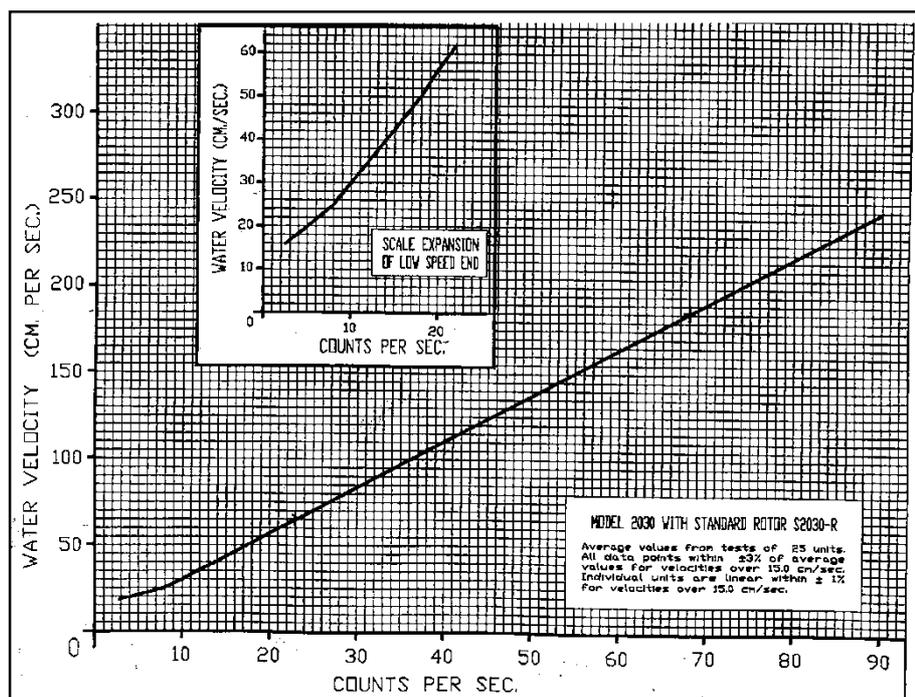
Annexe N° 7 : Description de l'hélice 2030R GENERAL OCEANICS

- vitesse : de 0,1 à 7,9 m/s
- Pas de l'hélice : 0,26873 m
- 10 comptages : 1 tour d'hélice

Coefficients d'étalonnage	
De 0,1 à 0,8 tours /s	
A1	B1
0,200	0,100
0,200	0,100
De 0,9 à 1,8 tours/s	
A2	B2
0,250	0,050
0,250	0,050
De 1,9 à 9 tours/s	
A3	B3
0,269	0,032
0,269	0,032

Coefficients A et B de la relation : Vitesse de l'hélice = f (Nombre de tours de l'hélice),
 Vitesse mesurée (m/s) = A x Tours (Nb/s) + B

La maintenance de l'hélice consiste à remplir le corps de l'hélice avec de l'eau de robinet en faisant le moins possible de bulles avant l'utilisation de l'hélice. Une fois les mesures terminées, il faut à l'eau du robinet le corps de l'hélice pour enlever les matières en suspension.



Courbe d'étalonnage du constructeur

Juillet-Novembre 2010

Annexe N°8 : Coordonnées géographiques des résurgences temporaires et de la perte

Les coordonnées géographiques en Lambert II Carto – Paris des résurgences temporaires et de la perte sont les suivantes :

Nom	X (m)	Y (m)
Llisera del Rabato 1	596 755	1 734 837,5
Llisera del Rabato 2	596 840,3	1 734 764,6
Llisera del Rabato 3	596 883,1	1 734 807,7
Coma dels Tallats	595 660,8	1 735 130,9
Perte de la rivière de Nohèdes vers le karst	597 346,4	1 734 922,8

Juillet-Novembre 2010

Annexe N°9 : Budget (en euros) du suivi hydrologique réalisé en 2010

BUDGET DU PROJET HYDRO REALISE EN 2010					
Equipements pour 4 stations hydrométriques réalisées en 2010 (dont 3 stations installées en 2010)					
Sur le budget de fonctionnement de la réserve naturelle de Nohèdes 2010					
Description	Quantité	Prix unitaire	Unité de vente	Total HT	Total TTC
Mesures visuelles du niveau de l'eau					
- Echelles limnimétriques (mires de topographie)	3	62	5 mètres	186	222,46
Fixations de l'échelle limnimétrique					
- Ecrous M7 (Dint = 7 mm)	24	don	-	0	0,00
- Tige filetée acier zingué (D = 7 mm)	2	don	-	0	0,00
- Ecrous indesserrables (Dint = 6 mm)	2	2,76	20 écrous	5,5184	6,60
- Tige filetée acier zingué (D = 6 mm)	2	1,05	1 mètre	2,0904	2,50
Fixations du profilé carré en alu					
- Rivets Pop en alu/acier (D. =4,8, Long. = 15,1 mm)	1	5,18	50 rivets	5,18	6,20
- Rivets Pop en alu/acier (D. =4,0, Long. = 16,9 mm)	1	4,5987	50 rivets	4,5987	5,50
Fixations du support dans un matériel plein dur					
- Rond à béton (D = 10 mm)	1	3,9	6 mètres	3,9	4,66
- Scellement chimique (cartouche)	2	7,57	300 ml	15,14	18,11
- Scellement chimique (embouts)	1	9,78	10 embouts	9,78	11,70
Protections contre les crues et la détérioration					
- Profilé U en acier (Ep.= 6; Base = 80; Aile = 45 mm)	9,3	38,39	mètres	357,027	427,00
- Profilé carré en aluminium (40 x 40 mm)	2	61,20	6 mètres	122,4	146,39
- Carré acier (60*60*3 mm)	0,5	8,58	0,5 mètres	8,58	10,26
- Fer plat (Ep.= 6, Larg.= 40 mm)	2	6,49	1 mètre	12,98	15,52
- Peinture anti-corrosion (Rustol)	1	11,04	500 ml	11,04	13,20
- Cadenas (Stander)	1	13,71	4 cadenas	13,71	16,40
Conception des échelles et capuchon					
- Artisan soudeur	12	28	1 heure de travail	336	336,00
Sous-Total				745,737	1242,50
Budget du matériel de jaugeage au moulinet					
Sur le budget d'investissement 2010					
Intitulé du matériel	Quantité	Prix unitaire	Unité de vente	Total HT	Total TTC
Appareil de mesure : courantomètre					
- Courantomètre mécanique (General Oceanics)	1	660,50	1 appareil	660,5	789,96
Sous-Total				660,5	789,96