



Université Lumière Lyon 2

Licence professionnelle

« Chargé de gestion milieux aquatiques et eaux pluviales »

Etude préliminaire sur la ressource en eau de la rivière du Caillan



De Bentzmann Grégoire

Année universitaire 2019-2020

Sous la direction de :

Mr Navratil Oldricht, Professeur et chercheur en hydrologie et géomorphologie fluviale

Mme Le Moing Floriane, Chargée de mission gestion quantitative au Syndicat de la Têt

Sommaire

Remerciements	2
Présentation du SMTBV, un Syndicat récemment Gémapien	3
1. Introduction	4
2.1 La Têt, un fleuve à la ressource contrastée	6
2.2 Le bassin versant du Caillan, un contexte géographique complexe et atypique	8
2.3 Le synclinal de Villefranche de Conflent : une gouttière karstique	10
2.4 Quels usages pour quels acteurs ?	11
3. Outils et Protocole	17
3.1 Le jaugeage par le champ d'exploration des vitesses et choix des sites de mesure	17
3.2 Réseau de suivi hydrographique de la Réserve Naturelle Nationale de Nohèdes	19
3.3 Protocole	20
4. Résultats/discussion	23
4.1 Présentation de l'évolution du modèle hydrographique du Caillan	23
4.2 Un exutoire mis sous pression	26
4.3 Un rôle des failles karstiques difficilement estimable	28
4.4 Limites et perspectives	29
Conclusion	31
Références bibliographiques	32
Sommaire des annexes	33
Sommaire des figures	37

Remerciements

Je tiens à remercier le directeur du SMTBV et son équipe pour la qualité de leur accueil et leur disponibilité à mes questions. Merci à Floriane Le Moing - Chargée de mission gestion quantitative - qui m'a conseillée, formée et encouragée pendant toute la durée de ce stage et la rédaction de ce rapport.

Merci à David Morichon (Conservateur de la Réserve Naturelle de Conat), Kimberley Goudédranche (technicienne à la Réserve Naturelle de Nohèdes) et Laurent Espinet (Président de la Réserve Naturelle de Nohèdes) pour leur aide, le partage de leurs données et leur inconditionnelle bonne humeur.

Merci à Thierry Bégué, Maire de Nohèdes, ainsi qu'à toute son équipe pour leur disponibilité et leur gentillesse.

Un grand merci à Lény Guillaud pour le partage de ses données pluviométriques ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué à améliorer les connaissances utiles à cette étude.

Enfin je remercie sincèrement les équipes pédagogiques de l'Université Lumière Lyon II et du Lycée Agrotec de Vienne, qui m'ont accordé leur confiance et permis ainsi de mener mon projet de reconversion professionnelle. Merci enfin aux étudiants de la licence Pro MAEP, avec qui les échanges furent riches et conviviaux, malgré une fin d'année particulière.

La Syndicat Mixte de la Têt Bassin Versant, créé en 2008, regroupe 104 communes au travers de l'adhésion de 8 établissements publics de coopération intercommunale. Cela représente un bassin versant de 1500km² où vivent 214 000 habitants.

Le syndicat a pour objectif la gestion concertée de la ressource en eau. Ses compétences portent sur l'élaboration et la mise en œuvre de politiques de gestion au travers d'outils tels que le contrat de rivière ou le PAPI - Programme d'Action pour la Prévention des Inondations.

Depuis le 1^{er} janvier 2019 le Syndicat a acquis la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Préventions des Inondations (GEMAPI) transférée par les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) présents sur le périmètre du bassin versant. Le SMTBV peut donc maintenant être porteur de travaux sur l'ensemble de son territoire.

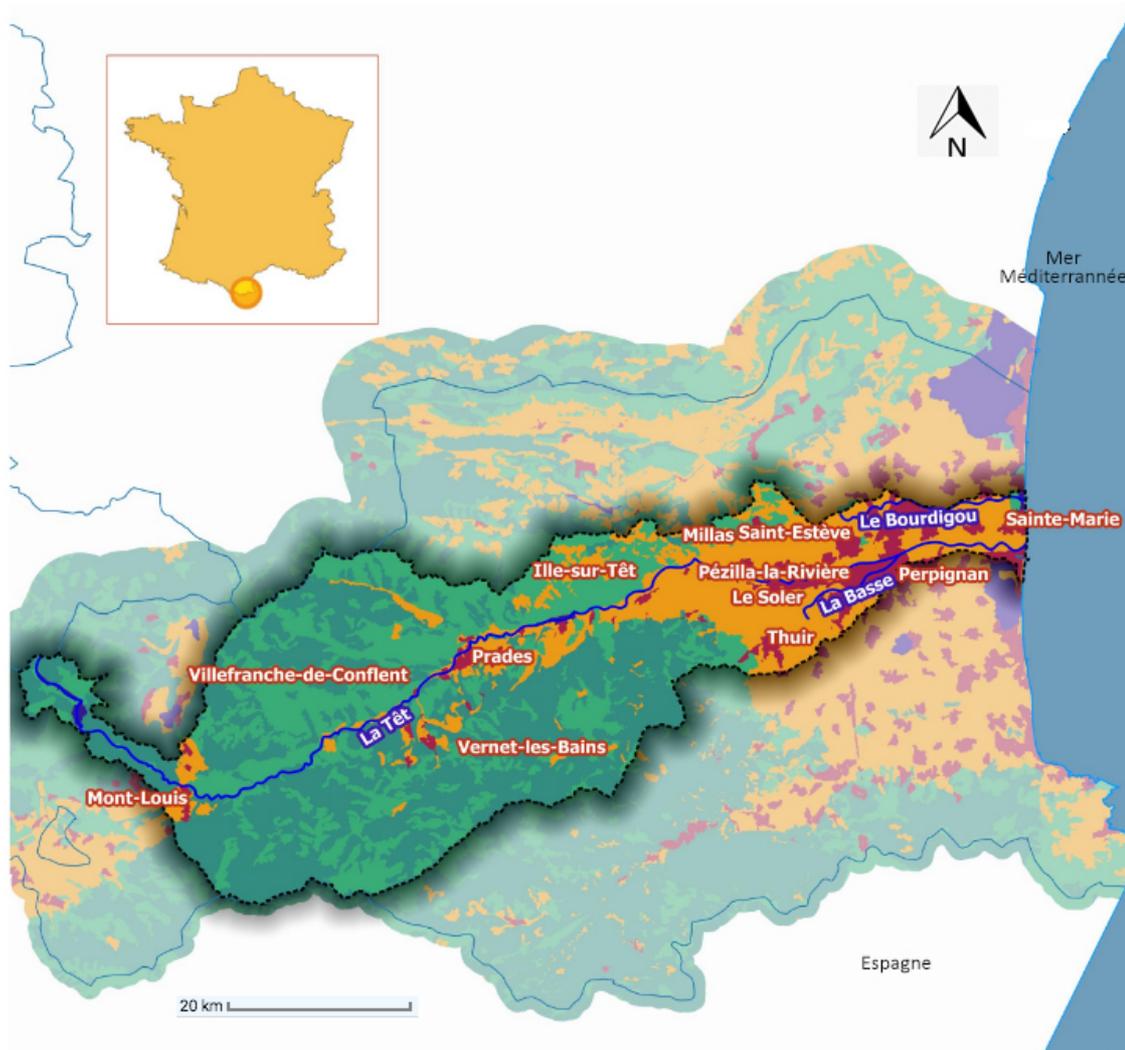


Figure 1 : Localisation du bassin versant de la têt à l'échelle du territoire national @SMTBV

Parmi les enjeux liés à la gestion de la ressource hydrique, le phénomène de sécheresse constitue certainement l'un des risques dont les conséquences sur le plan humain, économique ou environnemental s'avèrent les plus critiques. Or dans les Pyrénées Orientales l'été est une période délicate. Bien que les acteurs du territoire visent à se prémunir de ses effets (canaux, retenues, barrages...), les situations de crise se succèdent et les Comités sécheresse sont chaque année ou presque mobilisés sur certains bassins versants.

Le rétablissement de l'équilibre entre les prélèvements et les besoins du milieu naturel est un objectif prioritaire, voulu par la Directive Cadre sur l'Eau (23 octobre 2000), afin de fixer un cadre réglementaire pour une politique européenne globale de gestion de l'eau. Au niveau national la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (loi LEMA du 30 décembre 2006) fixe le cadre de cette politique. Celle-ci renforce la portée juridique des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) qui en sont l'outil de planification. Adopté en Comité de bassin le 20 novembre 2015, Le SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée-Corse recommande la mise en œuvre d'actions au travers de l'élaboration d'un Plan de Gestion de la Ressource en Eau (PGRE) pour les sous bassins en situation de déséquilibre, c'est-à-dire présentant une inadéquation entre la satisfaction des usages et l'approvisionnement des milieux aquatiques.

Ce schéma directeur a donc identifié 13 sous ensembles hydrographiques cohérents, avec pour objectif d'initier des échanges au sein de commissions locales d'usagers d'un même territoire (associations d'irrigation, industries, associations de protection de la nature, gestionnaires des réseaux d'eau potable, d'assainissement ect...) dans une logique de solidarité amont-aval.

Affluent de la Têt situé dans la partie amont du bassin versant, la rivière du Caillan a été identifié en déséquilibre quantitatif dès 2012 (« Etudes de détermination des volumes prélevables du Bassin de la Têt », *BRL Ingénierie, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 2012*), ce qu'a confirmé en 2018 le Syndicat Mixte de la Têt Bassin Versant dans le cadre de l'élaboration du Plan de gestion de la Ressource en eau 2019-2021.

La rivière du Caillan est en tension pendant les périodes d'étiages, notamment en fermeture de bassin, alors que les prélèvements s'y intensifient. Cette rivière enclavée reste méconnue, tant du point de vue des usages autour de la ressource que de son fonctionnement hydrologique. Plusieurs questions se posent donc: qui sont les acteurs de ce territoire? Quels sont les principaux apports/prélèvements en eau sur le linéaire du Caillan? Où sont les zones les plus vulnérables ?

Dans un premier temps un travail de bibliographie sera réalisé, afin de faire un bilan des connaissances. La Réserve Naturelle de Nohèdes a mené plusieurs études, tout comme le Parc Naturel régional des Pyrénées Catalanes, sur lesquelles nous nous appuyons en plus des Etudes sur les Volumes Prélevables de l'Agence de l'Eau. La compréhension du fonctionnement hydrologique de la rivière en période d'étiage, alors que celle-ci est particulièrement influencée par les usages, sera améliorée grâce à des campagnes de jaugeages réalisées de début juillet à fin septembre 2020. Cela permettra d'établir un bilan des entrées/sorties le long du Caillan, de l'amont à l'aval du bassin versant. Enfin l'objectif du Syndicat de la Têt est de poser les premières bases d'une concertation menée avec les usagers/acteurs du Caillan, afin de réfléchir collectivement aux moyens de tendre vers une préservation durable de la ressource. L'objectif étant à terme d'aboutir à l'élaboration d'un Plan Local de Gestion, à l'image de celui réalisé sur la bassin de la Rotja (2017-2019), pour mettre en place des mesures d'économie d'eau.

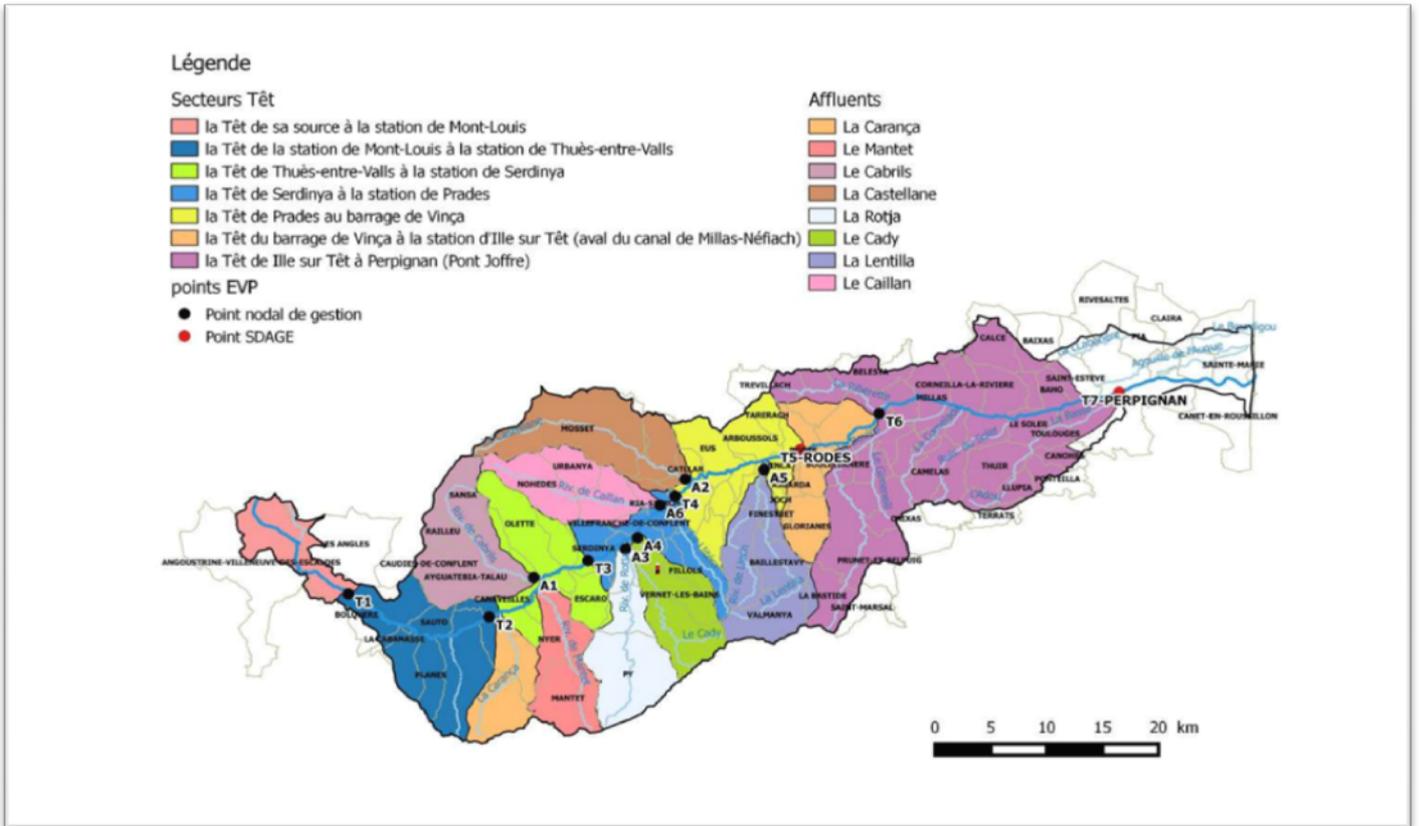


Figure 2 : Sous ensembles hydrographiques du bassin versant de la Têt @ EVP 2012

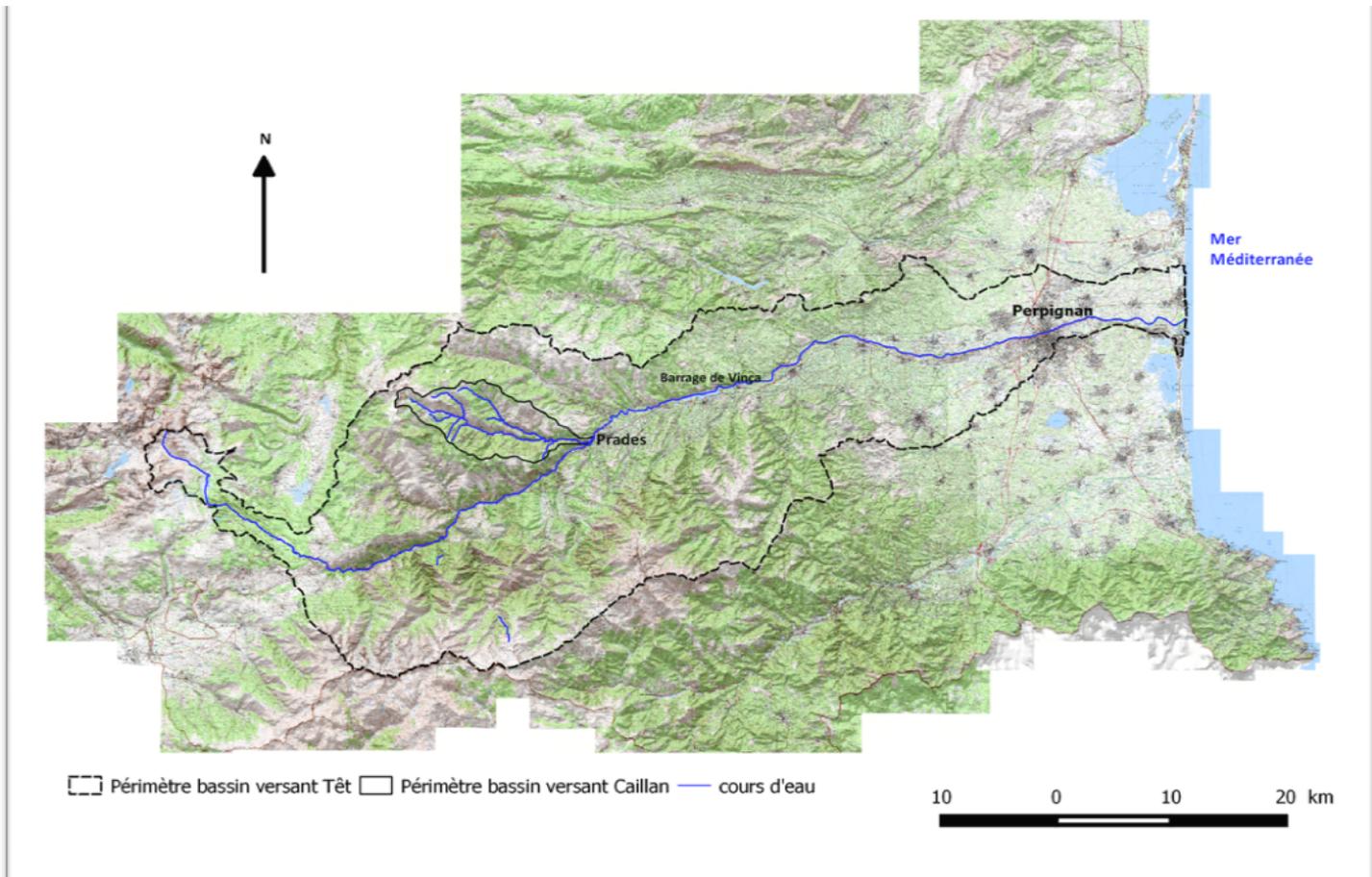


Figure 3 : Localisation du bassin versant du Caillan

2. Contexte de l'étude

2.1 La Têt, un fleuve à la ressource contrastée

Situé en Occitanie dans le département des Pyrénées Orientales, la Têt est un fleuve côtier qui prend sa source dans le massif du Capcir. Sa superficie avoisine les 1500km². Le réseau hydrographique draine les principaux massifs du département tels que le versant Sud des Madres et le versant Nord du Canigou-Pic du Géant. Le fleuve traverse ensuite la plaine du Roussillon avant de rejoindre la Mer Méditerranée entre Canet-en-Roussillon et Saintes-Marie-la-Mer.

Le cours d'eau est influencé par deux barrages : la retenue des Bouillouses (2016 mètres d'altitude, 17Mm³) située la plus en amont et celle de Vinça (246 mètres d'altitude, 24Mm³) qui joue un double rôle d'écrêteur de crues et de soutien d'étiage.

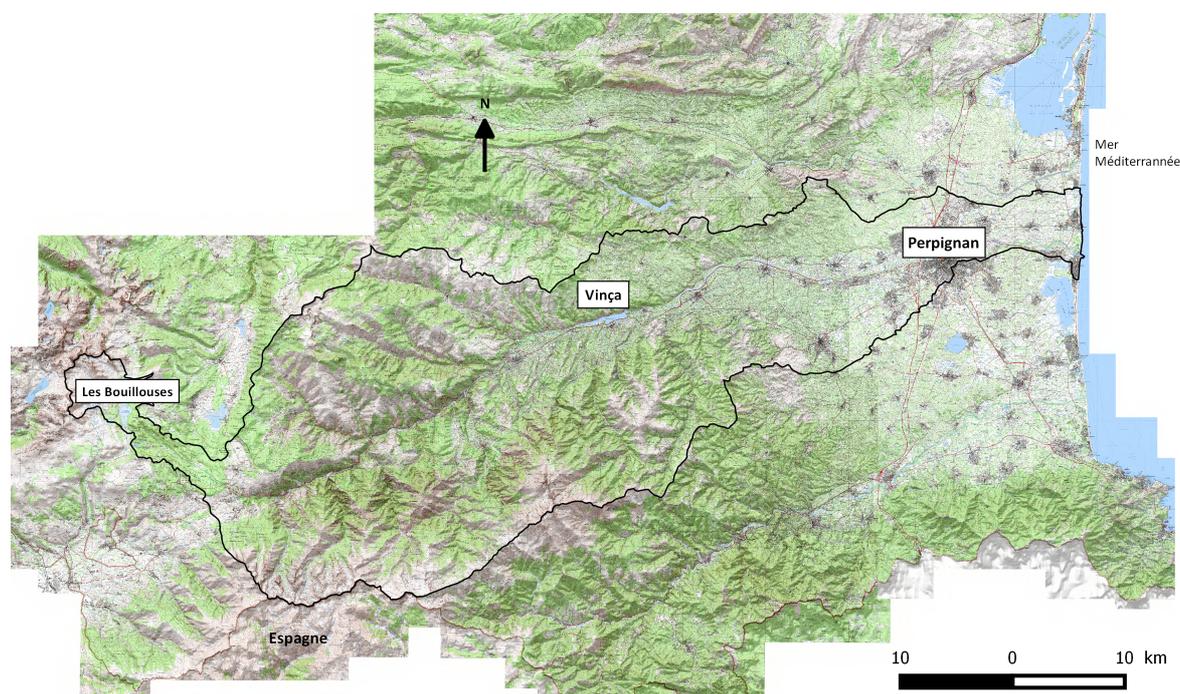


Figure 4 : Localisation des barrages sur le linéaire de la Têt

La partie amont du bassin versant (45km²) se caractérise par une zone montagneuse de vallées encaissées, peu densément peuplée, alimentée par des affluents pouvant connaître des hausses de débits soudaines sous l'effet de la pluviométrie et de la fonte des neiges au printemps. Cette zone qui s'étend jusqu'à Mont Louis est constituée de landes, forêts et plans d'eau. Elle confère à la Têt un régime hydrologique nival.

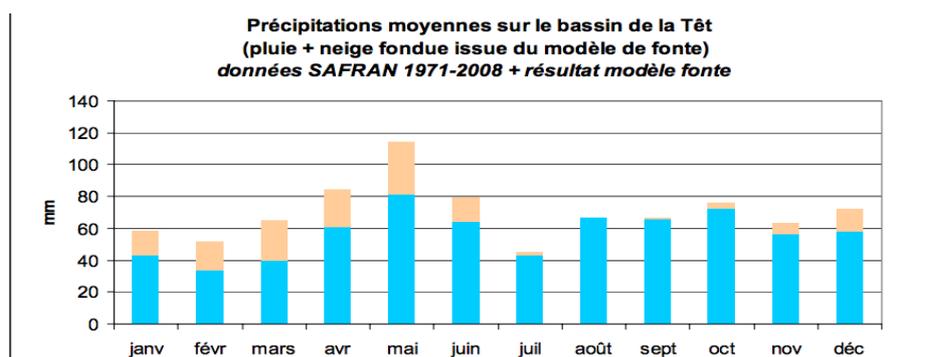


Figure 5 : Précipitations moyennes de 1971 à 2008 sur le bassin versant de la Têt @Modèle SAFRAN EVP 2012

La moyenne vallée du Conflent (940km²) est une zone de moyennes montagnes, où les écoulements circulent au fond de gorges étroites. Les principaux affluents, qui descendent du Canigou (2784m) en rive droite, drainent de vastes surfaces où la pluviométrie est conséquente. C'est ici qu'est produite la majeure partie des volumes écoulés vers la plaine avale, parfois sous forme de crues violentes (épisodes méditerranéens).

La retenue de Vinça est considérée comme la limite amont/aval du bassin versant. A partir d'ici s'ouvre la plaine du Roussillon, où des pentes douces ont permis l'expansion urbaine et agricole. Deux affluents principaux sont localisés en rive droite : le Boulès et la Basse. En rive gauche les apports proviennent de cours d'eau non pérennes, au fonctionnement torrentiel.

A l'aval de Perpignan la Têt entre dans la plaine littorale, où une ancienne lagune comblée par les alluvions sert d'espace d'expansion pour les crues. C'est une zone sensible car particulièrement urbanisée (90% de la population du bassin versant).

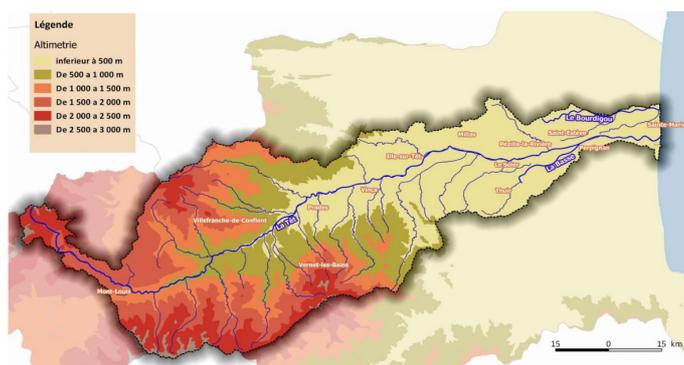


Figure 6 : Topographie du bassin versant de la Têt @ SMTBV

Si annuellement les précipitations sont importantes (870 mm en moyenne par an à Perpignan, données SAFRAN), celles-ci connaissent une forte variabilité intra-annuelle. De même il existe une inégalité sur le territoire du bassin versant. Si l'amont au relief montagneux est le principal producteur de la ressource, l'aval connaît des niveaux de précipitations presque trois fois inférieurs en plaine.

Durant l'été les niveaux d'eau sont alors naturellement au plus bas sur la Têt, alors que les prélèvements ne diminuent pas. Ainsi malgré les restrictions hydriques et le soutien d'étiage du barrage de Vinça, les crises sont récurrentes. Si des sécheresses surviennent parfois en hiver, l'été reste très critique du fait de l'augmentation de la démographie et des températures, de la baisse des précipitations et du maintien des besoins en eau (usages agricole, domestique, eau potable).

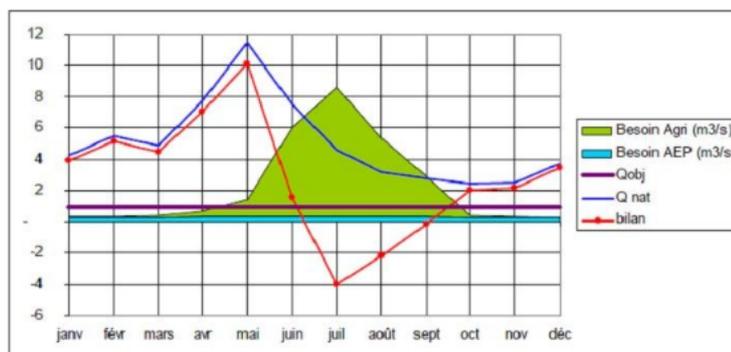


Figure 7 : Estimations des besoins au regard de la ressource sur la Têt @ EVP 2012

Le graphique ci-dessus montre que le débit quinquennal sec entre mi-juin et août est inférieur aux besoins en eau des usages, donc non compatible avec les besoins d'approvisionnement des milieux aquatiques sur certaines zones du linéaire de la Têt.

2.2 Le bassin versant du Caillan, un contexte géographique complexe et atypique

Située dans la région historique du Conflent, au sein du massif du Madres-Coronat, la rivière du Caillan, ou « Callau » en catalan, connaît plusieurs noms dans la littérature ou à l'usage. On retrouve l'appellation de « rivière de Nohèdes », même si celle-ci correspond plutôt à l'amont du bassin versant, où la rivière traverse la commune éponyme.



Figure 8 : Village de Nohèdes



Figure 9 : Rivière de Nohèdes, 2020

La position très méridionale du département le place dans la zone du climat méditerranéen, cependant les contrastes sont importants entre la zone littorale du Roussillon et le pied du massif du Carlit. Dans la vallée du Caillan le climat est de type méditerranéen montagnard, à la limite de l'influence océanique. Ainsi dans ses parties basses la vallée est soumise à un climat doux tandis que ses sommets sont souvent le siège de perturbations océaniques entraînées par les vents dominants d'Ouest (tramontane). On rencontre plus épisodiquement deux autres types de précipitations : les perturbations méditerranéennes et les précipitations thermiques qui se produisent souvent en fin de journée l'été. Ainsi les gradients de pluviométrie varient fortement en fonction de l'altitude, tout comme les températures.

Soumise à un régime hydrologique de type pluvio-nival, la vallée du caillan connaît des précipitations souvent intenses et localisées dans le temps (automne) où la lame d'eau annuelle peut s'abattre en 48 heures. Entre mars et début juin, la fonte des neiges gonfle les débits qui peuvent être amplifiés par des épisodes de pluie. Pendant la période estivale les déficits pluviométriques sont de longues durées et les débits connaissent alors une baisse constante, dont l'effet se fait sentir jusqu'à l'automne. Enfin un retour des précipitations a lieu de septembre à décembre.

Une station enregistreuse de Météo France, relevant les températures et les précipitations, est placée au niveau de la microcentrale électrique de Nohèdes (propriété d'EDF, données non mises à disposition). Un particulier dispose d'un pluviomètre à Conat et nous a communiqué ses données. Un pluviomètre installé à la Réserve naturelle de Nohèdes permet d'avoir des chroniques, ainsi que certaines données EDF rendues accessibles. Le suivi de la pluviométrie entre 1987 et 2007 par EDF (970 mètres) montre que la pluviométrie annuelle moyenne est de 762 mm pour une température moyenne de 11°C.

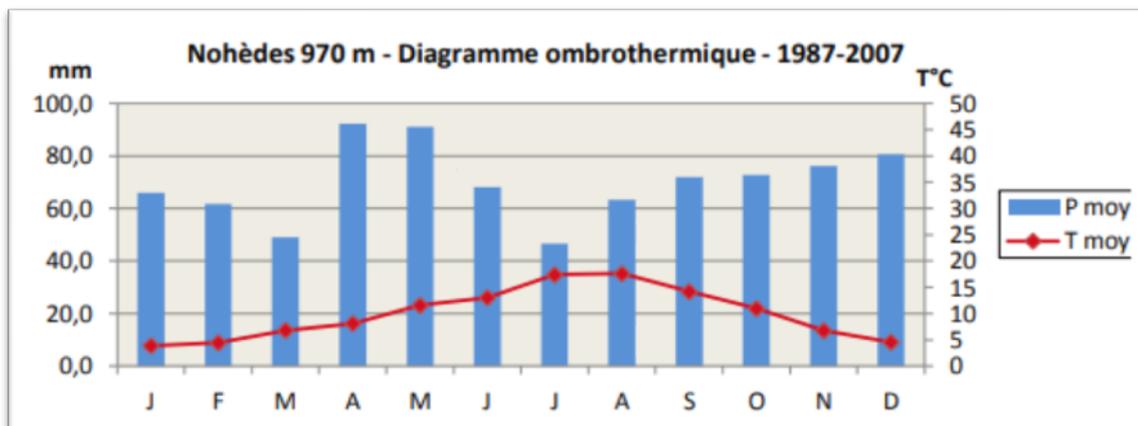


Figure 10 : Ombrothermie moyenne à Nohèdes, 1987-2007 @Alain Mangeot, Réserve de Nohèdes. Données EDF

Le bassin versant du Caillan couvre 6761 hectares (*Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du 66, 2018-2023*) et est situé en rive gauche de la Têt. Le linéaire du Caillan couvre 20,9km et est orienté selon un axe Nord-Ouest – Sud-Est. A 2200 mètres d’altitude son écoulement est d’abord souterrain le long de fissures qui alimentent deux lacs glaciaires : le Gorg Estelat et le Gorg Blau. Depuis ces deux plans d’eau on observe ensuite une succession de petits torrents, qui se joignent peu à peu pour former la ribera del Camps reals et le Rec de l’Homme Mort. A environ 1700 mètres d’altitude une retenue artificielle (Estany del clot) sert de réservoir pour garantir un débit suffisant à la micro-centrale hydroélectrique Cayrol International. Un répartiteur de débit soustrait l’eau au cours d’eau de l’Homme Mort en lui laissant un débit réservé théorique de 50 L/s. L’eau est acheminée gravitairement par une conduite de 4,4 km de long, avant de revenir à la rivière après avoir été turbinée. En période sèche la centrale a recourt à des éclusées lorsque le débit devient insuffisant dans le réservoir (70 L/s lui sont nécessaires pour fonctionner). Le turbinage doit cesser du 15 juillet au 15 septembre.

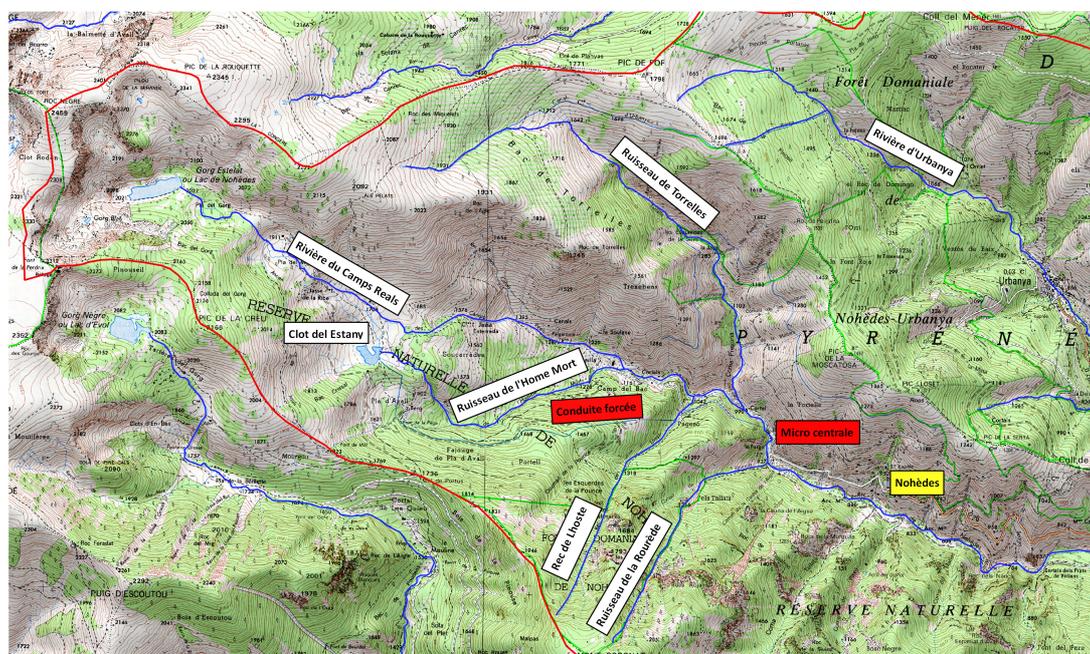


Figure 11 : Carographie du bassin versant amont du Caillan

Plusieurs affluents font grossir ensuite le caillan. Le ruisseau de la Rourède et le Rec de Lhoste en rive droite, puis le ruisseau de Toretles en rive gauche. Ce dernier est un affluent important du Caillan dont une partie des eaux est détournée en amont pour alimenter le canal d’Urbanya, le mettant parfois presque à sec l’été.

Le Caillan traverse ensuite les communes de Nohèdes (960m), Betllans (650m) et Conat (530m). A Conat la pente moyenne devient plus douce et le Caillan reçoit l'eau de la rivière d'Urbanya.

Des torrents, actifs uniquement pendant les fortes pluies ou la fonte des neiges, drainent tout au long de ce linéaire les ruissellements de surface. En fermeture de bassin le cours d'eau traverse enfin la commune de Ria-Sirach où le Caillan rejoint la Têt. Avec un module estimé à 581 l/s (Etude des volumes prélevables de 2012, *AERMC*), il est un affluent important de ce fleuve.

2.3 Le synclinal de Villefranche-de-Conflent : une gouttière karstique

La vallée du Caillan est aussi atypique du fait de son contexte géologique. En effet on rencontre ici de nombreuses formations calcaires, dans lesquelles l'eau s'infiltrerait lorsqu'elle est en contact avec le karst.

On trouve principalement trois types de roches dans le site d'étude : des roches magmatiques imperméables (granites) qui correspondent plutôt à l'amont du bassin versant (massif du Madres), des roches métamorphiques (schistes) également imperméables et enfin des roches sédimentaires (calcaire) qui sont perméables et solubles. C'est dans ces dernières que se forment les structures karstiques.

Le massif du Coronat est un massif karstique de moyenne montagne, qui culmine à 2172 mètres d'altitude face au Pic du Canigou. Il est bordé au Nord par la rivière du Caillan et dans sa partie occidentale par le ruisseau d'Evol.

Ce massif forme d'épais plis synclinaux empilés, qui s'étendent sur une bande étroite de 25km (0,5km à l'Ouest, 5km à l'Est) entre les bassins du Capcir et du Conflent. Cette formation, nommée synclinal de Villefranche-de-Conflent, est une structure géologique hercynienne. Elle se caractérise par des terrains à dominante carbonatée, dont les karsts proviennent du Paléozoïque supérieur (Dévonien). L'eau a creusé dans le massif de vastes ramifications souterraines, encore en partie méconnues, dont les réseaux horizontaux se répartissent sur plusieurs étages. Ces galeries présentent des cavités pérennes, alimentées par des pertes de rivières. Des travaux successifs réalisés par le GES Barcelone, le Collectif du Conflent Souterrain puis le Spéléo Club de Villefranche ont permis de mieux connaître ces réseaux et de commencer à inventorier leurs cavités.

C'est dans sa partie orientale que le synclinal est le plus large et c'est au niveau de la Têt que la concentration de cavités est la plus importante. Trois réseaux majeurs, à des niveaux altimétriques identiques, développent près de 70 kilomètres de galeries, à une dizaine de mètres au-dessus du niveau de la Têt. On peut observer des siphons dans ces boyaux, qui constituent des regards. Ces grands réseaux souterrains, qui drainent d'importants volumes d'eau, ont été mis en place dans leur partie inférieure par les pertes de la Têt et de deux de ses affluents : La Rotja et le Cady.

Dans le prolongement du synclinal, la faille de Mérens longe la partie septentrionale du massif du Coronat au niveau de la vallée du Caillan (ou vallée de Nohèdes) et barre le karst à la vallée de la Têt. Cette faille, qui traverse d'Est en Ouest la vallée du Caillan, est le résultat d'une déformation provoquée par la compression tectonique qui agit sur la zone axiale des Pyrénées. Cette particularité géologique ainsi que les nombreux réseaux d'infiltration dans le massif du Coronat rendent le trajet de l'eau difficile à identifier.

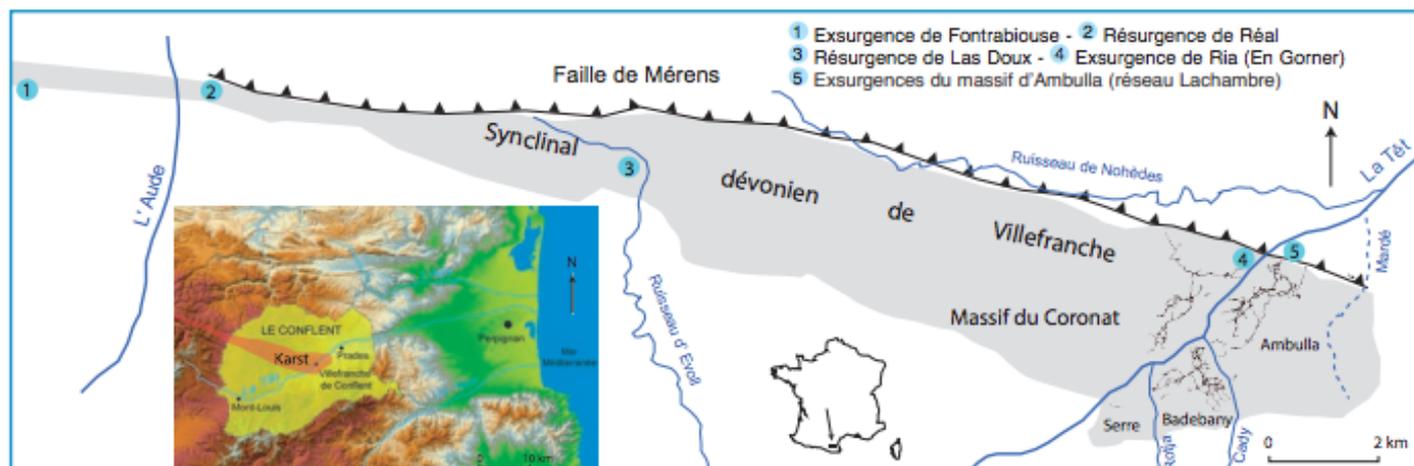


Figure 12 : Carte présentant le Synclinal de Villefranche, ses 5 principales émergences et la faille de Mérens @ G. Hez 2015

L'exurgence de Ria en rive gauche de la Têt, qui est l'exutoire du réseau souterrain d'En Gorner (17 km de long), est l'un des aboutissements de cette sorte de gouttière qui restitue les eaux souterraines dans la vallée de la Têt.

2.4 Quels usages pour quels acteurs ?

De par sa difficulté d'accès et son encaissement, la vallée du Caillan reste peu urbanisée: 94% des sols sont occupés par des forêts et des milieux semi-naturels. Toutefois différents usages (irrigation, eau potable, microcentrale hydroélectrique) exercent chacun à leur niveau une pression sur la ressource du cours d'eau, notamment pendant l'été.

Si le nombre d'habitants vient à doubler l'été dans la vallée, les communes y sont de petites tailles. Nohèdes comptait 65 habitants en 2015 pour 56 à Conat selon l'Insee. La commune de Ria-Sirah est la plus peuplée (1 314 habitants en 2015) en revanche sa population est répartie sur les rives droite et gauche de la Têt. Ria et Sirah étant à l'origine deux villes distinctes, seule Ria en rive droite se trouve sur la vallée du Caillan.

Si le Caillan était autrefois appelée « vallée de la fraise », la déprise agricole ne l'a pas épargnée et les exploitations sont aujourd'hui peu nombreuses. Les terres cultivées ne représentent pas plus de 5% de la superficie du bassin versant.

Au niveau de la commune de Nohèdes, on dénombre 4 exploitations : un éleveur bovins, un éleveur de moutons (environ 200 bêtes), un petit élevage de chèvres et une maraîchère en agriculture biologique. La commune puise dans la rivière au moyen d'un canal pour alimenter les producteurs mais aussi les jardins de la commune pendant l'été (seuls les agriculteurs sont alimentés en hiver). Il n'existe pas de dispositif de comptage mais le prélèvement est estimé par la mairie à environ 25 L/s en moyenne.

Sur la commune de Conat les superficies agricoles restent faibles tout comme à Ria-Sirach.

Outre les canaux, les prélèvements agricoles en eau se font par l'intermédiaire de crépines (16mm de diamètre) dans la rivière, au titre du droit d'eau (1000m³ par jour pour usage domestique). Tout au long du cours d'eau les mêmes tuyaux permettent aux habitants de la vallée d'arroser leur potager ou leur jardin. Ces prises d'eau n'étant pas soumises à déclaration, leur référencement n'est pas facile, tout comme le calcul de leur consommation (17 points identifiés par l'Etude PNRPC, Canaux Haut-Conflent 2018)

Traditionnellement l'irrigation se faisait dans la vallée grâce aux canaux, dont la fonction est aujourd'hui essentiellement culturelle et sociale, bien que subsistent des prélèvements agricoles. Dans les communes de Nohèdes et Betllans ces canaux ne sont plus fonctionnels ou presque. Quatre restent en activité à Conat et sont exploités par des privés (potagers, agriculteurs). Les trois principaux canaux historiques sont localisés sur la commune de Ria-Sirach et prélèvent l'eau du Caillan : le canal du Rec Como, le canal du rec Balajat et le canal de Canoha. Ils sont surtout destinés à l'arrosage des jardins et potagers et sont gérés par des Associations syndicales autorisées (ASA) ou les Mairies.

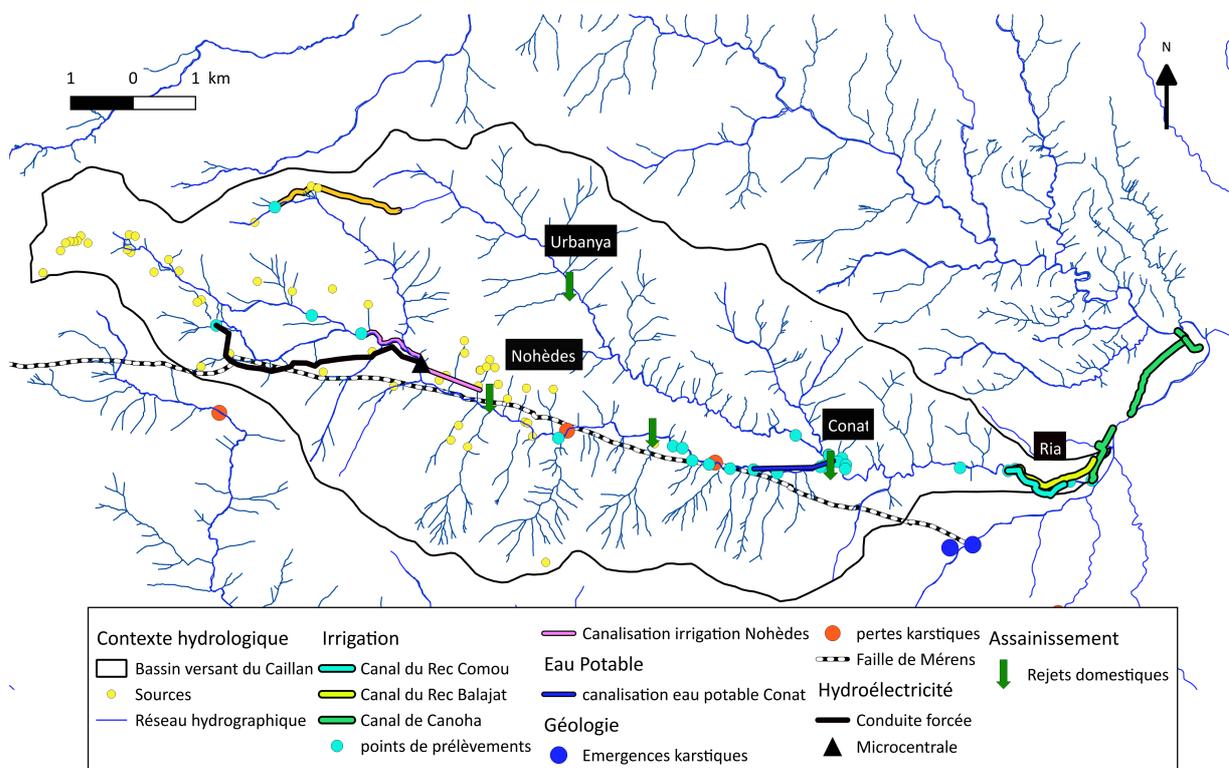


Figure 13 : Cartographie des usages autour de la ressource en eau et contexte géologique dans la vallée du Caillan

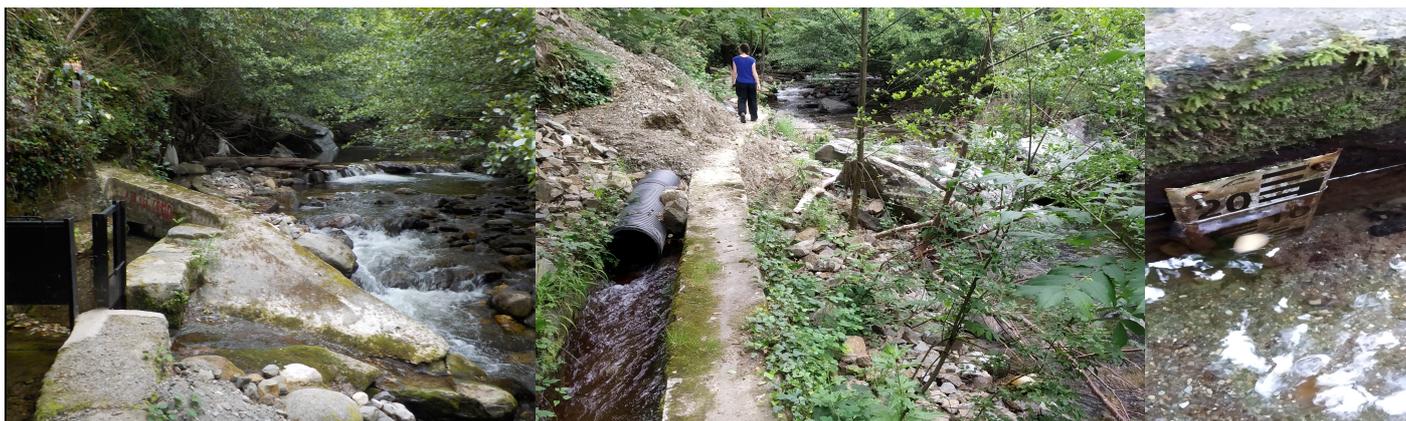


Figure 14 : Crépines sur le Caillan, Conat



Figure 15 : Cultures irriguées par le Caillan à Betllans

Le canal du Rec Comou



La prise du canal est située en rive droite du Caillan sur la commune de Ria et est équipée de deux vannes crémaillères.

Droit d'eau de 50 L/s. Canal fermé de novembre à Avril.

Gestion assurée par la Mairie de Ria

Canal en phase d'être busé et enterré afin de contenir fuites, racines, ensablement, évaporation, éboulements...

180 adhérents pour un rôle (cumul des redevances) de 5000 euros.

Une échelle permet de connaître les hauteurs d'eau

Il alimente 6 hectares de périmètre, surtout des jardins (vergers, fruitiers) et le centre bourg de Ria

Le canal de Balajat



Droit d'eau de 24 L/s, fermé de janvier à avril. Parcours de 2.5km, en partie busé ou passant dans des tunnels creusés dans la montagne afin de s'affanchir des éboulis

Rôle de 1600 euros

La barre de jauge de son seuil ainsi que sa prise d'eau ont été renovés en 2017

Echelle non identifiée

Valeur surtout sociale et culturelle

Le canal de Canoha



Géré par l'Association Syndicale Autorisée du canal Branche Ancienne de Prades, avec lequel il a fusionné. Son rôle est de 10000 euros.

En étiage le canal irrigue selon des tours d'eau, en gravitaire. Il est ouvert d'octobre à avril pour les ouvrages alimentés par le garde vanne. Un projet d'automatisation des vannes est en court.

Une sonde de niveau et un compteur sont installés mais ne semblent pas fonctionner.

450 parcelles sont concernées (petites voir très petite tailles), soient plus de 350 propriétaires. 1.8 hectares sont irrigués sur Ria-Sirach, 7.2 sur Catlar, 42.7 sur Prades.

Son droit d'eau est de 35 l/s depuis la Têt et le canal d'En Gorner qu'il prolonge depuis En Cassa. Droit d'eau à préciser. Equipé d'une échelle

Une micro-centrale électrique installée depuis 1974 prend son droit d'eau au niveau de l'Estany del Clot. Une société privée (Cayrol International), qui a racheté l'usine en 2007, reverse 2.75% de son chiffre d'affaire à la commune de Nohèdes. L'usine turbine en moyenne 70l/s et doit s'arrêter entre le 15 juillet et le 15 septembre. Si les éclusées ne sont pas autorisées, celles-ci seraient régulièrement utilisées par cette centrale. Un contentieux l'oppose actuellement à l'Etat.



Figure 16 : Conduite forcée de la micro-centrale



Figure 17 : Retour au Caillan après turbinage

Pour son assainissement, la commune de Ria-Sirach est raccordée à la station de traitement des eaux usées de Prades et bénéficie d'un réseau neuf. Cela n'est pas le cas des autres communes, dont les rejets ne sont pas traités et rejetés directement dans le Caillan. Conat et Nohèdes ont une base de réseau mais rejettent leurs eaux usées par gravitations dans des pentes, où l'eau ruisselle et s'infiltré avant de rejoindre la rivière. Ces entrées sont difficiles à quantifier avec précision puisqu'aucun système de comptage n'existe. La commune d'Urbanya rejette directement dans la rivière Urbanya pour chasser ses rejets, qui rejoignent le Caillan à Conat. Le Département réalise des suivis sur la qualité de l'eau, qui reste bonne malgré des marqueurs bactériologiques parfois supérieurs à la norme et une eutrophisation marquée sur certains secteurs.

Usages autour de la ressource en eau sur l'amont du bassin versant du Caillan

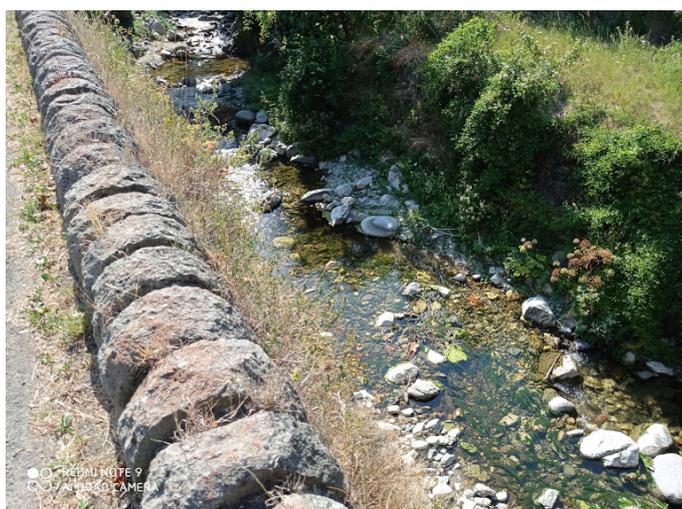
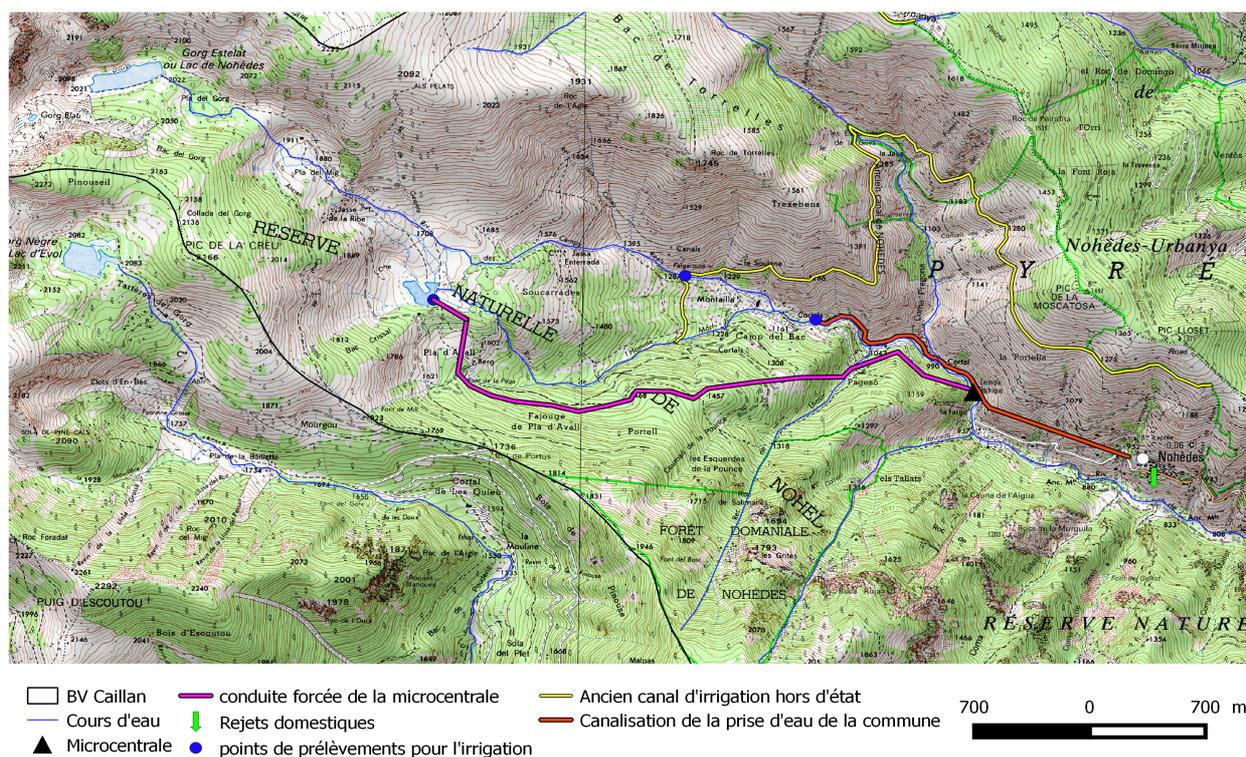


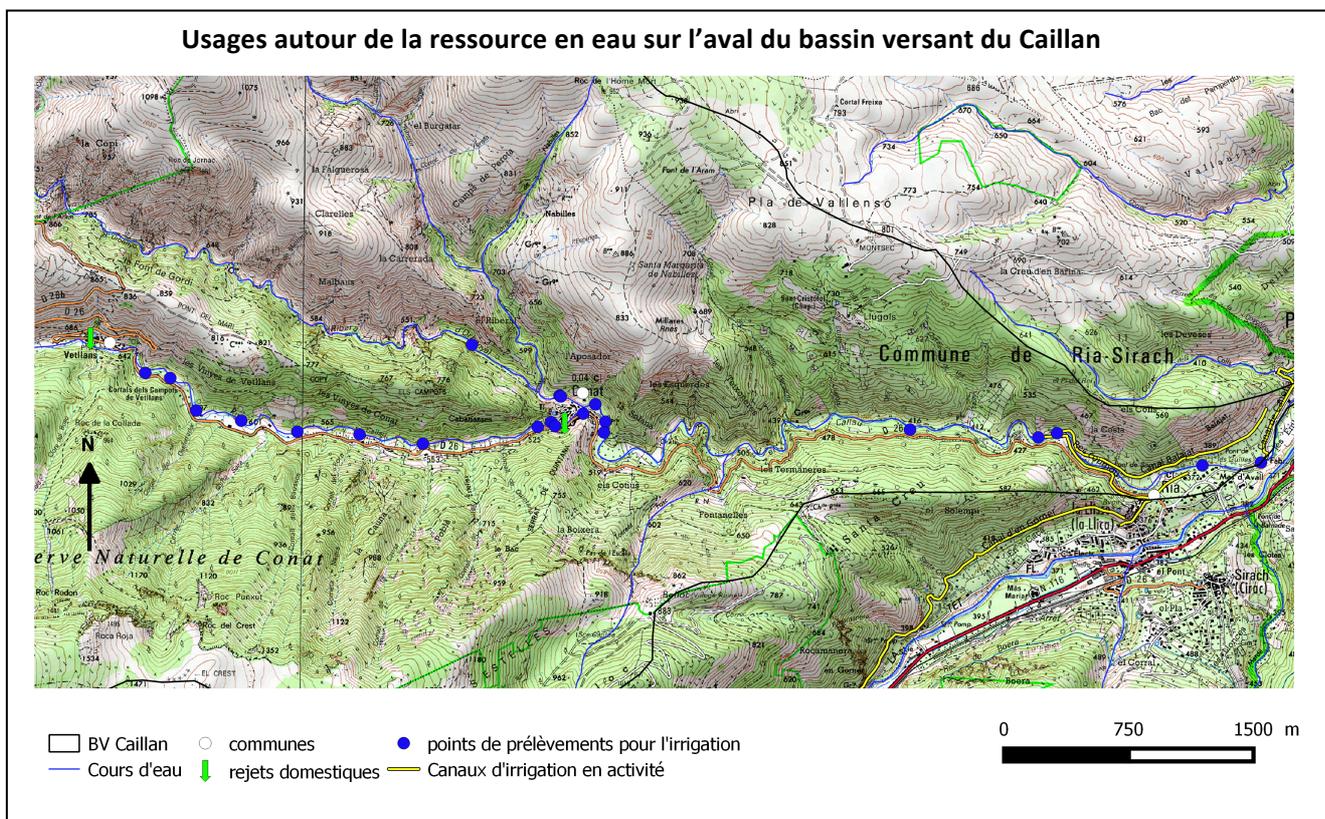
Figure 18 : Eutrophisation dans le Caillan, Conat 2020



Figure 19 : Captage de Nohèdes sur la Rourède, 2020

Pour son eau potable, la commune de Nohèdes prélève au niveau de la source du ruisseau de la Rourède (affluent du Caillan). Il n'existe pas de compteur pour estimer cette consommation. La commune de

Conat se sert d'une résurgence qui alimentait le Caillan pour remplir un château d'eau dont le trop plein retourne à la rivière (environ 5 L/s). Betllans est alimentée par un forage réalisé en 2010, d'un débit théorique de 6m³ jour. La commune de Ria-Sirach est alimentée par le captage de la résurgence karstique de Ria.



Enfin la rivière est prisée des randonneurs, pêcheurs de truites et naturalistes. Les Réserves Naturelles Nationales de Nohèdes et Conat, créées en 1987 et 1986, sont chargées par l'Etat d'inventorier la faune et la flore de ces vallées aux richesses inestimables afin d'assurer leur préservation. L'Euprocte des Pyrénées, Le Desman des Pyrénées ou l'Alysson des Pyrénées sont des espèces emblématiques de ces espaces naturels.



Figure 20 : Euprocte des Pyrénées @ Alain Mangeot



Figure 21 : Alysson des Pyrénées @Alain Mangeot

3. Outils et Protocole

3.1 Le jaugeage par le champ d'exploration des vitesses et choix des sites de mesure

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer un écoulement. La méthode utilisée par le SMTBV est le "champ d'exploration des vitesses".

A l'aide d'un courantomètre la vitesse de l'eau peut-être déduite de la tension mesurée lors du passage de l'écoulement dans le champ magnétique produit par la bobine de l'appareil. Celle-ci correspond à une moyenne mesurée pendant une durée déterminée ou de façon instantanée. La technique est la même que celle du moulinet en point par point. L'avantage du courantomètre est de permettre de mesurer de faibles vitesses ou des zones encombrées et cela avec un même capteur pour un large éventail de vitesses.

Le jaugeage d'un cours d'eau consiste à déterminer les vitesses de l'eau en plusieurs points de la section. Ces points sont positionnés selon un axe perpendiculaire à l'écoulement, gradué au moyen d'une mire ou d'un décamètre tendu entre les deux rives. La vitesse variant d'une berge à l'autre et verticalement de la surface au fond du lit, plusieurs mesures sont réalisées pour chaque verticale. Elle sont réalisées en différents points en partant du fond : une à 20% de sa hauteur, la deuxième à 40% et la dernière à 80%, soit 3 points de mesure. Si la profondeur est inférieure à 15 cm, un ou deux point sont relevés, à 20% et 40% de la profondeur. Les données sont ensuite compilées dans le logiciel BAREME afin de calculer le débit moyen de l'écoulement dans le volume de la section pendant l'unité de temps choisie. Le logiciel donne aussi le pourcentage d'incertitude, relatif à la densité des verticales.

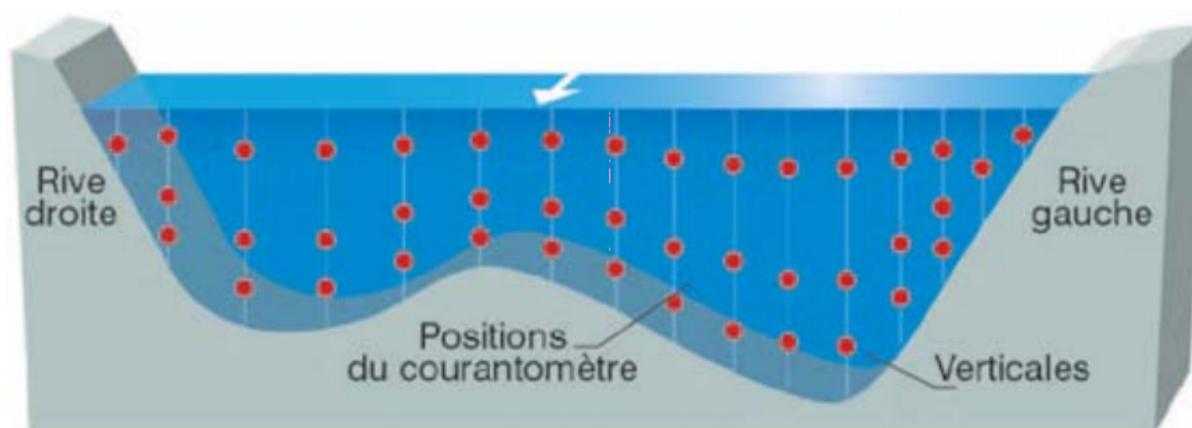


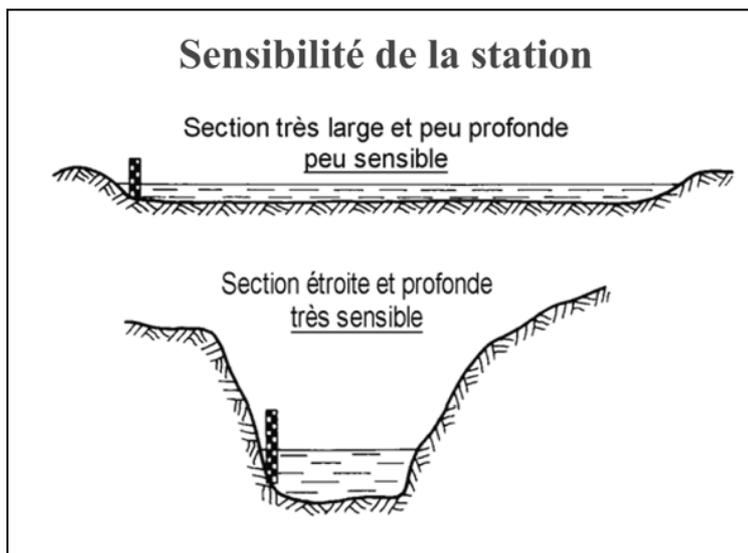
Figure 22 : Schéma d'une section de travers et des points de mesure selon la méthode du champ d'exploration des vitesses @ OTHU-GRAIE

Un repère sera également relevé au début et en fin de campagne afin de s'assurer que le débit ne varie pas au cours de la journée et que la campagne est fiable.

Le choix du site de jaugeage tiendra compte de plusieurs critères :

- Etre accessible en toutes circonstances, ne pas être trop loin de la route et présenter le moins de risques possible pour les opérateurs.
- Se prêter à l'observation de tous les niveaux d'eau et à la mesure des hauts comme des bas débits (éviter les mouilles).

- Offrir une station de mesure la plus rectiligne possible avec une pente homogène, dont l'écoulement est unique. On évitera autant que possible les zones convergentes ou divergentes, les méandres, les zones avec des courants de retour ou stagnantes. La présence d'embâcles en amont perturbera de même les écoulements et augmentera l'incertitude du jaugeage.



- A une faible variation du débit doit correspondre une variation suffisamment grande de la hauteur d'eau, avec un écoulement lent idéalement. On recherche donc une section de pente et de largeur faibles.

Ainsi la sensibilité de la station sera meilleure puisqu'une grande variation de la hauteur lue à l'échelle correspondra à une faible augmentation du débit traversant la section à cet endroit, ce qui permettra l'élaboration d'une courbe de tarage.

Figure 23 : Schéma type d'une station de mesure sensible

Pour la qualité du jaugeage, la section de mesure est toujours perpendiculaire à l'écoulement. Ainsi l'opérateur veillera à se placer de manière à ne pas perturber le passage de l'eau en se plaçant à l'aval du point de mesure, tout en veillant à maintenir la perche droite dans le sens du flux.



Figure 24 : Jaugeage au courantomètre à la station du pont de Betllans @David Morichon 2020

3.2 Réseau de suivi hydrographique de la Réserve Naturelle Nationale de Nohèdes

La réserve de Nohèdes possède cinq stations de suivi dotées chacune d'une échelle limnimétrique et d'une sonde mesurant la hauteur d'eau au pas de temps horaire ainsi que la température.

Une station hydrométrique permet d'établir une courbe de tarage affinée au fil du temps afin de déduire les débits à partir des hauteurs d'eau. Une station est constituée d'un site avec une ou plusieurs sections de contrôle, une sonde, une échelle limnimétrique et un appareil enregistreur. Du fait de l'hydromorphologie du cours d'eau, les stations doivent être étalonnées régulièrement.

Le choix des stations a été effectué en fonction de l'accessibilité, de la sensibilité, de la fiabilité et de la stabilité de la section. L'objectif étant d'obtenir une courbe de tarage, la modification du substrat du fond ou de la section modifierait les écoulements et rendrait celle-ci caduque. Les emplacements des sites sont circonscrits au territoire des Réserves Nationales de Nohèdes et Conat, qui travaillent en commun sur le programme, soit l'amont du bassin versant du Caillan.

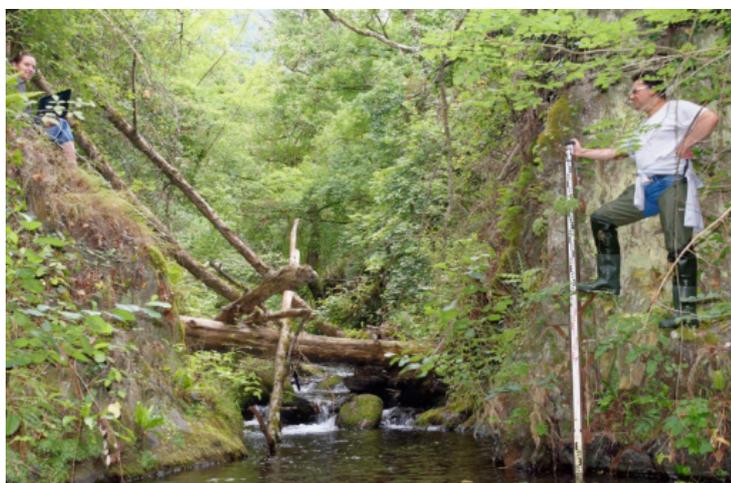


Figure 25 : Station hydrométrique de Conat, 2015

Les sondes étant en fonctionnement depuis fin 2011 – sauf celle de Conat qui a été inaugurée en août 2014 – la réserve possède aujourd'hui presque dix ans de mesures, bien que les données ne soient pas continues pour chaque station, à cause de pannes ou de dysfonctionnements.

Néanmoins, elles sont suffisamment étendues pour obtenir un suivi des débits au cours du temps grâce aux courbes de tarage.

Les données de jaugeages sont de deux sortes : les données obtenues grâce au moulinet (entre 2009 et 2015), et celles obtenues par dilution de sel, suite à l'abandon de la méthode du moulinet (depuis 2015). Cette méthode se prête en effet mieux au jaugeage en écoulements torrentiels. Les courbes de tarage ont été enrichies au fil des ans par différentes campagnes de jaugeage.



Figure 26 : Station hydrométrique de Torelles, 2020

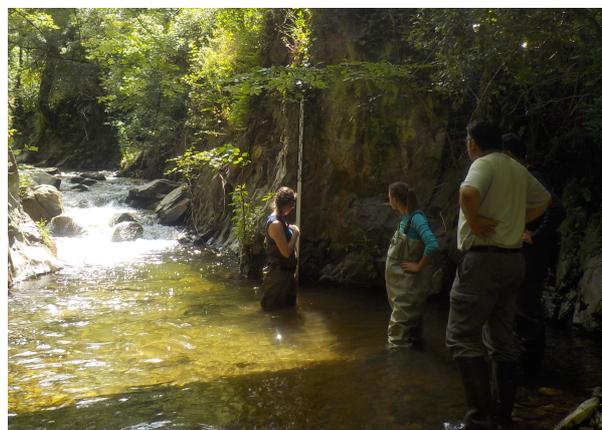


Figure 27 : Station hydrométrique de Conat, 2020

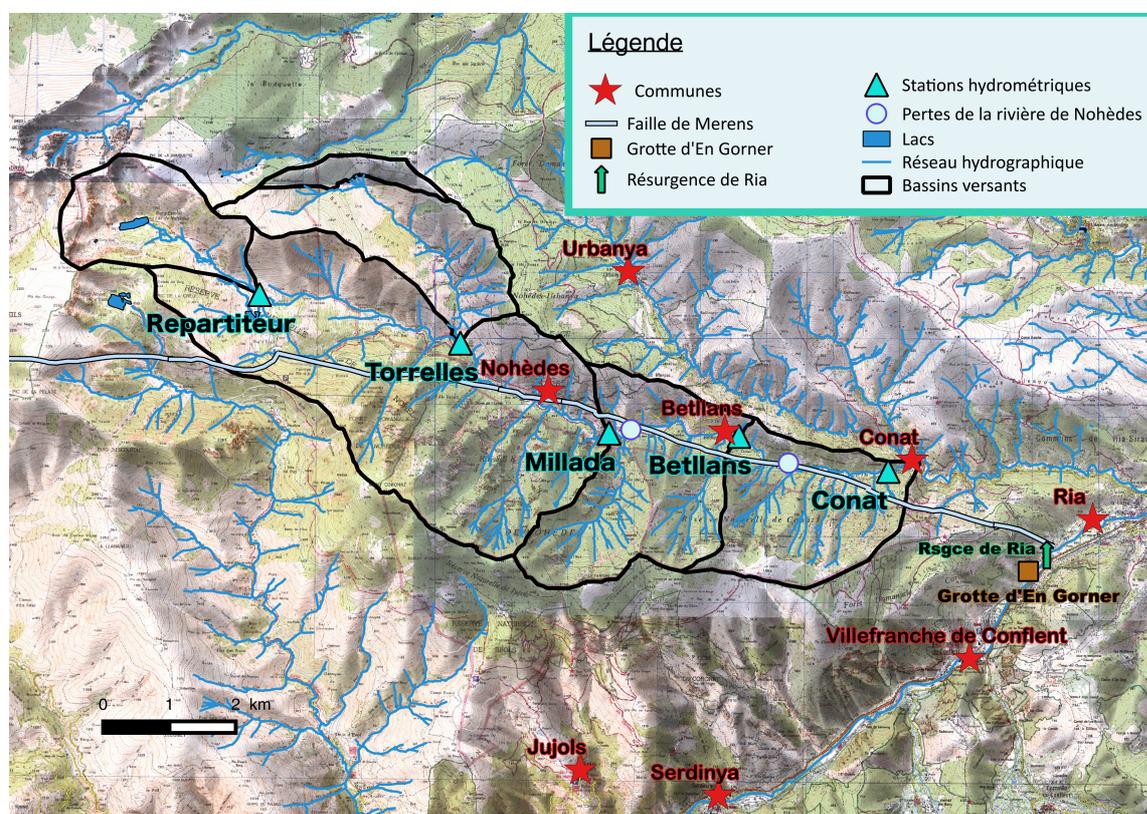
3.3 Protocole

Si le jaugeage au sel est particulièrement adapté aux écoulements torrentiels de l'amont, le jaugeage au courantomètre est fiable pour les bas débits. Il est donc pertinent de rendre les deux méthodes complémentaires en partageant le bassin versant pour gagner en efficacité :

- L'équipe du Syndicat opère sur l'aval de Conat à Ria par jaugeage au courantomètre
- Les Réserves Naturelles continuent leur suivi sur l'amont, où elles ont maintenant plusieurs années d'expertise

Des journées d'intercomparaison des méthodes ont été mises en place. Les jaugeages au sel ont été réalisés les mêmes jours que le SMTBV. Pour comparer les écarts, les stations de Millada et de Betllans sont jaugeées par les deux équipes, à mi-parcours.

Les localisations de chaque sites sont définies en fonction de leur stabilité dans le temps et de leur fiabilité mais aussi en fonction de points de contrôle stratégiques.



La station du répartiteur située au niveau de la retenue de l'Estany del Clot est ainsi à la « source » du Caillan, avant les premiers usages. C'est là que se trouve l'entrée du bassin versant dans notre modèle. Une deuxième station jauge le ruisseau de Torelles, affluent important. Les stations de Millada/Betllans/Conat permettent de suivre les écoulements entre des sections de la rivière parfois peu accessibles, où se trouvent des terrains propices aux infiltrations karstiques.

De même les stations à l'aval de Conat ont été retenues afin de satisfaire aux exigences attendues d'un site de jaugeage fiable, mais aussi en fonction de points de contrôle stratégiques :

- En amont/aval de canaux (Rec Comou/ Rec Balajat et Canoha)
- Sur les canaux en aval de la vanne de décharge (sauf si courbe de tarage satisfaisante)
- Sur les affluents, à leur exutoire (Urbanya)
- Points communs aux stations hydrométriques pour comparer des deux méthodes
- En fermeture de bassin

Tableau 1 - Réseau de suivi hydrographique : code station et altitude

Altitude	1700m	1000m	970m	800m	630m	500m	390m	350m	345m	340m
Nom	Répartiteur de débits	Ruisseau Torrelles	Centrale	Millada	Betllans	Conat	Canaux Comou/ Balajat	Canal Canoha	Aval Canoha	Exutoire Têt
Code	S1	S2	C1	S3	S4	S5	C5/C6	C7	C8	C9

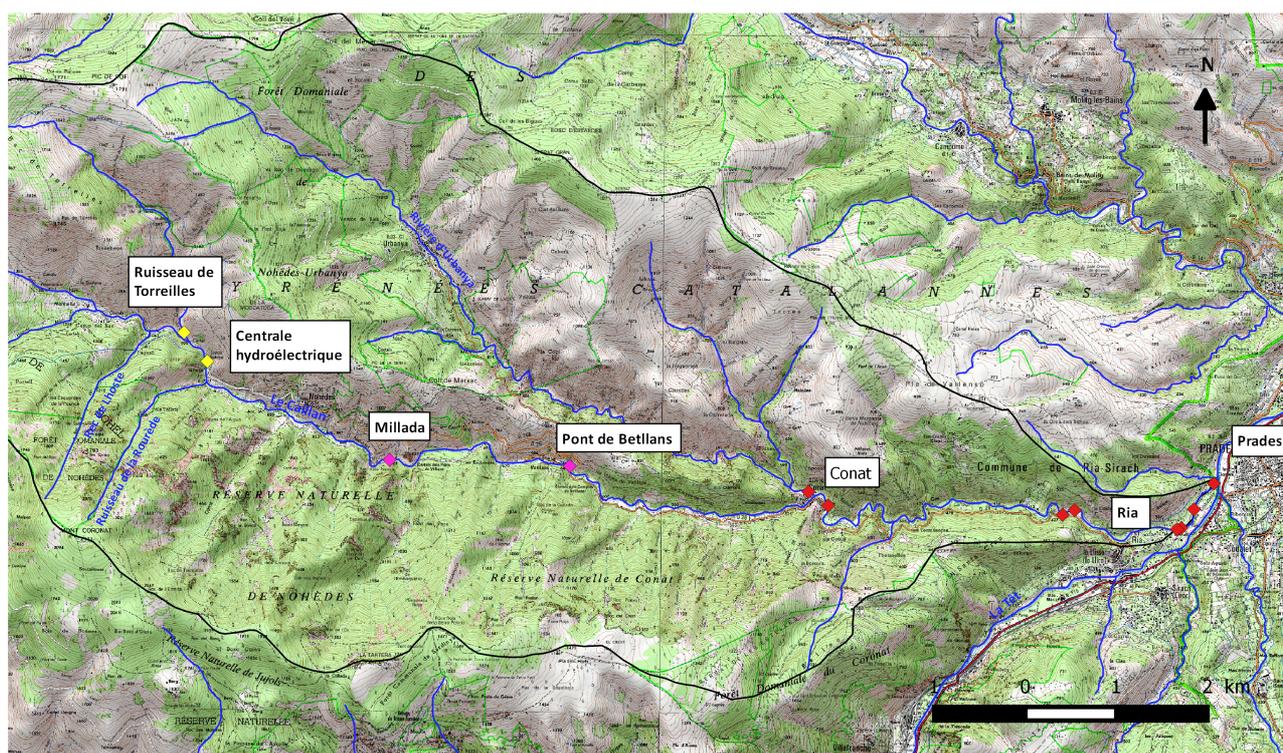


Figure 29 : Cartographie des stations de jaugeage SMTBV

Si le rejet de l'usine hydroélectrique a été jaugeé en début de campagne, celle-ci n'a pas été suivie ensuite puisque le turbinage a cessé à partir du 15 juillet.

Après une phase de repérage, 10 stations ont été retenues. Elles ont été choisies selon les critères définis précédemment mais aussi car il s'agit d'un circuit de jaugeage réalisable sur la journée. Compter environ

1h de route aller depuis les bureaux du Syndicat à Perpignan, circulation ralentie sur pistes et routes de montagne.

Les jaugeages ont été réalisés à deux opérateurs, par commodité mais aussi pour assurer la sécurité de l'équipe. Une journée de jaugeage sur la canal des Albères avec les Syndicats de rivière voisins nous a permis de vérifier que notre appareil était correctement étalonné. Une incertitude de l'ordre de 10%, inhérente à la méthode, subsiste.

Après avoir identifié les principaux acteurs du territoire (Réserves naturelles Nationales, AAPPMA, Fédération de Pêche, élus...) ceux-ci ont été informé de la démarche du Syndicat, qui a communiqué tout au long de sa campagne et dont les résultats seront partagés. En effet l'aboutissement de ce travail est de parvenir à initier une concertation avec les usagers autour de la ressource en eau du Caillan, afin de mettre en place des actions concrètes qui permettraient de concilier satisfaction des besoins et approvisionnement du milieu naturel.



Figure 30 : Entretien avec Laurent Espinet, Président de la Réserve Naturelle de Nohèdes, 2020

4. Résultats/discussion

4.1 Présentation de l'évolution du modèle hydrographique du Caillan

Le modèle que nous avons réalisé spatialise chaque point de jaugeage afin de reconstituer les débits et leurs évolutions le long du linéaire du Caillan. Ce modèle se focalise dans cette étude sur l'aval du bassin versant, l'ensemble des mesures effectuées par les Réserves Naturelles devant être ajoutées à terme. Après 12 campagnes de jaugeage, menées du 08 juillet au 23 septembre 2020, plusieurs tendances se dessinent.

Evolution temporelle

Les débits de la rivière du Caillan ont diminué régulièrement en juillet et août. La moyenne des débits en juillet est de 147 L/s pour 65 L/s en août, soit une baisse de 55% des écoulements. En revanche le mois de septembre présente une moyenne de débits de 95,34 L/s, soit un taux d'évolution de 46.7% par rapport au mois d'août.

Tableau 2 – Mise en perspective du cumul moyen des précipitations à Nohèdes (1990 à 2019) avec les cumuls moyens par mois de l'année 2020 (sources : Réserves Naturelle de Nohèdes, EDF et Météo Blue)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Moyenne précipitations 1990-2019 (mm)	63.95	49.12	58.1	76.2	82.06	69.34	47.85	54.46	63.71
Précipitations 2020 (mm)	340	4.2	99.3	147.4	66.6	118	31.3	33.5	84.5

Au regard des précipitations moyennes à Nohèdes sur 20 ans, l'année 2020 a été très arrosée. Les débits du mois de juillet ont bénéficié des apports d'un mois de juin très généreux en eau. La tendance à la baisse des débits attendue pendant l'étiage s'est confirmée en août mais pas en septembre, où des hauteurs d'eau précipitées de 32% supérieures à la moyenne ont rechargé le réseau hydrographique. Certaines campagnes de mesures furent menées le lendemain de grosses pluies, ce qui accentue ce ressenti à la hausse des débits moyens sur septembre.

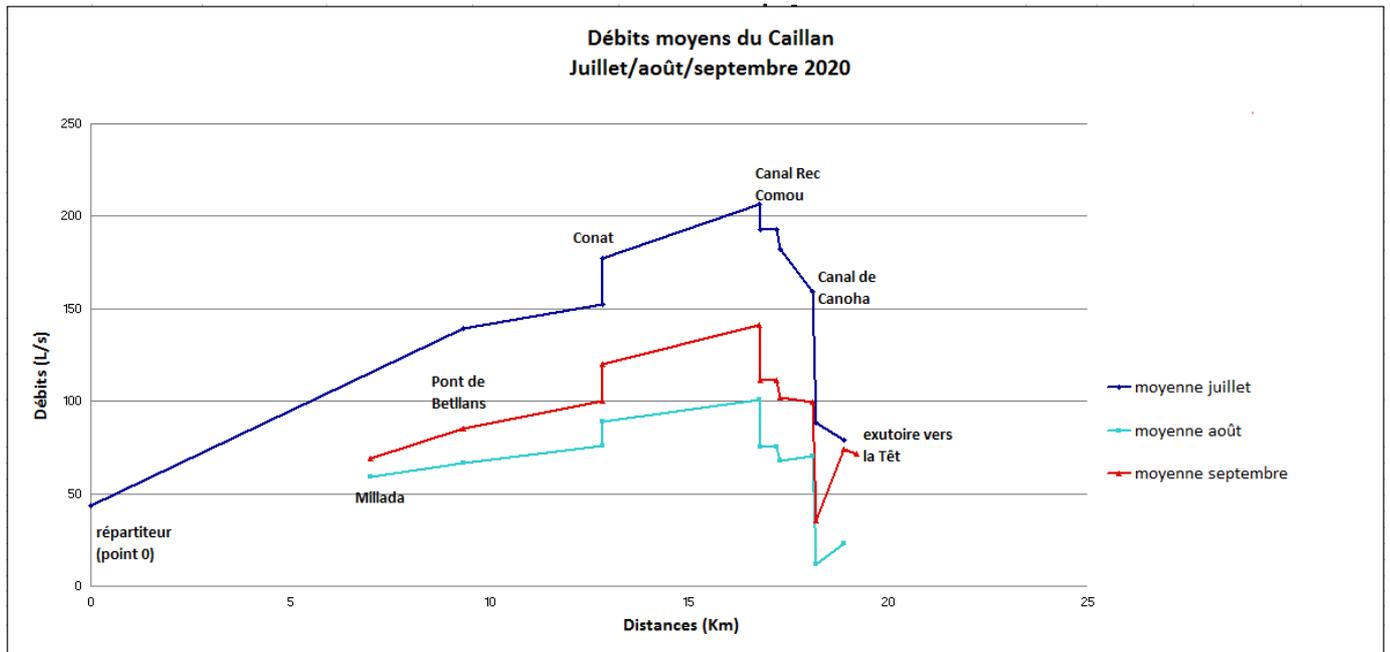


Figure 31 : débits moyens du Caillan sur juillet/août/septembre 2020

Les variations de hauteurs d'eau ont été contrôlé en début et fin de chaque campagne. Seule a été enregistré une variation d'1 cm lors de la campagne du 23 septembre (éclusées sans doute en cause suite à la reprise du turbinage le 15 septembre), sans que cela ne remette en doute sa fiabilité.

L'écoulement du Caillan forme une courbe en « cloche », qui laisse supposer que la pression des prélèvements s'accroît en aval. L'écoulement est de moins en moins important à mesure que l'on se rapproche de l'exutoire, jusqu'à revenir à des valeurs proches de celles enregistrées en tête de bassin versant.

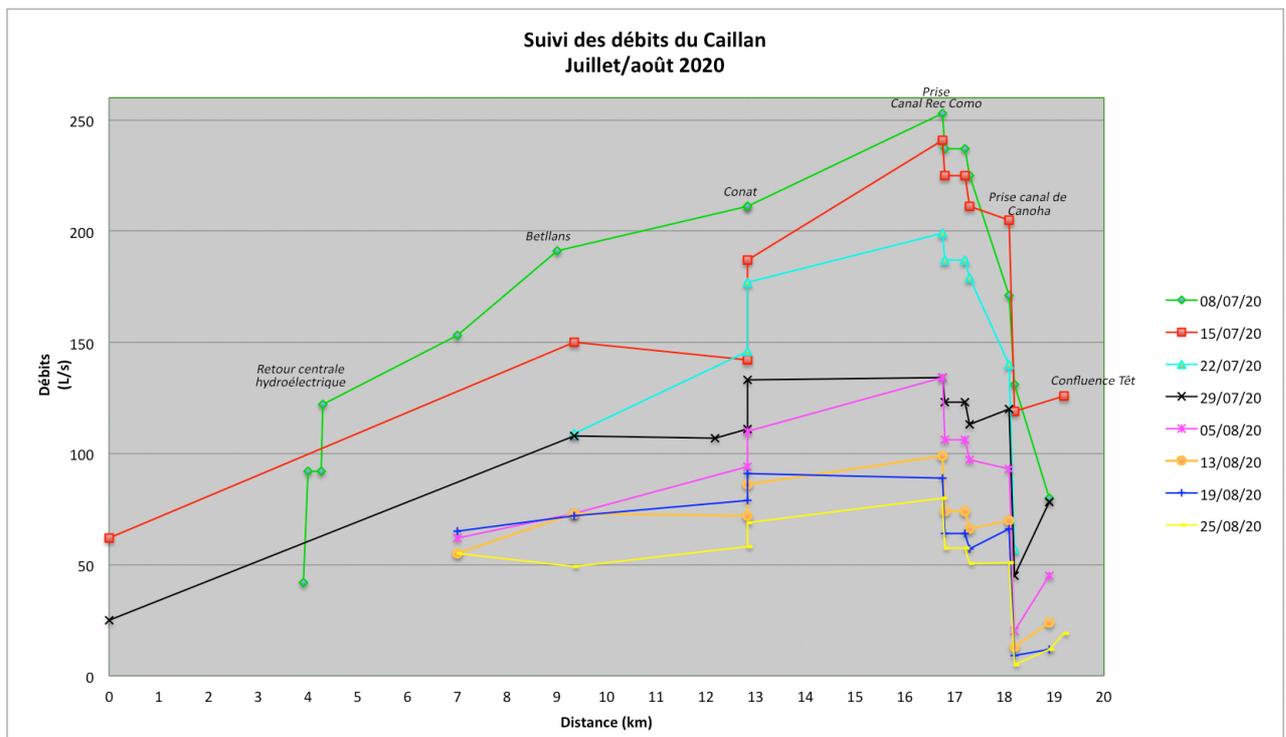


Figure 32 : Suivi des débits du Caillan sur juillet/août 2020

Les débits enregistrés lors des journées du 05, 13 et 19 août à la station de Millada et Betllans sont très proches. Des orages ont eu lieu entre ces journées dont les effets se sont fait sentir sur plusieurs jours et ont ainsi contribué à recharger les écoulements karstiques du Coronat. L'eau s'infiltrant rapidement dans ce contexte géologique, les temps de réponse sont plus longs que dans un bassin versant imperméabilisé.

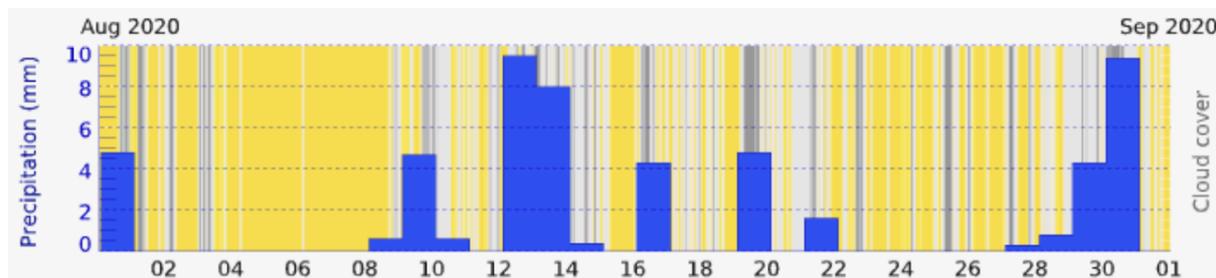


Figure 33 : Pluviométrie à Nohèdes en août 2020 @archive Meteoblue

Evolution spatiale :

Trois grandes zones peuvent être identifiées :

- Une première s'étend du répartiteur (point 0) à la prise d'eau des premiers canaux de Ria (17km). Ici le régime hydrologique semble moins influencé par les usages et se rapproche d'un écoulement naturel. C'est le long de ce linéaire que le Caillan reçoit l'apport de ses principaux affluents (Home mort, Camps Reals, Torrelles, Rec de Lhoste, Rourède, Urbanya et beaucoup de sources issues des infiltrations karstiques) car le débit augmente en fonction de la distance drainée par le bassin versant.
- De Ria à l'exutoire avec la Têt (18km), les débits connaissent une baisse nette. Cela s'explique par la présence des trois principaux canaux. Le régime est alors très influencé.
- Enfin le linéaire entre Nohèdes et l'amont de Ria correspond à une zone intermédiaire complexe, où les tendances ne sont pas toujours identiques.

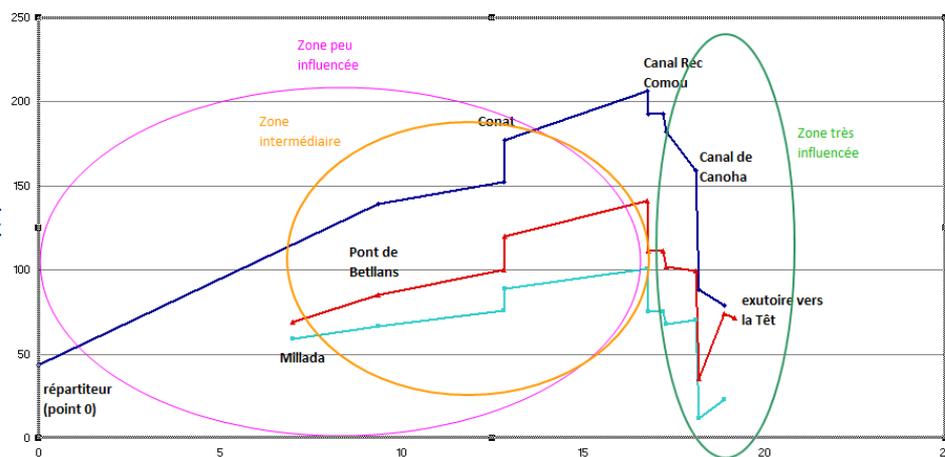


Figure 34 : Zonage simplifié des régimes d'écoulement du Caillan

4.2 Un exutoire mis sous pression

Avec une population estimée à plus de 1300 habitants (Insee, 2017), la commune de Ria-Sirah est la plus importante de la vallée. Les principaux canaux en activité du Caillan y alimentent des parcelles agricoles et des potagers de particuliers sur la commune mais également sur les communes voisines. Sur un linéaire de 2km les prélèvements s'intensifient, sans forcément s'adapter à la quantité disponible dans le cours d'eau.

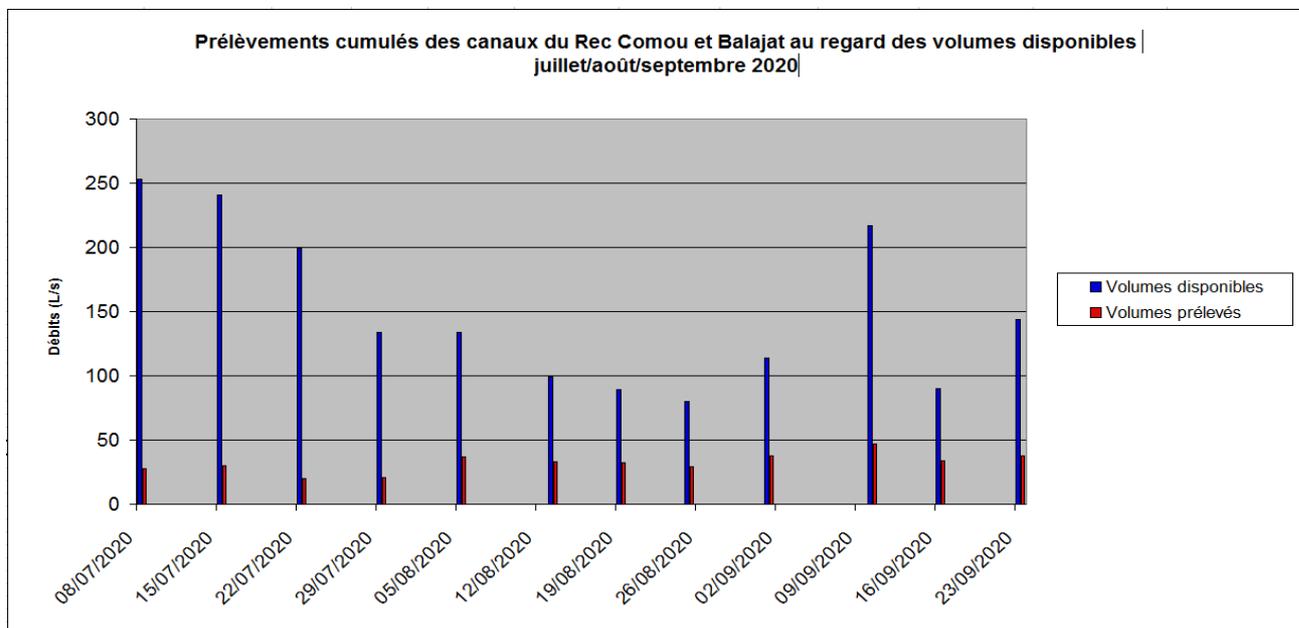


Figure 35 : Prélèvements cumulés des canaux du Rec Comou et Balajat au regard de la ressource (juillet/août/septembre 2020)

Le canal du Rec Como montre un prélèvement moyen de 23 L/s. Adjacent à lui le canal de Balajat prélève ensuite en moyenne 9,3 L/s. Le canal de Canoha soustrait enfin une moyenne de 64,4 L/s d'eau avant l'exutoire vers la Têt.

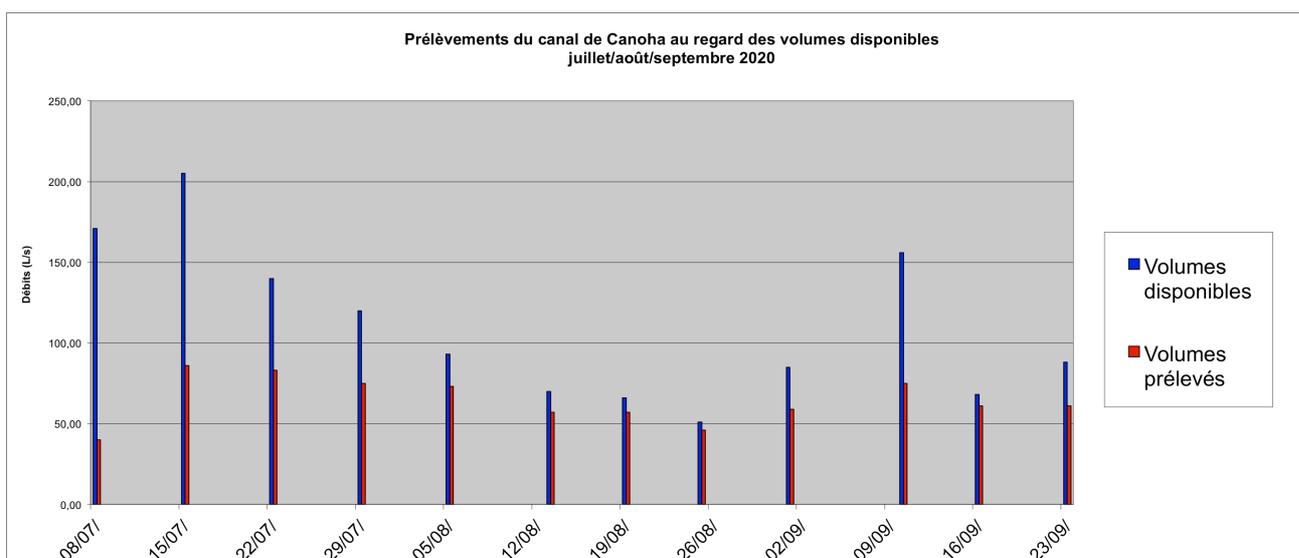


Figure 36 : Prélèvements du canal de Canoha au regard de la ressource (juillet/août/septembre 2020)

A mesure que la saison avance, la pression des usages sur une ressource qui diminue s'intensifie.

Les volumes pris par les canaux de Como/Balajat sont assez constants, avec un maximum de 38 L/s pour Comou et de 14 L/s pour Balajat, ce qui est toujours inférieur à leur droit d'eau. Dans le canal de Canoha la pression de prélèvement face à la ressource disponible en rivière augmente pendant l'été, pour atteindre 90% des volumes disponibles le 25/08. Les prélèvements moyens des canaux représentent 21,6 % des volumes initiaux pour Como/Blajat et 58,87% pour Canoha, qui est le principal préleveur. On notera que les prélèvements ont baissé pendant le mois de septembre du fait de la pluviométrie favorable.

Les Etudes de détermination des volumes prélevables menées en 2012 (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée) propose un débit minimum biologique à l'exutoire du Caillan de 95 L/s pour les mois de juillet, août et septembre. Ce débit a été calculé pour le linéaire situé à l'aval de la prise de Canoha. D'après cette valeur le Caillan serait en déficit en ce point depuis le 29/07/2020, à l'exception de la campagne du 10/09/2020 réalisée après une très forte pluie mais dont les effets se sont estompés au bout de quelques jours.

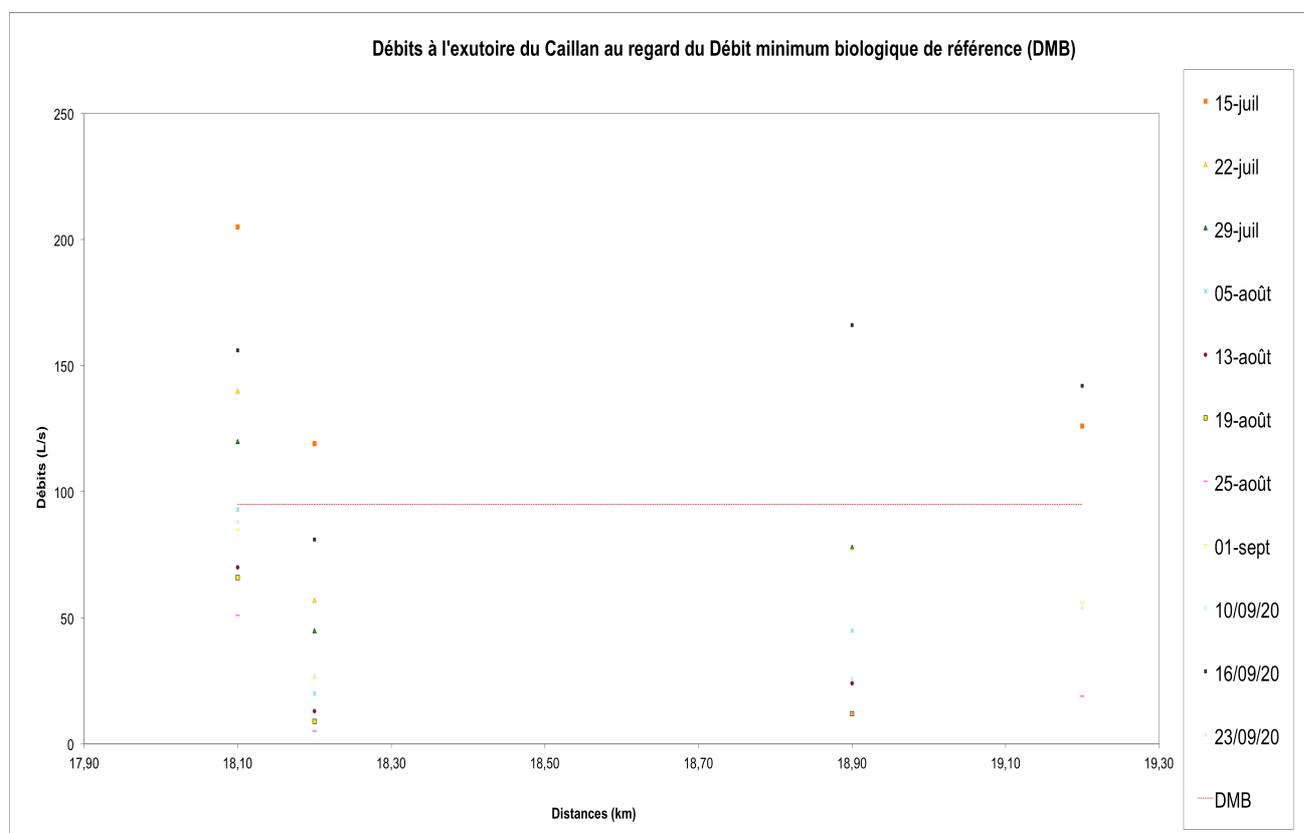


Figure 37 : Débit à l'exutoire du Caillan au regard des débits minimums biologiques (DMB) en juillet, août et septembre 2020

Un retour est enregistré entre l'aval de la prise d'eau de Canoha et l'exutoire de la Têt. Une prospection de terrain a permis de constater plusieurs écoulements ou retours d'irrigation en rive gauche provenant certainement en partie de pertes du canal de Canoha.

4.3 Un rôle des failles karstiques difficilement estimable

La zone intermédiaire du Caillan allant de Nohèdes à Conat présentent des pertes karstiques que nos données ne permettent pas de mettre à jour. Différents travaux de la Réserve de Nohèdes ont permis de préciser le fonctionnement et la localisation de ces pertes. La perte karstique la plus importante serait située entre la station de Millada et Bettlans et pourrait atteindre 50L/s en étiage (RIO, 2015). La complexité vient du fait que les précipitations sur le Mont Coronat s’infiltrent très vite, sauf en cas de très fortes pluies. Lors de précipitations importantes ces zones de pertes saturent et deviennent des résurgences qui alimentent alors la rivière (Cuxac, 2019), ce qui complexifie encore la compréhension du système.



Le réseau d'En Gorner est la cavité majeure dans les galeries karstiques du Coronat. Il représente 17 km de réseau. Au Nord les galeries du siphon s'orientent vers la vallée de Nohèdes et renferment la seule rivière souterraine du synclinal de Villefranche, alors qu'à l'aval celui-ci s'écoule vers la Têt et l'exurgence de ria.

La faille de Mérens traverse la vallée du Caillan au Nord du synclinal et est par endroit traversée par la rivière de Nohèdes, dont les eaux alimenteraient par là le système d'En Gorner. Des recherches menées en 1978 dans la rivière souterraine, accessibles depuis « la grotte des fées », ont permis d'identifier une faille étroite et argileuse, supposée drainer les pertes (Hez et al. 2015). Ce qui se passe au-delà n'est pour l'instant par connu, malgré différentes tentatives de traçage et de jaugeage.

Figure 38 : Rivière souterraine de Nohèdes @ G. Hez 2015

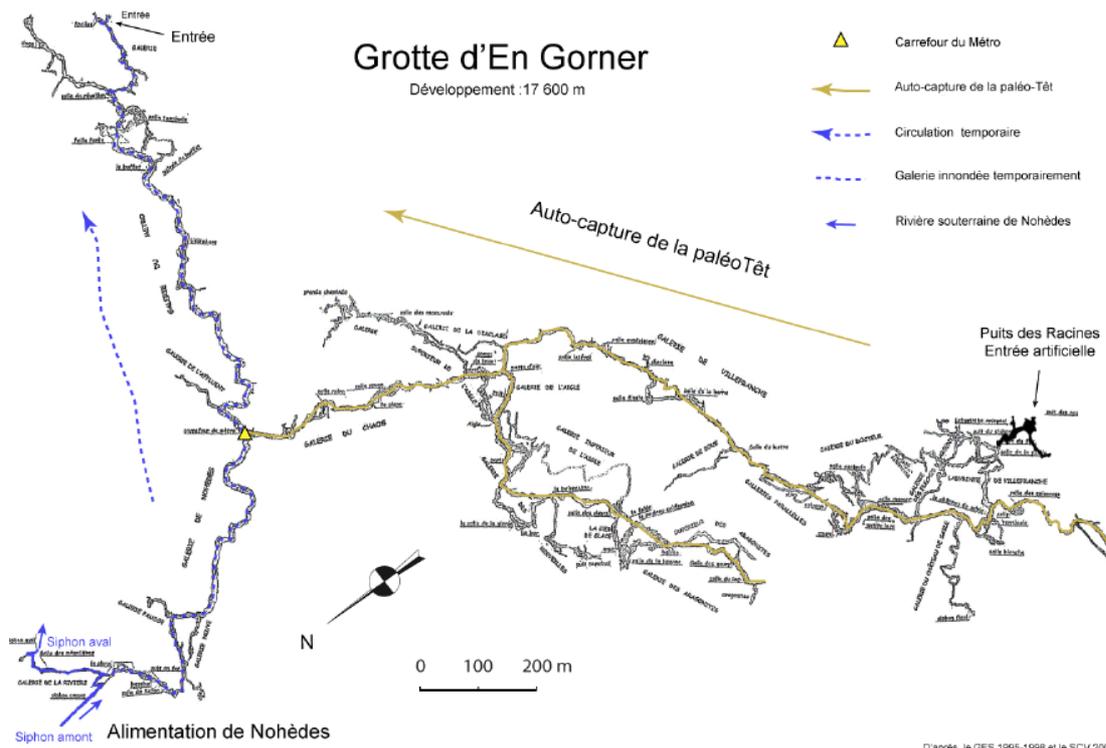


Figure 39 : Développement d'En Gorner d'après une proposition de G. Hez, 2015

4.4 Limites et perspectives

Cette étude est un premier bilan des connaissances existantes sur le fonctionnement hydrologique de la vallée du Caillan. Elle s'inscrit dans le cadre du Plan de Gestion de la Ressource en Eau – Têt 2019-2021 et s'appuie sur les travaux effectués par la Réserve Naturelle de Nohèdes, le Parc Naturel Régional des Pyrénées Catalanes (2018) et les Etudes Volumes Prélevables (2012).

Des connaissances sur les débits à compléter

La comparaison des résultats entre la méthode de jaugeage au courantomètre et celle au sel des Réserves Naturelles a montré une cohérence constante dans les résultats et a confirmé que le jaugeage au sel permet de mieux mesurer les écoulements torrentiels. Ainsi lors des prochaines campagnes nous proposons de continuer le jaugeage de l'aval par le SMBVT et de l'amont par les équipes des Réserves. Il sera intéressant de garder un point de comparaison intermédiaire afin de s'assurer de l'étalonnage des instruments. En répartissant ainsi le travail de jaugeage il est possible de jauger plus de stations et ainsi d'affiner la connaissance de zones encore méconnues.

Les équipes de la Réserve de Nohèdes ont procédé sur la campagne 2015 à des jaugeages dans la rivière souterraine d'En Gorner, ce qui peut être à renouveler afin d'enrichir la compréhension de l'ensemble du système.

Une tentative de mesure des eaux karstiques par suivi tout d'abord de l'azote et du phosphore puis des duretés et alcalinité n'a pour l'instant pas permis de déterminer que l'eau de la rivière de Nohèdes alimente l'exurgence de Ria (Rio, 2015). Les solutions envisagées sont des suivis isotopiques ou des traçages artificiels (fluorimètre).

Le fonctionnement de la rivière d'Urbanya et du fonctionnement des réseaux du village est à approfondir, du fait des transferts entre bassin versant.

Une pluviométrie à suivre au regard des changements climatiques

L'accès à des données pluviométriques précises et locales est important. Un travail conséquent a été réalisé par la Réserve de Nohèdes, qui permet d'avoir une appréciation des volumes précipités sur le bassin versant puis infiltrés, ruisselés, évapotranspirés, restitués ou stockés sous forme de neige. Ces travaux sont une base déjà très développée, qu'il est intéressant de continuer à enrichir pour modéliser les écoulements au regard des changements climatiques en cours, comme l'a déjà commencée à le faire la Réserve (N. Cuxac, 2019).

Un modèle hydrographique à enrichir par de nouvelles chroniques

Un modèle précis des entrées et sorties doit être réalisé, ce qui nécessitera l'inventaire de certains prélèvements ou retours ainsi que leur estimation. Les fuites présumées du canal de Canoha, situées sur des propriétés privées, doivent être identifiées avec certitudes. De même le droit d'eau de ce canal sur le Caillan est à clarifier (inconnu pour l'instant).

L'année 2020 a connu une forte pluviométrie, c'est pourquoi les niveaux d'eau ont été exceptionnellement hauts. La tendance du mois de septembre 2020 confirme cela. Il est nécessaire de continuer cette étude sur plusieurs années, ce qui permettra de consolider le protocole et de mieux appréhender le fonctionnement complexe du Caillan dans d'autres conditions.

Une concertation à mettre en place

Cette étude a permis au Syndicat de la Têt de développer sa collaboration avec les acteurs locaux de l'eau et de mieux faire connaître le but de son travail auprès d'eux. Dès que possible, il sera intéressant de présenter les premiers résultats de cette année lors de réunion à l'échelle du bassin versant. Un premier groupe de travail pourrait être composé avec les Réserves, les Communes, le Département et des géologues locaux. L'élaboration d'enquêtes, notamment sur le fonctionnement des prélèvements privés (temps et fréquence d'arrosage, besoins ect..) est à envisager.



Le fonctionnement hydrologique de la rivière du Caillan est complexe, du fait notamment de son contexte hydro-géologique. Cette première approche permet de faire une synthèse des connaissances utiles à sa compréhension et à sa gestion. Le travail des Réserves Naturelles de Nohèdes et Conat éclaire déjà beaucoup le fonctionnement de la partie amont du bassin versant. Ce travail est à poursuivre et à soutenir, notamment en continuant à les épauler dans le suivi de leur réseau de stations.

L'infiltration rapide de l'eau de surface dans le massif du Coronat fait de lui un véritable château d'eau, dont la ressource est estimée à 11 000 000 m³, ce qui correspond à l'alimentation annuelle de 130 000 habitants (Rio, 2015). La façon dont ces eaux souterraines influencent le régime de la rivière du Caillan reste cependant mal connue.

Des études ciblées et complémentaires devront être mises en place au travers de la concertation à venir. L'objectif étant de partager la ressource actuelle mais également de réfléchir à d'autres techniques d'alimentation au regard du changement climatique et des évolutions démographiques des populations et de leurs besoins.

Selon les seuils définis par l'Agence de l'Eau, le Caillan apparaît en déficit au niveau de son exutoire avec la Têt sur la quasi-totalité de l'étiage, malgré une année généreuse en eau (juin et septembre). Il s'agit a priori de la zone la plus sensible du linéaire, où les usages ne s'adaptent par actuellement aux volumes d'eau disponibles dans la rivière (canal de Canoha). Un rapprochement avec les gestionnaires des canaux est l'un des prochains objectifs, cela afin d'avoir des précisions techniques mais aussi d'associer au plus tôt ces usagers aux solutions à mettre en oeuvre.

Si le Plan de Gestion de la Ressource en Eau est un outil permettant une première réflexion sur la gestion quantitative pour le bassin versant de la Têt, un Plan Local de Gestion semble ici plus adapté. En effet, une concertation à l'échelle de la vallée du Caillan permettrait aux usagers de travailler ensemble à des solutions de gestion adaptées à la fois à leurs besoins et à la ressource.

L'adaptation aux modifications climatiques peut-être l'une des portes d'entrée intéressante à la mobilisation des acteurs locaux et à la concertation sur le partage de la ressource dans la vallée du Caillan.

Cuxac Nicolas, 2019, Contribution à l'établissement d'un bilan hydrologique du bassin versant de Nohèdes, Université de Perpignan Via Domitia

Etudes PNRPC Canaux Haut-Conflent, 2018, Bassin versant du Caillan et secteur T2-T3 du bassin versant de la Têt, Agence de l'Eau

Rocheteau Danièle, 2017, Contribution à l'établissement d'un bilan hydrologique du bassin versant de Nohèdes, Ecole Polytechnique Universitaire de Montpellier

Rio Marlène, 2015, Contribution à l'établissement du bilan hydrique du bassin versant de la vallée de Conat et de Nohèdes, Ecole Polytechnique Universitaire de Montpellier

Martin Lina, 2013, Les sources de Nohèdes : inventaire, caractérisation, évaluation et préconisation de gestion, Université d'Aix-Marseille

Rapport d'Etude de Détermination des Volumes Prélevables du Bassin de la Têt
Bilan et impact des prélèvements. Quantification des ressources – Phase 1,2,3
Détermination des débits minimums biologiques, des volumes prélevables et débits d'objectif d'étiage – Phase 4

G. Hez, 2015, Un remarquable enregistreur de l'incision de la vallée de la Têt : Le karst étagé des gorges de Villefrance de Conflent, Université de Savoie Chambéry Annecy

Henry Salvayre, Les Karsts des Pyrénées-Orientales (Caractères hydrogéologiques et spéléologiques généraux), 1989, revue de karstologie et spéléologie physique, n°13, 1^{er} semestre 1989. P.1-10

Annexe 1 P. 34

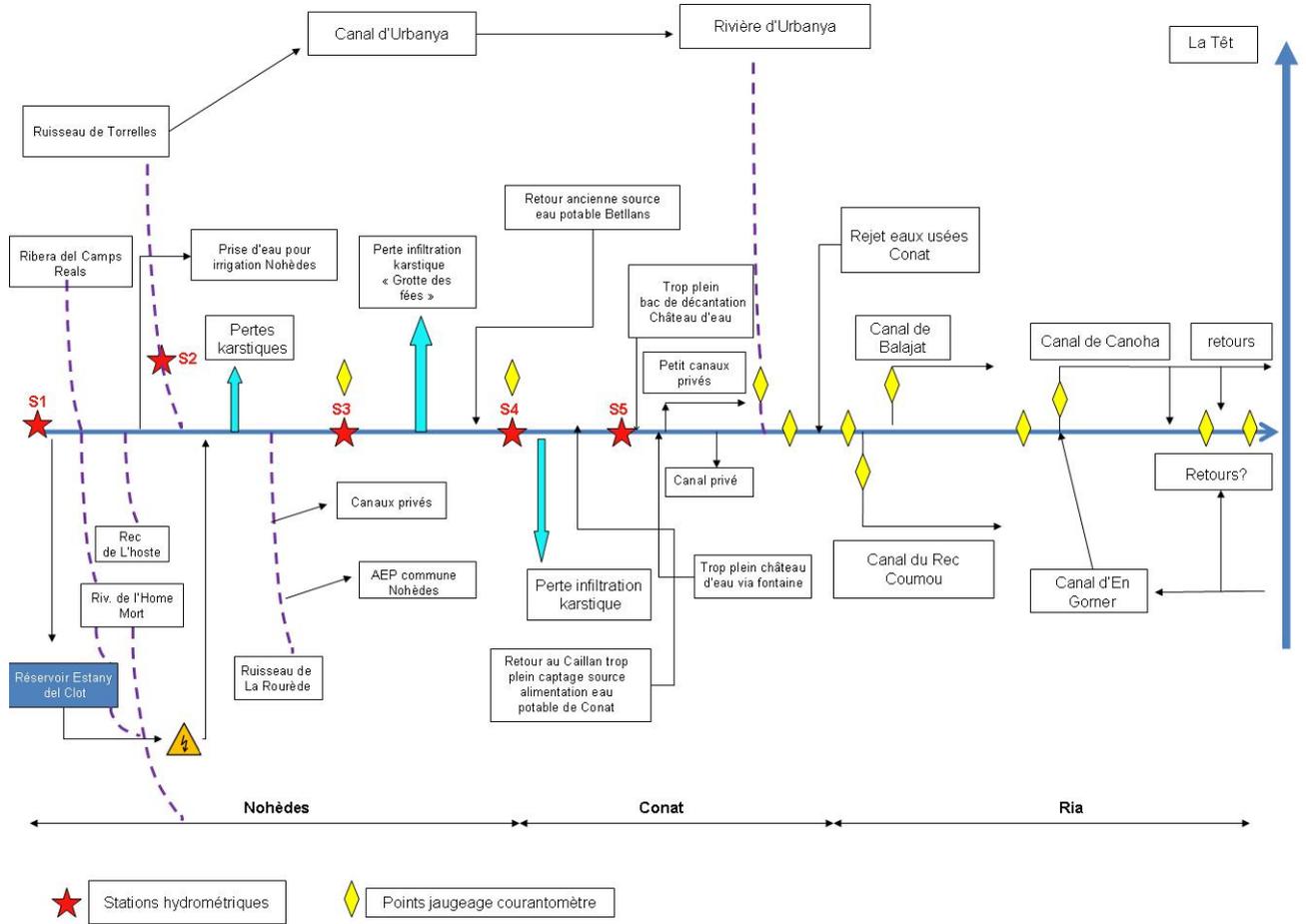
Annexe 2 P. 34

Annexe 3 P. 35

Annexe 4 P. 36

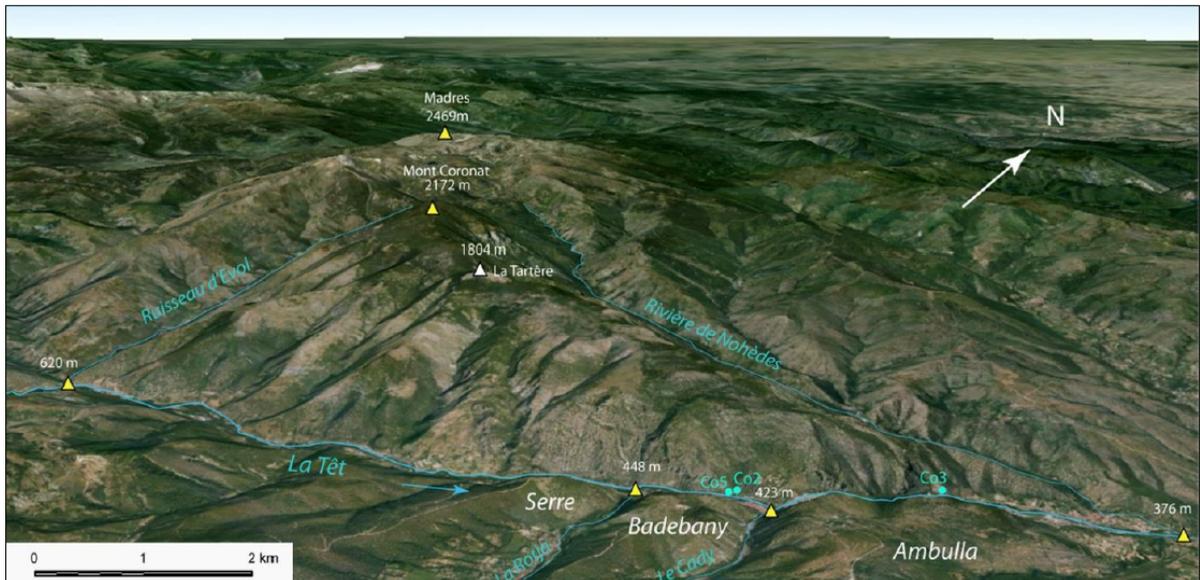
Annexe 1

Synoptique du modèle

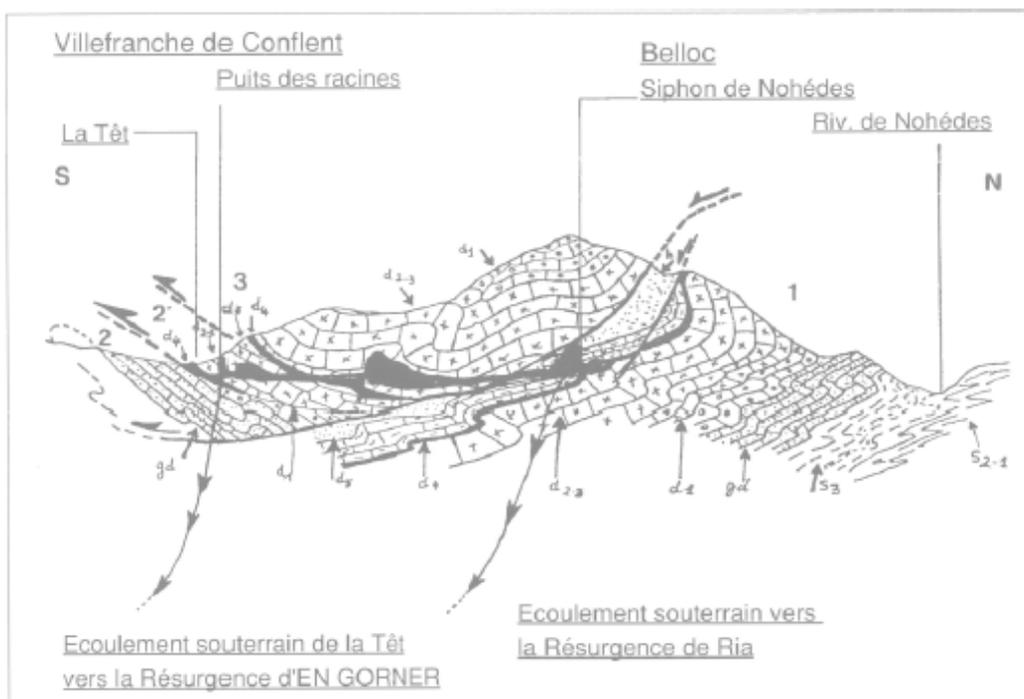


Annexe 2

Schéma du Massif du Coronat (G. Hez)



coupe géologique du siphon Nohèdes et En Gorner par Dalmayrac (H. Salvayre)



Annexe 3

L'Estany del Clot à Nohèdes, qui sert de retenue d'eau à la centrale hydroélectrique pour turbiner



Annexe 4

Résurgence au bas du ravin de la *comall dels Baussos* (source dite *dels Baussos*), alimentation en eau potable de Conat



Figure 1 : Localisation du bassin versant de la têt à l'échelle du territoire national.....	3
Figure 2 : Sous ensembles hydrographiques du bassin versant de la Têt.....	5
Figure 3 : Localisation du bassin versant du Caillan.....	5
Figure 4 : Localisation des barrages sur le linéaire de la Têt.....	6
Figure 5 : Précipitations moyennes de 1971 à 2008 sur le bassin versant de la Têt	6
Figure 6 : Topographie du bassin versant de la Têt.....	7
Figure 7 : Estimations des besoins au regard de la ressource sur la Têt.....	7
Figure 8 : Village de Nohèdes	
Figure 9 : Rivière de Nohèdes.....	8
Figure 10 : Ombrothermie moyenne à Nohèdes, 1987-2007 @Alain Mangeot, Réserve de Nohèdes.....	9
Figure 11 : Carographie du bassin versant amont du Caillan.....	9
Figure 12 : Carte présentant le Synclinal de Villefrance, ses 5 principales émergences et la faille de Mérens @ G. Hez 2015.....	11
Figure 13 : Cartographie des usages autour de la ressource en eau et contexte géologique dans la vallée du Caillan	12
Figure 14 : Crépines sur le Caillan, Conat	
Figure 15 : Cultures irriguées par le Caillan à Betllans	12
Figure 17 : Retour au Caillan après turbinage.....	14
Figure 18 : Eutrophisation dan sle Caillan @Conat 2020	
Figure 19 : Captage de Nohèdes sur la Rourède, 2020	15
Figure 20 : Euprocte des Pyrénées@ Alain Mangeot	
Figure 21 : Alysson des Pyrénées @Alain Mangeot	16
Figure 22 : Schéma d'une section de travers et des points de mesure selon la méthode du champs d'exploration des vitesses @ OTHU-GRAIE.....	17
Figure 24 : Jaugeage au courantomètre à la station du pont de Betllans @David Morichon 2020	18
Figure 25 : Station hydrométrique de Conat, 2015.....	19
Figure 26 : Station hydrométrique de Torelles, 2020	
Figure 27 : Station hydrométrique de Conat, 2020.....	19
Figure 28 : Carte des stations hydrométriques de la Réserve de Nohèdes, sous bassins versants et pertes karstiques @Rocheteau Danièle, Réserve de Nohèdes 2017.....	20
Figure 29 : Cartographie des stations de jaugeage SMTBV	21
Figure 30 : Entretien avec laurent Espinet, Président de la Réserve Naturelle de Nohèdes, 2020	22
Figure 31 : débits moyens du Caillan sur juillet/août/septembre 2020	24
Figure 32 : Suivi des débits du Caillan sur juillet/août 2020.....	24
Figure 33 : Pluviométrie à Nohèdes en août 2020 @archive Meteoblue	25
Figure 34 : Zonage simplifié des régimes d'écoulement du Caillan	25
Figure 35 : Prélèvements cumulés des canaux du Rec Comou et Balajat au regard de la ressource (juillet/août /septembre 2020)	26
Figure 36 : Prélèvements du canal de Canoha au regard de la ressource (juillet/août/septembre 2020)	26
Figure 37 : Débit à l'exutoire du Caillan au regard des débits minimum biologiques (DMB) en juillet, août et septembre 2020	27
Figure 38 : Rivière souterraine de Nohèdes @ G. Hez 2015	28
Figure 39 : Développement d'En Gorner d'après une proposition de G. Hez 2015	28