

Mastère spécialisé Gestion de l'Eau  
Projet International Mars 2015



# Pistes de réflexion pour l'adaptation au changement climatique de l'Alt Empordà

Réalisé par : Paul BOURDEAU, Juline LANGE, Hélène LAMBERT, Alexandra POUILLET  
Encadré par : Sophie RICHARD

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier, dans un premier temps, Helena Valent du Consell Comarcal de l'Alt Empordà, Gabriel Borràs de l'Office Catalan du Changement Climatique (OCCC), Alex Rocas de l'Agence de Catalane de l'Eau ainsi que l'ensemble des intervenants professionnels, pour leur disponibilité à nous recevoir et répondre à nos questions. Un grand merci à David Pavón pour son éclairage historique et son approche territoriale de la Muga.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique d'AgroParisTech, et plus particulièrement Sophie Richard et Francine Audouy pour leur disponibilité, leur énergie à traduire le catalan et leur amabilité, et Hélène Salvat pour toute la recherche documentaire, son écoute, et sa disponibilité pour nous chercher des articles pour compléter ce rapport.

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	1
Table des Illustrations .....	4
INTRODUCTION .....	6
I. Adaptation au changement climatique, enjeux et acteurs du bassin de la Muga .....	7
A. Contexte de la zone d'étude .....	7
1. Le Bassin Versant de la Muga (Reparaz-Ruiz, 1938) .....	8
2. Vulnérabilité du territoire aux évolutions climatiques (CCAIE, 2014).....	9
B. Usagers et acteurs de la gestion de l'eau dans le bassin de la Muga: quelles perceptions du changement climatique et quelles mesures d'adaptation?.....	9
1. Le Consell Comarcal de l'Alt Empordà (CCAIE) – Département Environnement : acteur d'une dynamique territoriale de développement durable .....	10
2. L'Office Catalan du Changement Climatique (OCCC) : au cœur de l'action publique liée au changement climatique.....	10
3. L'Agence Catalane de l'eau (ACA) : acteur central de la gestion de l'eau en Catalogne.....	10
4. Parc Naturel des Aiguamolls : une zone humide littorale soumise à de multiples pressions	11
5. Association écologiste IAEDEN : l'atténuation, objectif prioritaire.....	12
6. Département du tourisme – CCAIE : une taxe pour financer l'adaptation ? .....	12
7. Département de l'agriculture – Généralité de Catalogne.....	13
8. Association des propriétaires forestiers : lutte contre l'incendie et durabilité, une priorité	13
9. Coopérative agricole de Castello d'Empuriès : la volonté d'instaurer une communauté d'usagers .....	14
10. Communauté d'irrigants de la rive gauche (Vilanova de la Muga) : une gestion plus réactive que proactive.....	15
11. Service d'eau SOREA : économies d'eau, interconnexion, solidarité territoriale .....	15
C. Conclusion et synthèse des entretiens.....	16
II. Pistes de réflexion et retours d'expériences, des exemples d'adaptation aux évolutions climatiques qui peuvent fonctionner .....	17
A. Exemple de lutte contre l'intrusion du biseau salé.....	17
1. La réalimentation de nappe: une solution pour lutter contre l'intrusion saline ? Exemple de la nappe du bas Gapeau, département du Var, France (Aqua Renova, non daté) .....	17
2. Le projet de réutilisation des eaux usées traitées pour lutter contre l'intrusion saline dans les nappes littorales de la Muga.....	21
B. Les enjeux de préservation des zones humides littorales: cas des Aiguamolls de L'Empordà .	22
C. Une gestion forestière adaptée à une meilleure disponibilité de la ressource en eau ? Quels services rendus ? Quels mécanismes de financement ? .....	24
1. Gestion forestière et eau sur le bassin de la Muga .....	24
2. Le Paiement pour Service Environnemental (PSE).....	29
3. Conclusion sur la gestion forestière .....	31

III.	Lecture du plan d'adaptation au changement climatique du Consell Comarcal de l'Alt Empordà à la lumière des rencontres de terrain et de retours d'expériences français .....	35
A.	Compléments au plan d'actions .....	35
1.	Ligne stratégique 1 : Gestion forestière .....	35
2.	Ligne stratégique 2 : Gestion de la biodiversité .....	36
3.	Ligne stratégique 3 : Gestion de l'eau .....	36
4.	Ligne stratégique 5 : Agriculture et élevage .....	39
5.	Ligne stratégique 6 : Construction .....	40
6.	Ligne stratégique 7 : Transport, mobilité et logistique .....	40
7.	Ligne stratégique 8 : Energie .....	41
8.	Ligne stratégique 9 : Tourisme .....	42
9.	Ligne stratégique 11 : Communication et formation .....	42
B.	Comparaison des dispositifs français et catalan .....	43
1.	Le Plan Climat Energie Territoires .....	43
2.	Compatibilité avec l'Agenda 21 .....	45
IV.	CONCLUSION .....	47
V.	Bibliographie .....	48
VI.	ANNEXES .....	0
A.	ANNEXE 1 : Position des acteurs par rapport à leur intérêt pour l'adaptation au changement climatique et leur capacité à agir .....	0
B.	ANNEXE 2 : Descriptif du projet Aqua Renova de réalimentation de nappe pour lutter contre l'intrusion saline (Aqua Renova, non daté) .....	0
C.	ANNEXE 3 : La politique en France pour la préservation des zones humides .....	3
D.	ANNEXE 4 : Liste des personnes rencontrées .....	4

## Table des Illustrations

Figure 1: Localisation de l'Alt Empordà .....	7
Figure 2 : Délimitation du territoire de l'Alt Empordà (ICGC, 2015) .....	7
Figure 3 : Localisation de la ville d'Hyères.....	18
Figure 4 : Localisation hydrographique du projet de réalimentation (Aqua Renova, non daté) .....	19
Figure 5 : Exemple de mise en place d'une zone tampon (Aqua Renova, non daté).....	19
Figure 6 : Localisation du projet de réalimentation de la nappe d'Hyères (Aqua Renova, non daté) ..	20
<i>Figure 7 : Piézomètres de contrôles (Aqua Renova, non daté).....</i>	<i>20</i>
Figure 8 : Localisation du futur projet de réalimentation de la nappe alluviale .....	22
Figure 9 : Coupe schématique du projet de réalimentation .....	22
Figure 10 : Le rôle des zones humides littorales .....	23
Figure 11 : Emprise des forêts dans le bassin versant de la Muga et problématiques liées (Foresterra, 2013 ; entretien X. Laporta, 2015) .....	25
Figure 12 : Localisation des forêts publiques de l'Alt Empordà (Foresterra, 2013 ; entretien X. Laporta, 2015).....	25
Figure 13 : Comparaison entre les quantités d'eau drainées par la forêt de Pourcharesses entre l'année 2005 et l'année 2008 (deux fois plus pluvieuse), source : CRPF, 2013.....	27
Figure 14 : Comparaison du drainage en 2008 sur différentes parcelles de densités d'arbres variables (sans éclaircie, avec éclaircie à 50% par rapport à l'origine, hypothèse avec éclaircie supérieure à 50% par rapport à l'origine). Source : adapté du CRPF, 2013 .....	28
Figure 15 : Gains en quantité d'eau drainée grâce à l'éclaircissement (site expérimental de Pourcharesses, Lozère - France).....	28
Figure 16 : Gains en quantité d'eau drainée entre résineux et feuillus caducs de même densité (site expérimental de Pourcharesses, Lozère - France) .....	29
Figure 17 : Acteurs et mécanismes du PSE financé par les services d'eau de la Romagna Acque S.p.a. ....	31
Figure 18 : Principe du sylvopastoralisme.....	32
Figure 19 : Principe de la sylviculture.....	32
Figure 20 : Différentes voies de valorisation énergétique du bois .....	33

Figure 21 : Coût de production d'un kWh en fonction de la source d'énergie .....	34
Figure 22 : Le sylvopastoralisme, un atout pour la prévention des incendies? Dessin extrait de « Protection de la forêt méditerranéenne : guide à l'usage des maires et des élus » édité en 1998 par l'Entente interdépartementale pour la prévention des incendies de forêt et réalisé par Padifrance-Atoutvert (Etienne, 2001).....	36
Figure 23 : Contenu du kit d'économie d'eau attribué gratuitement aux particuliers dans le cadre du projet LIFE MAC Eau (MAîtrise et Consommation d'EAU) sur le département français de la Gironde. Les collectivités peuvent également disposer d'un kit adapté à leurs besoins (www.jeconomiseleau.org). .....	37
Figure 24 : Canal d'irrigation sur la rive gauche de la Muga. Cette parcelle fait-elle toujours partie du périmètre irrigué? (Photo F. AUDOUY). .....	38
Figure 25 : Désimperméabilisation d'un parking enrobé à Laveyron (Drôme). .....	39
Figure 26 : L'analyse des émissions du secteur "Transport de personnes " de Perpignan Méditerranée met en avant les modes de transport les plus impactants (Perpignan Méditerranée, 2012). .....	40
Figure 27 : exemple de l'installation de la Seyne/Mer.....	41
Figure 28 : Le diagnostic énergétique met en évidence la contribution de chaque secteur aux émissions de gaz à effet de serre. (Perpignan Méditerranée, 2012) .....	43
Figure 29 : Les projections réalisées par le volet diagnostic territorial du PCET facilitent la compréhension du plan d'actions en montrant le potentiel de réduction des gaz à effet de serre de chaque secteur d'activités (ADEME, 2009) .....	44
Tableau 1: Exemple de tableau de correspondances entre les plans d'actions et les thématiques abordées.....	46

## INTRODUCTION

Dans un contexte de changement climatique avéré, le GIEC propose plusieurs scénarios, plus ou moins optimistes, qui prévoient néanmoins tous une diminution de la ressource en eau disponible et des phénomènes extrêmes (type sécheresse ou inondation) de plus forte intensité.

Le bassin méditerranéen est une zone particulièrement sensible aux impacts du changement climatique, surtout en ce qui concerne la disponibilité en eau. La diminution prévue de cette ressource, pourtant nécessaire à la vie, impose de rechercher des solutions pour mieux la gérer et la partager.

La Généralité de Catalogne élabore une nouvelle loi « changement climatique » qui devrait être adoptée en 2015. Le projet de loi en cours prévoit que toutes les régions et municipalités du territoire catalan devront avoir un plan territorial d'adaptation au changement climatique. Dans ce contexte, le Consell Comarcal de l'Alt Empordà (CCAÉ) prend l'initiative de rédiger un Plan d'Adaptation au Changement Climatique qui prévoit des mesures pour diminuer les impacts prévus par le changement climatique et s'adapter (CCAÉ, 2014). Par ailleurs, une partie du territoire du CCAÉ, le bassin versant de la Muga, est l'un des 3 sites pilotes du projet Life MEDACC porté par l'Office Catalan du Changement Climatique. Ce projet vise à expérimenter des mesures innovantes d'adaptation des systèmes agro-forestiers et urbains au changement climatique dans le bassin méditerranéen. Le projet MEDACC contribue également à la conception et à la mise en œuvre des stratégies et des politiques d'adaptation qui sont en cours d'élaboration au niveau national et régional dans la région euro-méditerranéenne. En Catalogne, le projet Life -MEDACC sera un outil clé dans la mise en œuvre de la stratégie catalane d'adaptation aux changements climatiques (ESCACC 2013-2020) (MEDACC, 2015).

Notre travail se situe à la rencontre de ces deux projets. Dans ce cadre le CCAÉ nous propose de contribuer à la réflexion pour l'adaptation de la gestion de l'eau dans un contexte de changement climatique sur le territoire de la Muga à travers 3 types d'actions :

- une analyse et des propositions issues du terrain catalan et des rencontres d'acteurs du bassin de la Muga
- un focus particulier sur les interactions forêt/eau et les paiements pour services environnementaux (PSE), en lien avec le projet Life MEDACC
- une contribution à la réflexion du CCAÉ, nourrie par l'analyse de retours d'expériences de collectivités françaises.

Afin de proposer des mesures appropriées, il est nécessaire de cerner les modalités de gestion de l'eau en Catalogne, les différents acteurs présents sur le territoire, leurs activités et leurs usages de l'eau sur le bassin versant de la Muga. L'appropriation du contexte local se fait grâce à des entretiens programmés avec une douzaine d'usagers et de gestionnaires de la ressource en eau. Une attention particulière a été portée, selon le souhait du CCAÉ et de l'OCCC, sur la perception que les différents acteurs ont de la gestion forestière comme moyen d'améliorer la disponibilité de la ressource en eau en aval. Ces différents entretiens ne sont pas pour autant exhaustifs, dans la mesure où les organismes rencontrés ne sont pas nécessairement représentatifs de l'ensemble du bassin versant de la Muga. D'autre part, en parallèle de ces rencontres, une recherche bibliographique a été menée pour synthétiser les connaissances et les exemples d'adaptation disponibles dans la littérature. Ce travail s'appuie également sur des retours d'expériences de collectivités françaises en matière de plans d'adaptation au changement climatique (Monico, 2015).

Dans une première partie, ce document synthétise et analyse l'ensemble des entretiens qui ont été menés, puis dans une seconde partie sont regroupés plusieurs exemples et pistes de réflexion pour appuyer le Consell Comarcal de l'Alt Empordà dans sa démarche d'adaptation au changement climatique. Enfin, nous proposons une relecture et des propositions d'amélioration du Plan d'Adaptation au Changement Climatique, en cours de rédaction.

# I. Adaptation au changement climatique, enjeux et acteurs du bassin de la Muga

## A. Contexte de la zone d'étude

L'Alt Empordà est l'une des huit Comarques qui compose l'Empordà dans la Province de Gérone en Catalogne. Le territoire, d'une superficie d'environ 1 360 km<sup>2</sup>, occupe une large plaine formée par les cours du Fluvia et de la Muga, limitée au nord et à l'ouest par l'extrémité orientale de la chaîne des Pyrénées (point culminant au Roc de Frausa, situé sur la frontière franco-espagnole, à 1453 m (Figures 1 et 2)). Dans la zone du delta des fleuves Fluvia et Muga, se trouve la partie principale des Aiguamolls del Empordà, une région marécageuse déclarée Parc Naturel, qui abrite une faune très variée.

La Comarque regroupe 68 communes totalisant 159 173 habitants, dont 45 444 à Figueras (2014)<sup>1</sup>, son chef-lieu. La population est principalement regroupée dans la plaine et sur le littoral, alors que les densités sont plutôt faibles dans les zones de montagnes (Albères, Cap de Creus) et à l'intérieur des terres (à l'Est du couloir de voies de communication AP-7 / ligne TGV).

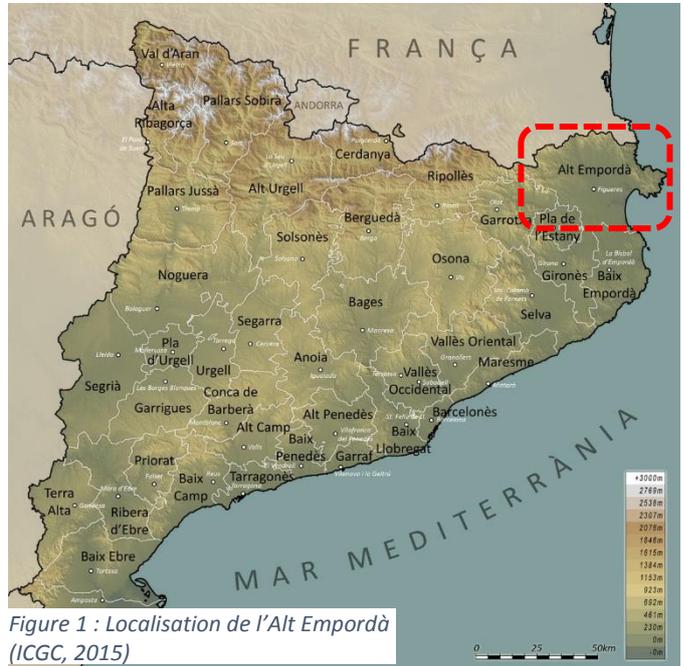


Figure 1 : Localisation de l'Alt Empordà (ICGC, 2015)

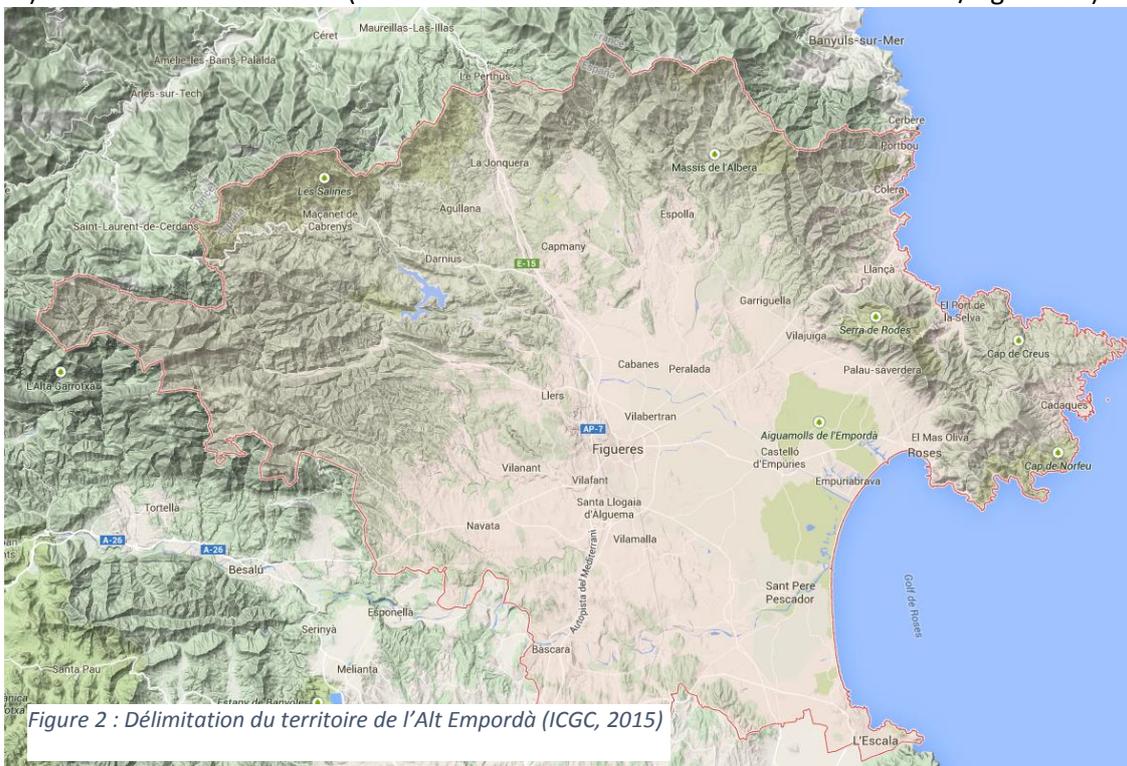


Figure 2 : Délimitation du territoire de l'Alt Empordà (ICGC, 2015)

L'Alt Empordà se situe dans la zone climatique méditerranéenne avec une influence marquée du relief. En effet les températures moyennes annuelles varient entre 16°C sur le littoral du Cap de Creus et moins de 11°C sur les sommets. La différence est encore plus marquée concernant les

<sup>1</sup> <http://www.idescat.cat>

précipitations annuelles avec moins de 550 mm sur le littoral, et plus de 1200 mm dans les montagnes<sup>2</sup>. Ce climat favorise la présence naturelle d'une végétation typiquement méditerranéenne, composée essentiellement de chênaies et de plantations de chênes liège, même si dans les zones plus élevées prolifèrent les rouveraies et dans les plus humides les hêtraies.

L'action humaine a joué en faveur de la prédominance des champs cultivés, des pinèdes et des garrigues. Ceci est surtout visible dans la plaine littorale, qui est à l'heure actuelle une mosaïque de cultures, de zones urbaines plus ou moins peuplées, reliées par un dense réseau de routes et de chemins. Rivières, lacs et marais sont également des éléments caractéristiques de cette plaine littorale.

### 1. Le Bassin Versant de la Muga (Reparaz-Ruiz, 1938)

Le bassin de la Muga occupe une surface de 854 km<sup>2</sup> couvrant presque exclusivement la région de l'Alt Empordà. Avec une longueur de 65 km, la Muga est plus petit des deux fleuves de la Comarque. Sa source, à 1186 m d'altitude, se localise dans le Vallespir, au Pla de la Muga, non loin de la source du Llierca, un des principaux affluents du Fluvià. A partir de sa source, sur environ 8 km, la Muga est frontalière avec la France. Dans sa partie supérieure, les limites occidentale et méridionale du bassin sont données par les reliefs de la haute Garrotxa et par le bassin du Fluvià. Au nord, son bassin est limitrophe du bassin du Tech. Cette limite nord est constituée des reliefs granitiques aux versants abrupts du Vallespir où culmine le Roc de France, et par le versant sud du massif des Albères. Dans la plaine, sa limite sud est formée d'une part par les piémonts de la Garrotxa et, d'autre part, par le bassin inférieur du Fluvià. Dans son bassin supérieur, de la source à Albanyà, le fleuve traverse d'abord les roches granitiques pyrénéennes, puis les terrains calcaires éocènes de la Garrotxa, où l'encaissement de la vallée est important. Entre Albanyà et Sant Llorenç de la Muga, la vallée s'élargit, mais traverse ensuite l'engorgement de Muga Torta. Plus à l'aval, une retenue d'eau barre la vallée à l'amont de Boadella. Après ce passage, la vallée s'élargit de nouveau. Enfin, Pont de Molins marque l'entrée de la Muga dans la plaine alluviale de l'Empordà. A Castellò d'Empùries, le fleuve circule entre l'ancien étang de Castellò et les terrains marécageux des Aiguamolls, avant de finir sa course, 4 km en aval, dans le golfe de Rosas.

#### *a) Un réseau hydrographique complexe mais peu dense*

Le réseau hydrographique de la Muga est complexe mais peu dense. En rive gauche, les premiers affluents importants apparaissent dès le cours moyen. Il s'agit des rivières de Major et de l'Arnera qui confluent chacune dans la retenue de Boadella. Ces cours d'eau drainent le massif de Salinas dans le Vallespir. A la hauteur de Vilanova, dans le bassin inférieur, le Llobregat rejoint la Muga. Il s'agit de son principal affluent en termes de débit. Il draine les eaux des Albères méridionales et une partie du massif de Salinas. Ce tributaire recueille entre autres les eaux du Ricardell, de l'Orlina et de l'Anyet.

En rive droite, le seul affluent notable est le Manol, au régime torrentiel. Il prend sa source dans la haute Garrotxa. Il se jette dans la Muga un peu à l'aval de Vilanova, dans la plaine. Son tributaire principal est l'Alguema.

Le bassin inférieur de la Muga, comme c'est le cas pour une grande partie des plaines littorales de l'Empordà, est marqué par la présence de multiples étangs ou marécages situés dans de nombreux cas à une altitude inférieure au niveau de la mer. Une bonne partie de ces zones humides a été convertie en pâturages, délimités par des canaux de drainage. A l'heure actuelle, ces secteurs constituent des zones fortement inondables. En ce qui concerne le bassin de la Muga, l'étang le plus important est celui de Castellò d'Empùries, sur la rive gauche du fleuve. Il constitue la partie septentrionale du vaste ensemble littoral des Aiguamolls de l'Empordà, qui s'étire entre la montagne de Rosas et l'embouchure du Fluvià. En rive droite, on trouve d'anciennes dépressions plus modestes dans le bassin versant du Manol à Vila-Sacra, Vilatenim, El Far et Vilamalla. A l'amont, l'étang le plus remarquable est celui de Lers, au sud de Pont de Molins.

---

<sup>2</sup> Source : Atles Comarcal de Catalunya (Alt Empordà)

### *b) La Muga, un fleuve côtier méditerranéen*

De sa source à Albanyà, dans son bassin supérieur, la Muga se caractérise par une pente très raide. Sur une distance de 10 km, le dénivelé passe d'environ 1200 m à 400 m. Ensuite, la déclivité tend à s'atténuer. Elle est interrompue par la retenue d'eau de Boadella. Mais le fleuve conserve une forte pente et poursuit son cours dans une vallée encaissée jusqu'à Pont de Molins, qui marque son entrée dans la plaine. Sur une distance d'environ 15 km, dans une vallée élargie, sa pente se réduit alors à 2‰. Finalement, son profil ne s'aplanit véritablement (1‰) qu'à 7 km en amont de son embouchure. Le régime de la Muga est très influencé par l'effet régulateur du barrage de Boadella, qui vise en partie à contrôler les inondations du fleuve dans la plaine. Il bénéficie des apports de ces deux principaux affluents, le Llobregat et le Manol au printemps et en hiver. Son régime est pluvial méditerranéen. Cela signifie qu'il est peu touché par l'influence nivale. Son débit est faible toute l'année. A Boadella, la moyenne du débit, calculée sur 78 ans, atteint à peine 2,4 m<sup>3</sup>/s.

Dans son bassin inférieur, cette moyenne sur 18 ans ne dépasse pas 3 m<sup>3</sup>/s. Les maxima se situent en janvier et février. De juillet à septembre, période de basses eaux, le débit moyen est inférieur à 1 m<sup>3</sup>/s.

A l'heure actuelle, à l'aval de Castellò d'Empúries, le cours aval de la Muga est canalisé jusqu'à son embouchure. Ce tronçon se localise au sud d'un ancien étang. Son tracé exact durant l'Antiquité n'est pas connu mais quelques témoignages apportent des précisions sur ses liens avec l'ancien étang de Castellò aux époques médiévale et moderne. La partie septentrionale est celle qui est occupée par l'ancien étang de Castellò. La partie sud est celle des Aiguamolls.

## 2. Vulnérabilité du territoire aux évolutions climatiques (CCAIE, 2014)

Le projet de plan d'adaptation du CCAIE (CCAIE, 2014) est basé sur une déclinaison territoriale des études menées par l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC) à l'échelle de la Catalogne<sup>3</sup> (scénarios de projections climatiques de 1971 à 2050).

La déclinaison de ces études sur le territoire de l'Alt Empordà, donne les tendances suivantes :

- des étés plus chauds et des hivers moins froids, avec des variations intra-annuelles parfois plus fortes et une augmentation des températures moyennes variant entre +0.8°C et +1.4°C;
- pas de tendance certaine pour les précipitations moyennes, mais :
  - une baisse du nombre de jours de pluies en période pluvieuse
  - une augmentation du nombre de jours secs en période estivale
- des risques de sécheresse accrus, une évolution des risques d'inondations incertaine ;
- des risques d'incendies accrus ;
- une augmentation du niveau de la mer et des tempêtes plus fortes qui conduiraient à un changement dans la configuration d'équilibre du littoral avec des conséquences potentiellement graves, en particulier dans les zones de plaine littorale naturelles (Aiguamolls) ou anthropisées ;
- une altération du cycle hydrologique qui impliquerait une diminution de la disponibilité des ressources en eau.

## B. Usagers et acteurs de la gestion de l'eau dans le bassin de la Muga: quelles perceptions du changement climatique et quelles mesures d'adaptation?

Notre étude nous a conduit à rencontrer un échantillon varié d'acteurs et d'usagers de l'eau du bassin de l'Alt Empordà. Nombre d'entre eux sont associés au projet Life- MEDACC. Ces entretiens ont permis d'appréhender leurs principaux enjeux et intérêts en lien avec la gestion de l'eau, les mesures d'adaptation mises en œuvre ou prévues ainsi que leur perception d'une gestion forestière adaptée à la protection des ressources en eau. Les personnes rencontrées et les informations

<sup>3</sup> Estratègia d'adaptació al canvi climàtic, ESCAT (Generació d'escenaris climàtics amb alta resolució per a Catalunya): [http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Canvi%20climatic/projectes/pdf/resum\\_executiu\\_ESCAT.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Canvi%20climatic/projectes/pdf/resum_executiu_ESCAT.pdf)

recueillies ne sont pas exhaustives, mais elles permettent d'avoir une première approche globale des enjeux du territoire en ce qui concerne le croisement de la gestion de l'eau et de l'adaptation aux évolutions climatiques. Seuls les éléments spécifiques à chaque acteur sont présentés dans un premier temps. La conclusion de cette partie synthétise les points communs issus des entretiens.

### 1. Le Consell Comarcal de l'Alt Empordà (CCAIE) – Département Environnement : acteur d'une dynamique territoriale de développement durable

**Helena Valent** : commanditaire de l'étude

Le Consell Comarcal de l'Alt Empordà a des compétences en termes d'aménagement du territoire, de santé, de services sociaux, de culture, de sport, d'enseignement, de salubrité publique et d'environnement. C'est dans le cadre de cette dernière compétence qu'il réalise son Plan d'Adaptation au Changement Climatique, dans lequel seront proposées des pistes d'actions concrètes, adaptées et applicables rapidement. Pour ce faire, des entretiens avec les acteurs et usagers de l'eau nous permettent d'analyser le contexte socio-économique du territoire. L'objectif est d'apporter des éléments à proposer et des pistes de réflexion pour compléter ce plan sur le volet « gestion de l'eau ». Par ailleurs, des retours d'expérience de plans en cours ou mis en œuvre par des collectivités françaises nous permettent d'avoir une approche critique et constructive pour alimenter le Plan d'Adaptation (voir partie III).

### 2. L'Office Catalan du Changement Climatique (OCCC) : au cœur de l'action publique liée au changement climatique

**Gabriel Borrás** : co-commanditaire de l'étude

Le bureau Catalan du Changement Climatique accompagne le Consell Comarcal de l'Alt Empordà dans ses projets d'adaptation. Au travers du programme LIFE-MEDACC<sup>4</sup>, l'OCCC et ses 3 partenaires de recherche (IRTA, CREA, IPE-CSIC) visent à tester des solutions innovantes pour adapter les systèmes agroforestiers et urbains au changement climatique en Méditerranée. En Catalogne, le programme Life-MEDACC est un outil clé dans la mise en œuvre de la stratégie catalane adaptation aux changements climatiques (ESCACC 2013-2020). Afin d'atteindre ces objectifs, le projet Life-MEDACC met en œuvre des actions pilotes pour tester les mesures d'adaptation dans les secteurs de l'agriculture, de la forêt et de la gestion de l'eau. Ces mesures sont conçues et évaluées par les acteurs locaux. Les résultats attendus contribueront à quantifier les mesures d'adaptation qui peuvent réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et des activités humaines au changement climatique. En outre, le projet permettra d'évaluer les coûts environnementaux et économiques liés à l'application ou non application des mesures d'adaptation (MEDACC, 2015).

Trois bassins versants ont été choisis comme sites pilotes en Catalogne : le Ter, le Sègre et la Muga. Dans le bassin de la Muga, des zones d'expérimentation de gestion forestière et agricole sont mises en place. Ces parcelles "test" ne représentent qu'une part infime des surfaces forestières et agricoles. Relativement à notre travail, la principale attente de l'Office Catalan du Changement Climatique est de tester quelle est la perception des acteurs du territoire vis-à-vis d'un modèle de gestion forestière viable sur les plans technique et financier, et qui pourrait favoriser une meilleure disponibilité de l'eau en aval.

### 3. L'Agence Catalane de l'eau (ACA) : acteur central de la gestion de l'eau en Catalogne

**Alex Rocas et son équipe, Délégation de Gérone**

L'Agence Catalane de l'eau assure la gestion globale de l'eau sur le territoire Catalan. Elle est organisée en 2 niveaux territoriaux :

---

<sup>4</sup> LIFE- MEDACC : L'Instrument Financier pour l'Environnement – MEDiterranean Adaptation to Climate Change (MEDACC, 2015)

- les services centraux (Barcelone) conduisent la planification et les réflexions stratégiques en matière de de gestion de l'eau et d'adaptation au changement climatique, dans l'esprit des directives européennes (DCE, Directive inondation,...) ;
- les services territoriaux déclinent les outils centraux et les adaptent localement.

L'ACA assure la Police de l'eau, notamment concernant la réglementation des puits illégaux ainsi que le suivi de qualité et quantité de la ressource. Elle partage les compétences eau potable (production) et assainissement (traitement des eaux usées) avec les communes. L'enjeu principal de l'Agence Catalane de l'Eau est d'assurer une gestion raisonnée et durable de la ressource en eau, notamment en trouvant les moyens humains et financiers d'assurer son rôle de police de l'eau.

Sur le bassin versant de la Muga, l'ACA est gestionnaire du barrage de Boadella, d'une capacité de 60 hm<sup>3</sup>. Ce barrage assure (Engref, 2009) :

- l'alimentation en eau potable (10hm<sup>3</sup>/an) :
  - de la ville de Figueras et de quelques communes périphériques, desservies par l'entreprise municipale FISERSA (4hm<sup>3</sup>/an)
  - de quelques communes côtières, desservies par le Consorci de la Costa Brava (6hm<sup>3</sup>/an)
- l'alimentation en eau d'irrigation pour 2 communautés d'irrigants (25hm<sup>3</sup>/an)
  - en rive droite de la Muga (1/3 des volumes annuels)
  - en rive gauche de la Muga (2/3 des volumes annuels)
- le débit écologique à l'aval de l'ouvrage (13hm<sup>3</sup>/an)
- le turbinage des débits pour la production hydroélectrique (entreprise ENDESA)

Dans les conditions normales de fonctionnement, 12hm<sup>3</sup> doivent rester en permanence dans le réservoir.

Les Commissions biannuelles de gestion de cet ouvrage établissent les volumes disponibles pour les usagers en aval, en concertation avec les bénéficiaires de cette ressource. La pression anthropique sur la ressource en eau est forte aujourd'hui dans le bassin de la Muga. En termes de ressource en eau, l'ACA constate :

- un équilibre fragile pour les eaux souterraines,
- une faible pluviométrie et faible capacité de stockage du barrage (cycle de recharge annuel par rapport aux besoins actuels) pour les eaux de surface.

Cette situation conduit l'ACA à définir aujourd'hui le bassin de la Muga comme étant en déficit structurel, avec de fortes variabilités spatiales et temporelles entre la disponibilité en eau et les demandes. En situation de pénurie, des priorités d'allocation d'eau sont définies entre les usages : l'eau potable est prioritaire. Viennent ensuite l'irrigation, l'industrie et les usages récréatifs.

Selon les scénarios climatiques déclinés sur ce territoire (CCAIE, 2014) la fréquence des situations de crise et de gestion d'évènements extrêmes (sécheresses, inondations) est susceptible d'augmenter. Selon l'ACA, l'adaptation aux évolutions climatiques rend nécessaire une gestion et une gouvernance territoriale partagée. Cependant, le territoire de la Muga n'est aujourd'hui engagé dans aucun processus territorial de projet, essentiellement par manque de volonté politique des autorités locales.

Par ailleurs, parmi les actions techniques d'adaptation, l'ACA encourage les économies d'eau et les techniques alternatives telles que la réutilisation d'eaux usées traitées et le dessalement d'eau de mer.

#### 4. Parc Naturel des Aiguamolls : une zone humide littorale soumise à de multiples pressions

##### **Sergio Romero**

Le parc des Aiguamolls, situé à l'embouchure des fleuves Muga et Fluvià, couvre une superficie d'environ 4 700 ha, presque entièrement agricoles. L'histoire hydrologique de cette zone est ancienne et complexe. Cette zone humide est aménagée depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle (lagune de Castello). Au cours du XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècle, des changements d'aménagement du territoire ont lieu :

canalisation du tronçon aval de la Muga, drainage, assèchement de la lagune del Estanys, construction du barrage de Boadella, urbanisation de la zone littorale, extraction de graviers en lits mineurs de la Muga et du Fluvia.

Cette zone est aujourd'hui vulnérable vis-à-vis de l'intrusion d'eau de mer en surface (lors d'épisode de pluie et de vents très intenses) et dans les nappes (intrusion saline -biseau salé-, due à une exploitation excessive des nappes phréatiques). L'enjeu principal actuel est donc de garantir le fonctionnement écologique et économique de cette zone, en luttant contre la salinisation des terres agricoles et l'eutrophisation des cours d'eau. Il s'agit également de préserver ses moyens économiques et son système de gouvernance dans le cadre de sa récente mise sous tutelle du Département de l'Agriculture.

Vis-à-vis du changement climatique, les enjeux principaux sont liés à l'augmentation du niveau de la mer et à une intensité accrue des phénomènes de tempêtes qui représentent une menace pour l'avenir de ce territoire et remettent en cause son existence même.

## 5. Association écologiste IAEDEN : l'atténuation, objectif prioritaire

### **Xavier Vizcaíno**

Cette association joue un rôle de conseil, de lobbying et d'éducation à l'environnement. Elle apporte son soutien aux municipalités pour des propositions d'atténuation du changement climatique, dans le domaine de l'eau et de l'énergie. De tous les acteurs rencontrés, c'est celui qui exprime le plus sa conscience de la nécessité d'agir vis-à-vis du changement climatique. La IAEDEN priorise son engagement et son action « changement climatique » sur les politiques et mesures d'atténuation<sup>5</sup>, et non sur les mesures d'adaptation<sup>6</sup>. Selon le représentant de l'association rencontré, l'adaptation est secondaire : « Que pourrions nous faire si les températures augmentent trop ? La priorité est d'engager et de réussir la transition énergétique ». Selon lui, les principaux enjeux du changement climatique pour le territoire étudié sont liés à l'élévation du niveau de la mer, à l'augmentation des températures (accroissement du risque d'incendie, sécheresses,...) et aux migrations climatiques.

Ces évolutions rendent nécessaires des changements de pratiques. Pour le secteur agricole, cela implique des changements de cultures et une modernisation des réseaux d'irrigation. Pour le secteur touristique comme pour les collectivités locales, des économies d'eau et d'énergie, des modes de transports adaptés sont à développer. Un système de taxe spécifique pourrait être mis en place pour financer une politique adaptée pour une planification et une action sur un temps long.

En ce qui concerne plus spécifiquement la gestion forestière, les mesures suivantes sont évoquées comme pouvant être pertinentes : prévention des incendies, éducation environnementale, utilisation du bois comme source d'énergie.

En termes de gouvernance, X. Vizcaíno évoque un modèle structuré autour de 2 échelles principales : une échelle globale, avec un gouvernement mondial qui appliquerait et définirait les grandes lignes d'action ; couplée à une échelle territoriale, lieu d'initiatives locales et d'expériences créatives, d'actions concrètes.

## 6. Département du tourisme – CCAE : une taxe pour financer l'adaptation ?

### **Olga Sabater**

De tous les acteurs rencontrés, le département Tourisme de la Généralité est le plus éloigné des problématiques liées à la gestion durable des ressources en eau et ne commence que récemment à s'impliquer dans une démarche d'utilisation raisonnée de l'espace et des ressources. En effet, il promeut une gestion durable de l'environnement et de la nature, en développant le "tourisme vert" grâce aux circuits pédestres ou à bicyclette. Il souhaite soutenir une économie locale et durable. En 2011, une taxe touristique partagée entre les communes et la Généralité a été mise en place. Elle

---

<sup>5</sup> Objectif de limitation des impacts des activités humaines sur les évolutions climatiques (prévention), avec un effet sur le long terme.

<sup>6</sup> Objectif d'adaptation, en réaction aux conséquences d'évolutions climatiques, avec des effets parfois plus immédiats.

doit servir à promouvoir le tourisme d'une part, et assurer la durabilité d'autre part. Lors de l'entretien la possibilité d'utiliser cette taxe pour financer des mesures d'adaptation a été suggérée.

## 7. Département de l'agriculture – Généralité de Catalogne

### Rosa Geli

Chaque Comarque dispose d'un département de l'agriculture. Celui-ci n'a pas de capacité décisionnelle politique mais peut proposer des financements pour l'accompagnement et l'amélioration des pratiques agricoles. Il assure également un rôle de conseil et de formation. L'enjeu de ce département est de développer l'agriculture en respectant les deux objectifs du Programme de Développement Rural 2015-2020 : une baisse des émissions de gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie (atténuation). Il souhaite également impulser la création de communautés locales d'usagers (agricoles et autres) qui pourraient, à termes, fédérer l'ensemble des usagers d'un même bassin versant (par exemple le bassin de la Muga).

En ce qui concerne la gestion forestière, la Généralité de Catalogne a la possibilité d'accorder des aides aux propriétaires privés. Cependant les zones forestières du territoire de la Muga sont jugées peu rentables économiquement. Ces aides sont donc peu mobilisées car estimées insuffisantes.

## 8. Association des propriétaires forestiers : lutte contre l'incendie et durabilité, une priorité

### Xavier Laporta

Cette association, créée en 2010, regroupe une centaine de propriétaires privés et couvre environ 10 000 ha. Elle gère les aides financières fournies par la Généralité pour la gestion forestière, afin de faire appliquer les plans de gestion en terrains privés. La fonction principale de l'association est de soutenir une gestion forestière durable sur le long terme et rentable pour ses adhérents. Dans cette zone où la densité forestière a très fortement augmentée depuis les années 1950<sup>7</sup>, l'identification des propriétaires peut s'avérer complexe.

L'association s'investit en particulier dans la lutte incendie, la lutte sanitaire, le maintien de la filière « liège » et le développement de la filière bois énergie. Cette dernière action s'inscrit dans le cadre de la politique énergétique de la Diputació de Girona qui promeut la biomasse comme source d'énergie<sup>8</sup>. L'association favorise également la formation de jeunes bucherons pour l'entretien des forêts et le retour de bergers dans les zones forestières de montagne.

Aujourd'hui et dans un contexte d'évolutions climatiques, un des enjeux prioritaire de la gestion forestière dans cette zone est la prévention et la lutte « incendie », en lien avec les plans généraux de l'administration pour la prévention des risques naturels<sup>9</sup>. Ces plans cartographient des zones soumises à des niveaux de risques différents. L'intensité des actions de gestion préconisée varie d'une zone coupe-feu (coupe à blanc, zone de protection) à une zone un peu plus dense (grands arbres + sous-bois peu dense), en passant par une zone où seuls les arbres hauts sont conservés, sans sous-bois. Un autre enjeu important est le maintien de la filière liège. La gestion permet une diminution de la densité des arbres qui favorise la qualité de la production<sup>10</sup> et la lutte contre l'incendie. Le sylvopastoralisme est évoqué comme un mode de gestion possible de certaines zones (avec des atouts et des contraintes : voir partie III).

La gestion forestière n'est pas rentable aujourd'hui, malgré les aides publiques<sup>11</sup>. Son financement pourrait être complété par l'introduction d'un système de paiement pour service environnemental

<sup>7</sup> Du fait de changement de pratiques agricoles et forestières, d'exode rural et dans certaines zones de politiques forestières trop protectionnistes (années 1980-2000), la densité par hectare est aujourd'hui très élevée (ordre de grandeur avancé : 1000 arbres/ha).

<sup>8</sup> Actuellement le chauffage en zones urbanisées est assuré à partir de gaz (Figueres) ou de gaz et de fuel (communes rurales) Une étude est actuellement en cours au niveau de la Diputació pour analyser les coûts, les bénéfices et la faisabilité de transition énergétique (au moins partielle) vers un modèle reposant plus fortement sur l'utilisation de la biomasse comme source d'énergie. Cela pose, entre autres, des questions d'échelle d'action (Diputació vs. Collectivités locales -municipalités, CCAE-), de substitution d'équipements et d'amortissement de ces équipements (50% de subvention pour l'installation d'une chaudière).

<sup>9</sup> Les PRIN et notamment le PRINCALB, plan de PRévention des INCendies à l'échelle du massif des ALBères

<sup>10</sup> Dans cette zone, la densité idéale de gestion est de l'ordre de 200 à 300 pieds de chênes liège/ha.

<sup>11</sup> Environ 500-700€/ha s'il existe un plan de gestion.

rendu par les propriétaires forestiers (voir partie II-C)<sup>12</sup>. L'association est intéressée pour contribuer à une communauté d'usagers autour des enjeux de gestion de l'eau, si une telle organisation se met en place.

## 9. Coopérative agricole de Castello d'Empuriès : la volonté d'instaurer une communauté d'usagers

### Joan Dalmau

La coopérative regroupe des agriculteurs de la rive droite de la Muga, dans sa zone littorale. Les agriculteurs dépendent de ressources en eau souterraines. Ils sont les premiers à subir les restrictions d'usages en cas de sécheresse. Ils doivent également faire face à la salinisation des nappes. Leurs pratiques dépendent des recommandations de la Politique Agricole Commune (PAC) et des réglementations imposées dans les zones de type réserve intégrale ou zone humide (comme le Parc des Aiguamolls). Proactive, la coopérative agricole souhaite mettre en place une communauté d'irrigants dans un premier temps, puis d'usagers<sup>13</sup> dans un second temps, afin de gérer sur le long terme le partage de la ressource en prenant en compte le changement climatique.

Les enjeux actuels évoqués et mis en perspective avec les évolutions climatiques sont les suivants :

- Intrusion saline : eaux de surface et eaux souterraines. Les remontées marines se font par les petits cours d'eau côtiers (comme le Rec Sirvens) et les canaux (Empuriabrava), en particulier lors des épisodes de « Levante »<sup>14</sup>. Les eaux chargées de sel inondent les parcelles agricoles et les rendent inexploitable. Des systèmes de vannes ont été mis en place en certains points stratégiques pour tenter de limiter le phénomène. Les effets prévus des évolutions climatiques (remonté du niveau de la mer, épisodes de Levante plus intenses) devraient accentuer ces phénomènes et des mesures d'adaptation restent à trouver. Certaines nappes sont également concernées par une surexploitation qui provoque une intrusion saline.
- Diversification et recherche de nouvelles ressources en eau : la réutilisation d'eaux usées traitées de la future station de Figueres est envisagée. Elle pourrait servir à réalimenter la nappe au niveau du puits de Roses (voir partie II.A.2)<sup>15</sup>. Par ailleurs, des interconnexions pourraient être envisagées avec d'autres réseaux agricoles utilisant des ressources en eau de surface.
- Diversification et rotations des cultures, évolution des pratiques, économies d'eau : les pratiques évoluent en fonction des recommandations de la nouvelle PAC (voir partie III). Au niveau régional, l'IRTA apporte un appui technique pour aller dans le sens de pratiques culturales économes en eau. Certaines MAEC<sup>16</sup> permettent d'aller dans ce sens.
- Gouvernance : depuis 3 ans la coopérative a la volonté de mettre en place une communauté d'irrigants, qui serait ensuite élargie à d'autres usagers dans le cadre d'une CUA<sup>17</sup> (Parc des Aiguamolls, communautés d'usagers pour l'eau potable...) : « les gens s'organisent quand ils ont des problèmes à résoudre ». Cette communauté pourrait être le lieu de partage des enjeux et intérêts sectoriels, de réflexions favorisant les évolutions de pratiques culturales et de l'allocation des ressources.

---

<sup>12</sup> Pour l'eau, pour le paysage, pour la lutte contre l'incendie, pour le tourisme....

<sup>13</sup> Intégrant agriculteurs, collectivités, parc naturel.

<sup>14</sup> Le Levante est un vent d'Est fort qui naît en mer Méditerranée.

<sup>15</sup> Ce puits a été fermé suite à une surexploitation ayant induit une salinisation de la nappe.

<sup>16</sup> Mesure Agro-Environnementale climatique.

<sup>17</sup> Communauté d'Usagers de l'Eau.

## 10. Communauté d'irrigants de la rive gauche (Vilanova de la Muga) : une gestion plus réactive que proactive

### Pere Planes et Pere Salleres

Cette communauté d'irrigants couvre un territoire irrigué d'environ 4.500 ha en rive gauche de la Muga. Elle regroupe 640 irrigants qui dépendent majoritairement de la ressource en eau de surface provenant de la retenue de Boadella<sup>18</sup>. Quelques puits, antérieurs à la construction du barrage, sont encore utilisés, en particulier lors d'épisodes de sécheresse ou de restriction d'usage de l'eau de surface. La communauté d'irrigants fait partie de la commission de barrage. Depuis 2012, la communauté est concessionnaire du réseau et des ouvrages d'irrigation, construits par l'Etat il y a environ 40 ans. Elle procède tous les ans à une modernisation d'une partie du réseau, par petits tronçons<sup>19</sup>. L'objectif est de faire des économies d'eau en limitant les pertes, pour répondre à des besoins actuels, et non pour s'adapter à des évolutions climatiques. Le volume attribué à la communauté par la commission de barrage est connu en avril<sup>20</sup> et détermine le choix des cultures de l'année. Pendant la campagne d'irrigation qui dure environ 2 mois, la gestion de l'eau se fait au quotidien, en fonction du remplissage de la retenue.

Vis-à-vis des enjeux liés au changement climatique la communauté a une approche plus réactive que proactive :

- Les changements de cultures, liées au marché, ne sont pas faciles à envisager. Si les conditions climatiques deviennent trop défavorables, la communauté considère que les agriculteurs seront sans doute amenés à changer d'activité.
- L'enjeu principal des irrigants de la communauté est de garantir une irrigation suffisante pour assurer le rendement des cultures qui auront été choisies lors de la commission de barrage, et ce, en partageant la ressources avec les usages écologiques (maintien du débit écologique). La réutilisation des eaux traitées est un processus considéré par la communauté comme trop coûteux et peu compatible avec les besoins ponctuels d'irrigations. Il y aurait besoin d'un lieu de stockage ou alors ces eaux pourraient être utilisées pour assurer le maintien du débit écologique. Selon la communauté, les acteurs en parlent mais personne n'a les moyens financiers de mettre ce projet en œuvre. La communauté n'a pas de solution à proposer. Selon elle, c'est une question qui doit être traitée par l'administration.
- Le second objectif de la communauté est de garantir l'entretien et le renouvellement des infrastructures hydrauliques (hors barrage).

## 11. Service d'eau SOREA : économies d'eau, interconnexion, solidarité territoriale

### Andreu Masferrer

SOREA est une filiale d'AGBAR. En tant que déléguataire du service d'eau, l'entreprise SOREA a pour principal objectif d'assurer une gestion efficace de l'alimentation en eau potable et de la collecte/traitement des eaux usées. Cela passe par la réduction des fuites sur le réseau, l'interconnexion des réseaux pour sécuriser l'alimentation en eau, ou encore, la mise en place de traitement tertiaire dans les stations d'épuration pour la réutilisation des eaux usées. SOREA assure :

- la gestion de l'eau potable pour le compte de 60 municipalités côtières principalement<sup>21</sup>
- et la gestion de l'assainissement pour une dizaine d'entre elles (dont celui de la ville de Gérone).

Sur le territoire de l'Alt Empordà, SOREA gère principalement 3 réseaux pour le compte de différentes collectivités<sup>22</sup> :

<sup>18</sup> La capacité de l'ouvrage (60 hm<sup>3</sup>) permet de couvrir les besoins des usages (eau potable, agriculture, industrie, environnement, hydroélectricité) sur un pas de temps annuel, mais ne rend pas possible une gestion pluriannuelle.

<sup>19</sup> Canal principal de 36 km et environ 400 km de canaux secondaires

<sup>20</sup> Le volume attribué en année « normale » est de l'ordre de 25hm<sup>3</sup> pour les usages agricoles.

<sup>21</sup> Dont la population est x 5 ou x10 en période estivale.

<sup>22</sup> Certains réseaux gérés par SOREA sont interconnectés avec ceux gérés par le Consorci de la Costa Brava.

- le CCAE: Peralada (eaux souterraines)/ réseau de production de l'Albera (interconnecté avec le suivant) ;
- une intercommunalité: mancomunitat d'aguais de Villajuiga, Garriguella, Pau, Palau ;
- la municipalité de Peralada (connexion non activée).

Selon notre interlocuteur, les moyens d'agir en cas de crise et pour s'adapter aux situations de rareté de l'eau, actuellement et face aux évolutions climatiques, sont les suivants :

- Bonnes interconnexions des réseaux, en accord avec tous ;
- Investissement des municipalités pour améliorer les réseaux (réduction des fuites, renouvellement et modernisation des réseaux, réseaux mieux contrôlés- compteurs à la sortie des réservoirs, dans chaque sous-secteur): réseaux anciens, besoin d'investissements publics (Généralité de Catalogne) ;
- Traitement tertiaire, réutilisation des eaux usées traitées (pour éviter l'intrusion marine et limiter la salinisation des puits), double réseau dans les parties nouvellement construites ;
- Gestion et vision politique sur le long terme et prix de l'eau adapté ;

Enfin, un paiement pour service environnemental (PSE) pour l'eau semble envisageable, plutôt de façon globale, avec paiement par la Généralité, qui est garante de l'intérêt général, et non sur la facture d'eau (qui comprend déjà de nombreuses taxes et redevances).

### C. Conclusion et synthèse des entretiens

L'ensemble des rencontres avec les différents acteurs et usagers de l'eau montre un intérêt globalement important pour la gestion de la ressource en eau. Les usagers qui ont le plus d'intérêt à améliorer la gestion de la ressource ne sont pas nécessairement ceux qui ont un pouvoir d'action important. C'est le cas, par exemple, du Parc des Aiguamolls, qui est un usager environnemental de l'eau dans le sens où l'eau est nécessaire à son bon fonctionnement écologique. Pourtant, les actions de gestion de l'eau, nécessaires au maintien de l'équilibre écologique du parc, doivent être réalisées en amont, à une échelle plus grande que celle du parc lui-même.

Une synthèse de la perception des différents usagers sur leur propre intérêt et celui des autres acteurs, ainsi que leur capacité d'agir pour lutter contre les effets du changement climatique est présentée en annexe 1 sous forme de graphique. Celui-ci témoigne d'un intérêt certain de la part de l'ensemble des usagers de l'eau. Néanmoins, les leviers d'actions ne sont pas uniformément répartis entre eux. Afin de satisfaire au mieux les besoins de chacun, il est primordial d'arriver à une connaissance mutuelle et partagée des enjeux et intérêts des différents acteurs du territoire. Cela pourrait se faire par la mise en place de réunions de concertation, afin de partager les enjeux et de travailler ensemble pour trouver des solutions appropriées.

Ces réunions pourraient être encouragées par l'Agence Catalane de l'Eau (ACA), qui représente la structure en charge de la gestion globale de l'eau sur le territoire catalan. Ainsi, à l'image des commissions du barrage Boadella qui regroupent les usagers bénéficiaires de cette ressource, l'ACA pourrait impulser la tenue de réunions entre l'ensemble des usagers du bassin de la Muga. Le Consell Comarcal de l'Alt Empordà pourrait également être un acteur pertinent pour initier une animation territoriale sur ces questions.

Plus localement, la concertation pourrait commencer par la création de communautés d'usagers, comme par exemple les communautés d'irrigants ou la communauté d'usagers en cours de création, portée par la coopérative agricole de la rive droite de la Muga. Si, à sa création, la communauté ne regroupe que des agriculteurs, elle doit pouvoir, à terme, inclure l'ensemble des usagers (municipalités, acteurs du tourisme, environnement, agriculteurs, industriels) pour être efficace et assurer une véritable gestion intégrée et globale de la ressource en eau. Si de telles communautés d'usagers se développent, elles assureront elles-mêmes la concertation entre leurs adhérents.

La communication et la sensibilisation sont également des points clé qui ressortent des entretiens en termes d'action pour l'adaptation au changement climatique.

Concernant la relation entre la gestion forestière et la gestion de l'eau, les entretiens font ressortir la nécessité de bien démontrer et expliciter l'impact de mesures de gestion forestières sur le cycle hydrologique (par une analyse historique de l'occupation du sol et des chroniques de débit par exemple) pour mettre en place un système de paiement pour service rendu.

Lors des entretiens plusieurs enjeux ont été évoqués. Dans la partie suivante, nous choisissons de faire un focus sur 3 d'entre eux : les enjeux liés à l'intrusion saline, les enjeux de préservation des zones humides et les enjeux de gestion conjointe forêt/eau. Nous les replaçons dans un contexte plus global et mettons les particularités identifiées sur le territoire de l'Alt Empordà en perspective avec des retours d'expériences permettant d'ouvrir la réflexion et de donner des pistes possibles d'évolution.

## II. Pistes de réflexion et retours d'expériences, des exemples d'adaptation aux évolutions climatiques qui peuvent fonctionner

Le changement climatique est un constat que les scientifiques contribuent à étayer dans le monde entier. Aujourd'hui, un des enjeux essentiels pour la recherche est de prévoir et d'anticiper la poursuite des changements afin de pouvoir réagir et s'adapter à ces évolutions futures.

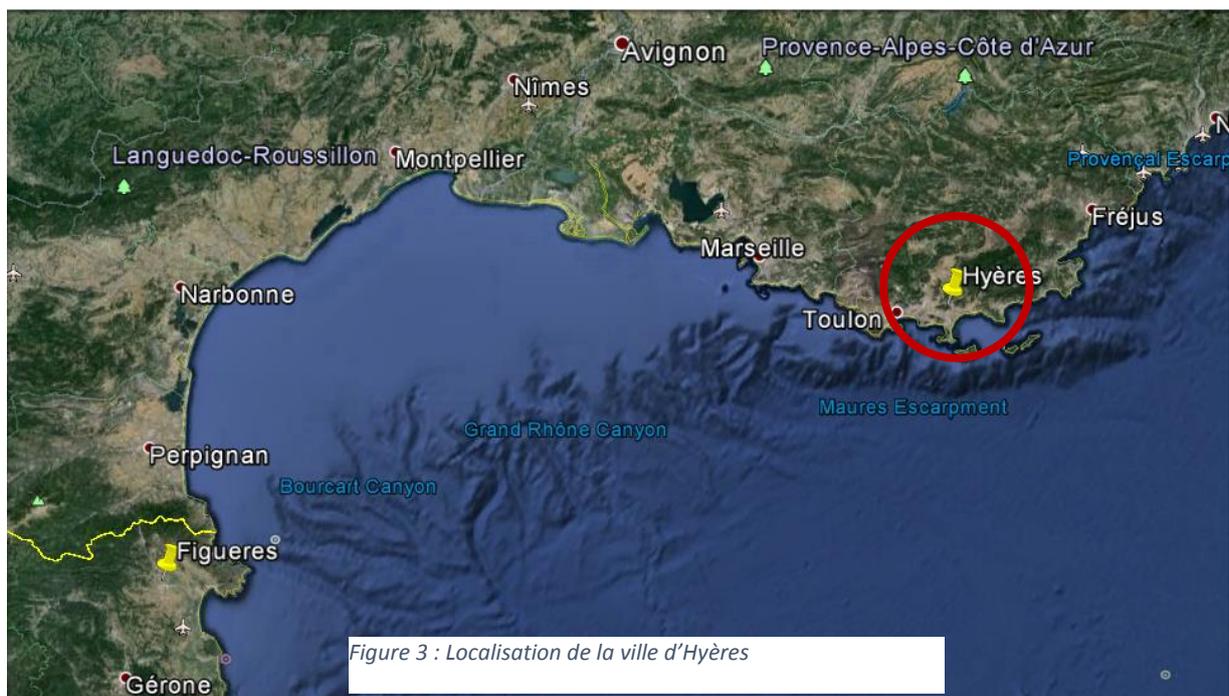
D'après le dernier rapport du GIEC (GIEC, 2014), en plus de la pression démographique croissante, de plus en plus de régions du globe vont se retrouver en situation de stress hydrique. Parallèlement, elles seront aussi confrontées à des événements climatiques extrêmes plus intenses (sécheresse, inondations, tempêtes, etc). C'est particulièrement vrai sur les rives de la Méditerranée, ou encore dans les massifs montagneux. Des actions pour la préservation de la biodiversité, la chasse aux gaspillages d'eau, la capacité à retrouver des réserves en eau grâce à la réinfiltration et la recharge des nappes se mettent déjà en place et sont une première contribution à l'adaptation au changement climatique.

### A. Exemple de lutte contre l'intrusion du biseau salé

Dans l'Alt Empordà, les pressions touristique et agricole ont conduit à une surexploitation de certaines nappes souterraines côtières, entraînant des intrusions salines rendant l'eau impropre à la consommation. Cette partie développe un type de solution pouvant être mise en œuvre pour lutter contre l'intrusion saline, en l'illustrant par un retour d'expérience concret en France, puis en faisant des propositions pour l'Alt Empordà.

#### 1. La réalimentation de nappe: une solution pour lutter contre l'intrusion saline ? Exemple de la nappe du bas Gapeau, département du Var, France (Aqua Renova, non daté)

La ville d'Hyères-les-Palmiers (Figure 3) et La Lyonnaise des Eaux (délégataire de services), à travers sa filiale Eaux de Provence, ont développé Aqua Renova, un programme de réhabilitation et de restauration des nappes d'eau souterraines exposées aux intrusions salines, visant à redonner à Hyères son autonomie en eau.



La nappe alluviale du Gapeau constitue la principale ressource en eau potable de la ville d'Hyères. Depuis 2006, suite à des épisodes de sécheresse répétés, cette nappe phréatique a été régulièrement menacée par des intrusions salines. Ceci a eu pour conséquence un fort ralentissement des prélèvements du site de production dit du "Père éternel" et la diminution de la ressource disponible pour l'alimentation en eau potable.

Cette situation est particulièrement critique en période estivale, au cours de laquelle la ville voit sa population multipliée par trois.

Afin de limiter ce phénomène, un dispositif de réinfiltration d'eau douce dans la nappe a été mis en place. Le projet consiste à protéger la nappe de l'intrusion saline par une installation de réalimentation artificielle, comprenant une prise d'eau, une canalisation et un bassin d'infiltration, afin de repousser le biseau salé et rétablir la capacité de la ressource malgré des épisodes secs pouvant survenir à l'avenir (Figures 4, 5 et 6). La réinfiltration est opérationnelle depuis janvier 2015, et devrait garantir l'approvisionnement en eau potable des habitants d'Hyères-les-Palmiers tout au long de l'année.



Figure 4 : Localisation hydrographique du projet de réalimentation (Aqua Renova, non daté)

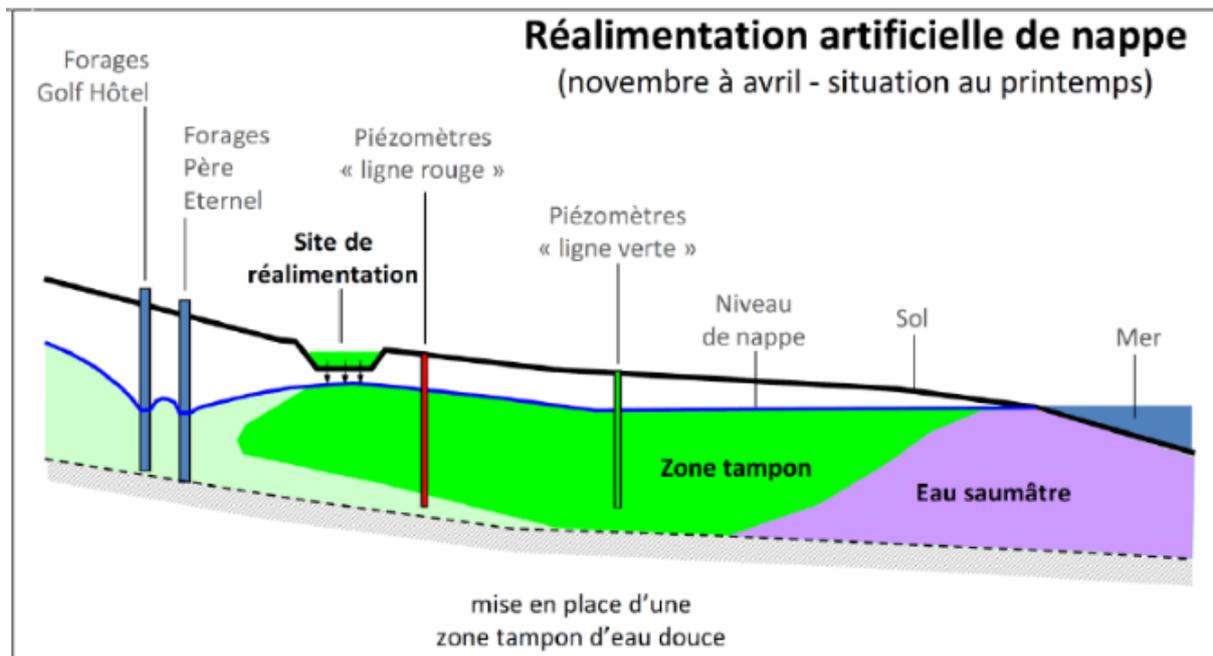


Figure 5 : Exemple de mise en place d'une zone tampon (Aqua Renova, non daté)

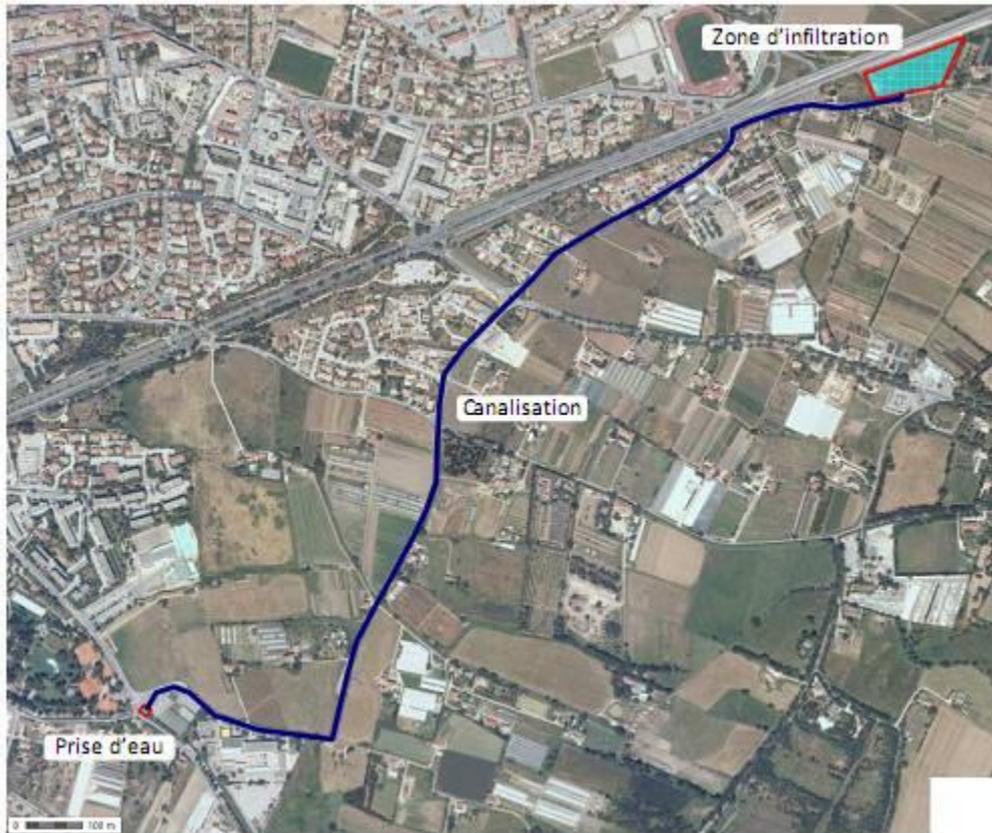


Figure 6 : Localisation du projet de réalimentation de la nappe d'Hyères (Aqua Renova, non daté)

La réalimentation est couplée à une gestion dynamique qui permet de suivre au quotidien l'évolution quantitative et qualitative de la nappe. L'enjeu d'exploitation de la nappe alluviale du Gapeau est l'optimisation des débits prélevés tout en gérant correctement le risque d'intrusion saline. Tous les mois, les données d'exploitation de la nappe sont analysées par un hydrogéologue; elles sont également transmises au Service de l'eau de la Ville d'Hyères-les-Palmiers dans le rapport mensuel d'exploitation.

Quatre volets de suivi sont mis en place :

**Le suivi piézométrique de la nappe** est réalisé grâce à un réseau de piézomètres dense (Figure 7), dont une bonne partie est équipée en mesure en continu. La piézométrie réagit rapidement aux événements extérieurs et permet de rendre compte de l'avancée ou du recul du biseau salé notamment. Deux lignes d'alerte ont été définies permettant d'évaluer le stock d'eau réellement exploitable. La piézométrie constitue donc l'outil privilégié pour le pilotage (Figure 7). L'échelle du suivi est journalière (moyenne journalière) pour les piézomètres.



Figure 7 : Piézomètres de contrôles (Aqua Renova, non daté)

**Le suivi de la salinité** est un contrôle a posteriori de l'effet de la stratégie de pompage sur le contrôle du biseau salé. Elle s'effectue à une périodicité mensuelle. La conductivité est la traduction du taux de sel dans l'eau. C'est un indicateur qui permet de suivre les intrusions d'eau salée. Le réseau de sondes est placé à une profondeur de 8 mètres sur les piézomètres. Un bilan complet est réalisé trimestriellement, composé d'un profil de conductivité sur tous les piézomètres accessibles et de l'analyse d'un échantillon (conductivité, chlorures) sur tous les piézomètres. En complément, un bilan partiel est réalisé mensuellement sur les piézomètres sensibles profil de conductivité.

**Le suivi des débits prélevés** est nécessaire pour comprendre a posteriori les causes des variations de la nappe et prévoir les conséquences d'un régime d'exploitation donné. Il s'agit de disposer, par forage, de données journalières sur les débits prélevés.

**Le suivi hydrologique**, de même que celui des débits prélevés, est un facteur explicatif a posteriori et également une donnée d'entrée de la modélisation. Il s'agit de relevés de niveau sur le Gapeau, notamment au niveau du barrage anti-sel. Le suivi hydrologique complète le suivi de nappe à proximité du champ captant pour comprendre les mécanismes importants qui impactent la recharge de nappe (pluviométrie et débit du Gapeau).

## 2. Le projet de réutilisation des eaux usées traitées pour lutter contre l'intrusion saline dans les nappes littorales de la Muga

Lors de différents entretiens effectués sur le territoire, l'enjeu d'intrusion saline a été évoqué pour les nappes côtières. Il s'agit d'un enjeu aussi bien pour l'alimentation en eau potable que pour l'irrigation.

Certains acteurs ont évoqué l'idée de réutiliser des eaux usées traitées et de les réinjecter dans la nappe pour limiter les phénomènes d'intrusion saline. Les motifs qui conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées traitées sont de deux ordres : en termes de ressource en eau, la valorisation des eaux usées traitées répond à un objectif quantitatif. En parallèle, dans le domaine de la préservation environnementale, et donc des objectifs qualitatifs, de nombreuses réflexions conduisent à des opérations de réutilisation pour répondre à des pénuries chroniques ou occasionnelles, et après prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation, la réutilisation d'eaux usées traitées s'impose de plus en plus comme une solution économiquement pertinente.

La nouvelle station d'épuration de la ville de Figueres<sup>23</sup> devrait bénéficier d'un traitement tertiaire. Les eaux usées traitées pourraient être stockées dans un ancien réservoir agricole non utilisé (Figures 8 et 9 ci-dessous), puis rejetées dans un cours d'eau, le Rec de Moli. Quelques kilomètres à l'aval, l'eau pourrait être pompée et injectée dans la nappe par l'ancien puits de Roses, afin de créer une zone tampon et de limiter l'intrusion saline. A terme ce projet pourrait permettre d'améliorer la disponibilité de la ressource pour l'agriculture et pour l'alimentation en eau potable (villes côtières à proximité), notamment en période estivale, c'est-à-dire quand la pression sur la ressource en eau est la plus forte.

---

<sup>23</sup> Construction programmée, mais non encore réalisée par manque de financements.

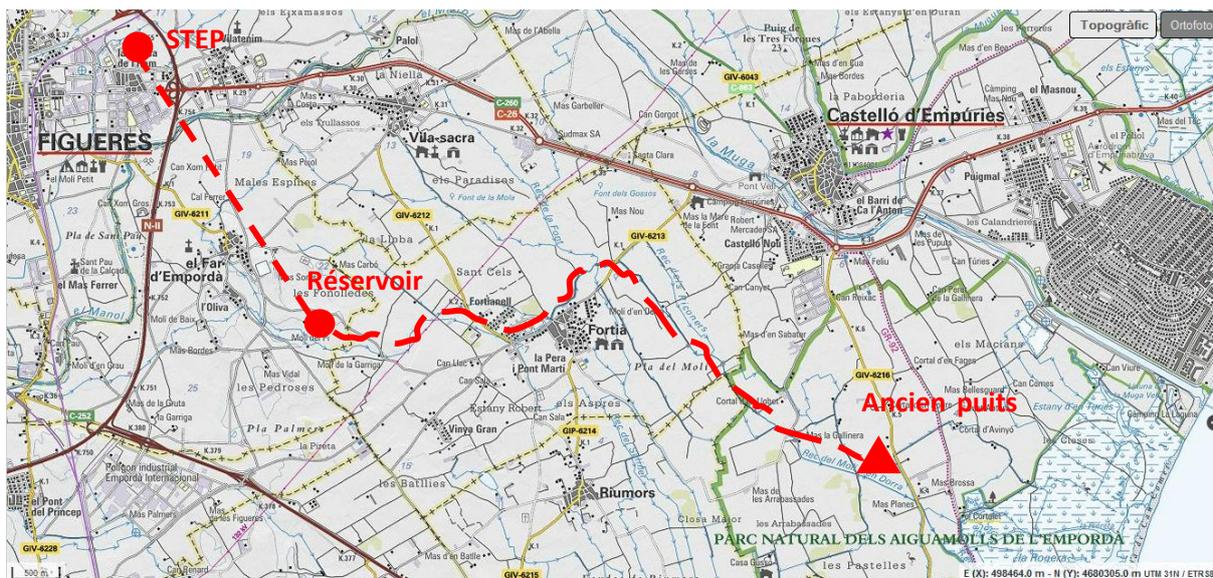


Figure 8 : Localisation du futur projet de réalimentation de la nappe alluviale

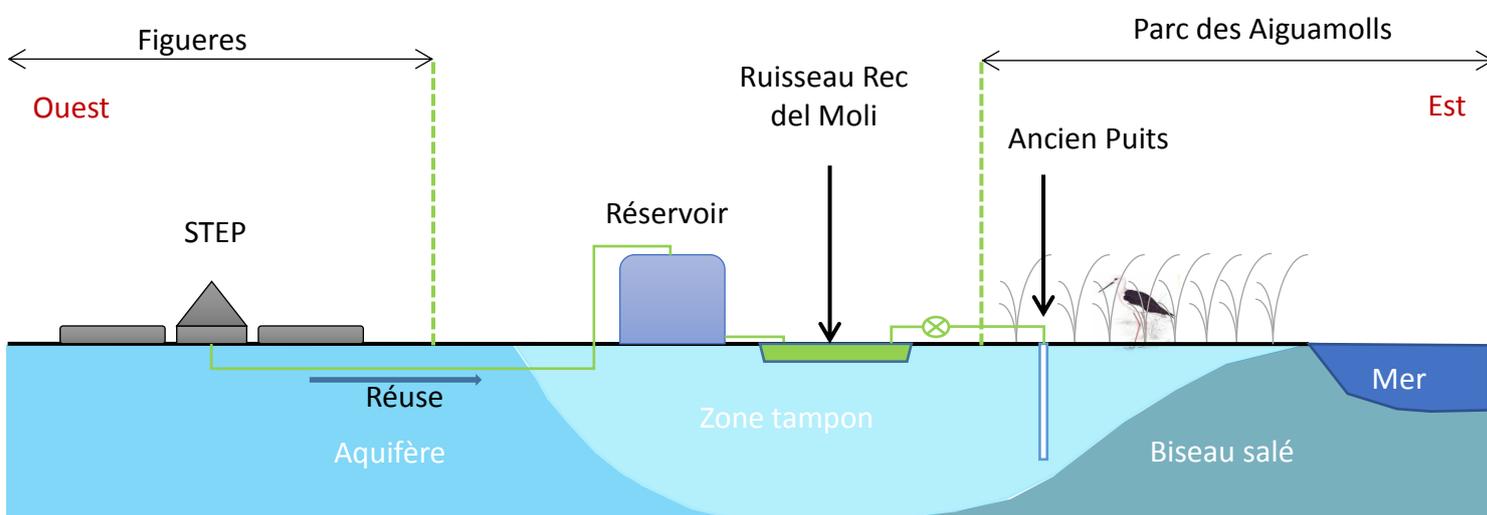


Figure 9 : Coupe schématique du projet de réalimentation

En dehors de la problématique d'intrusion des eaux salées, l'impact du changement climatique aura aussi des conséquences à moyen et long termes sur la préservation des zones humides. C'est ce que nous allons aborder dans la partie suivante.

## B. Les enjeux de préservation des zones humides littorales: cas des Aiguamolls de l'Empordà

Le parc naturel des Aiguamolls de l'Empordà est la seconde zone humide la plus importante de Catalogne, après le delta de l'Èbre. Jadis ces marais s'étendaient sur toute la plaine de la baie de Roses et celle du Bajo Ter, et le massif du Montgrí, entre l'Escala et Torroella (la limite entre l'Alt Empordà et le Baix Empordà), se dressait comme une île sortie des eaux.

Mais dans les années soixante-dix, les marais sont considérablement dégradés : les zones humides de l'Empordà disparaissent peu à peu sous la pression d'une urbanisation excessive et de la construction d'installations touristiques en tout genre.

C'est ainsi qu'en 1976 une campagne populaire est lancée sous le slogan « Les derniers Aiguamolls de l'Empordà, en danger », afin de lutter pour la récupération de ces espaces. L'influence populaire est

telle que le 28 octobre 1985, le Parlement de Catalogne les déclare site d'intérêt national, puis parc naturel un an et demi plus tard, le 13 juin 1987.

Une grande partie des zones protégées correspond à la commune de Castelló d'Empúries, mais le parc s'étend aussi sur les municipalités de Palau-Saverdera, Pau et Peralada, entre autres. Le parc compte trois zones de réserve naturelle intégrale : l'île de Caramany, les Llaunes (lagunes littorales saumâtres) et les étangs (dont celui de Vilaüt), plus une zone de réserve naturelle partielle. Il abrite une flore et une faune variées<sup>24</sup> et se déploie sur 4 866 hectares. Il est délimité au nord par la Muga et au sud, par le Fluvià.

D'après le rapport du GIEC (2014), les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus vulnérables au changement climatique, la dégradation et la perte de ces milieux étant plus rapides que celles de tout autre écosystème. Selon les différents scénarios climatiques, celles-ci pourraient être touchées par les modifications des régimes des précipitations, les sécheresses, les tempêtes et les inondations plus fréquentes ou plus intenses. Dans le cas des zones humides côtières, comme celles des Aiguamolls, l'augmentation du niveau de la mer et la modification des patrons de précipitations pourraient affecter la salinité, l'apport de sédiments et des matières nutritives, et donc le fonctionnement général de ces milieux. En outre, les déficiences en matière de gestion de l'eau et l'inéquation croissante entre la demande et l'offre en eau exerceront très probablement des pressions de plus en plus fortes sur ces milieux. Ainsi, la mise en place de mesures de gestion adaptées est primordiale pour la conservation de la biodiversité mais également le maintien des services qui en découlent (écrêtage des crues, approvisionnement en eau, alimentation, etc. Figure 10). Nous faisons quelques propositions en ce sens dans la partie III.



Figure 10 : Le rôle des zones humides littorales

<sup>24</sup> La flore est caractérisée par les tamariniers (arbustes capables de survivre sur des terrains saumâtres), le jonc marin, le carex et la salicorne. Quant à la faune, elle compte une grande quantité de reptiles (tortue d'eau, seps strié, serpent d'eau), d'amphibies (grenouilles diverses, triton marbré), de poissons et de mammifères (lapins, belettes, blaireaux, daims). Les insectes et les espèces les plus emblématiques des zones humides sont aussi omniprésents, tout comme les oiseaux qui y habitent toute l'année ou une saison seulement, sur leur chemin vers le sud à la fin de l'été ou vers le nord au printemps.

Lors des entretiens avec les acteurs du territoire de la Muga, la question de l'impact de la gestion forestière sur la ressource en eau a également été soulevée. Globalement les entretiens font ressortir la nécessité de bien démontrer et expliciter l'impact de mesures de gestion forestières sur le cycle hydrologique (par une analyse historique de l'occupation du sol et des chroniques de débit par exemple) avant d'envisager de mettre en place un système de paiement pour service rendu (PSE). La partie suivante fait un focus particulier sur les interactions forêt/eau et les PSE, en lien avec la demande du projet Life MEDACC.

## C. Une gestion forestière adaptée à une meilleure disponibilité de la ressource en eau ? Quels services rendus ? Quels mécanismes de financement ?

### 1. Gestion forestière et eau sur le bassin de la Muga

#### *a) Contexte de la gestion forestière et de l'évolution du couvert forestier sur le bassin de la Muga (Foresterra, 2013)*

Le contexte des forêts situées sur le bassin versant de la Muga est caractéristique de celui des pays méditerranéens. En effet, les forêts occupent une surface importante avec 61 % du territoire de l'Alt Empordà et presque 70% sur le bassin versant de la Muga. Les zones de reliefs, qui correspondent aux têtes du bassin où les précipitations sont les plus importantes et les températures les plus tempérées, sont même occupées jusqu'à 80-90% par des surfaces forestières plus ou moins denses.

Les essences végétales sont diversifiées, avec des espèces dominantes en fonction de la zone :

- le littoral, du fait de son exposition à la tramontane, est principalement peuplé par un maquis (ou lande méditerranéenne),
- les zones d'altitudes supérieures à 500 m sont peuplées par un mélange de feuillus,
- les zones intermédiaires se partagent entre les chênes liège (qui poussent sur les sols calcaires du nord) et les pins (qui s'installent sur les sols granitiques à l'ouest/nord-ouest de Figueres).

Compte tenu de son couvert forestier et de la présence de forts épisodes de vent, le territoire de l'Alt Empordà est particulièrement concerné par le risque d'incendie. Plus particulièrement au droit de deux grands « couloirs de feu » ; le premier est situé sur la côte méditerranéenne, entre les hauteurs de Portbou et le Cap de Creus ; le second de part et d'autre de la vallée du Llobregat d'Empordà, depuis le Perthus jusqu'à l'ouest de Figueres (Figure 11). Ceci s'explique par le fait que les zones d'altitudes plus élevées (fin de la chaîne des Pyrénées et massif des Albères) sont moins exposées au départ de feu car le relief fait barrière au vent, les températures y sont moins élevées, et les précipitations plus importantes.

D'une manière générale les incendies importants se déclenchent presque exclusivement en période de Tramontane, et se déplacent par conséquent très rapidement, du nord-ouest vers le sud-est. Ceci représente un risque pour la sécurité civile et l'économie comme en témoignent les grands incendies de 2012 qui ont atteint la périphérie de Figueres, et coupé les grandes voies de communication en pleine période touristique.

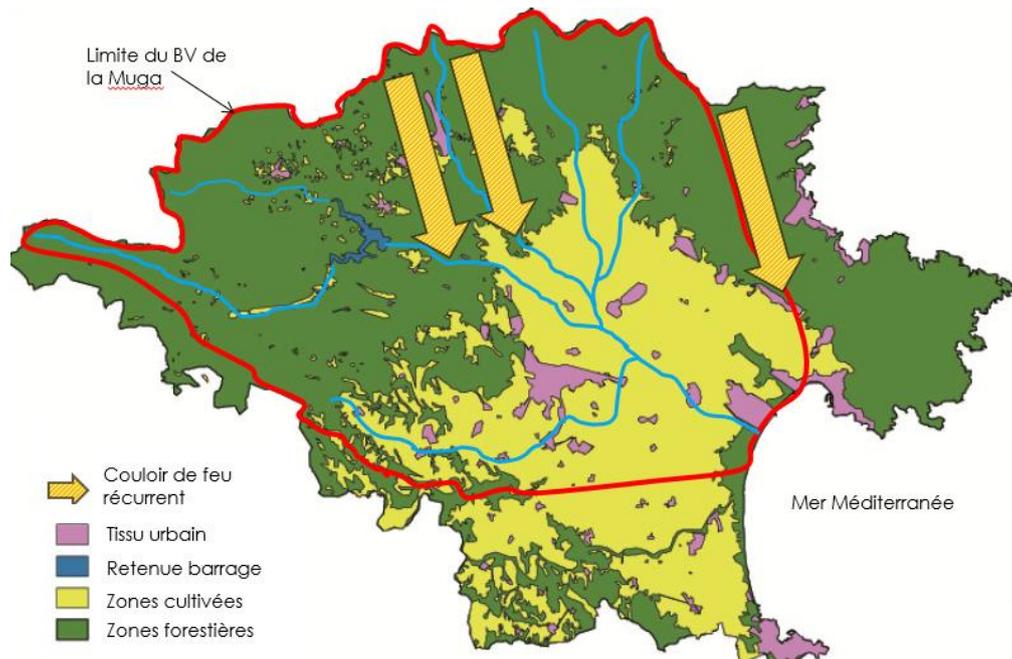


Figure 11 : Emprise des forêts dans le bassin versant de la Muga et problématiques liées (Foresterra, 2013 ; entretien X. Laporta, 2015)

Les forêts de l'Alt Empordà sont essentiellement privées, seule 5 % de la superficie forestière est publique (Figure 12). Il s'agit de zones qui présentent historiquement un intérêt vis-à-vis des ressources en eau des communes (notamment les montagnes de Portbou et Colera où se trouvent les principales sources d'eau potable de ces deux localités).

Les problématiques de gestion forestière que nous abordons plus loin dans ce chapitre concernent principalement les forêts privées qui composent le reste des surfaces. En effet dans cette catégorie, seules 40 à 50 % des parcelles possèdent un plan de gestion. Une des difficultés majeures relevées concerne la connaissance approximative d'un grand nombre de limites parcellaires. En effet, il s'agit d'un frein à la mise en place d'un plan de gestion et à l'adhésion des propriétaires des parcelles méconnues au sein d'association de propriétaires forestiers.



Figure 12 : Localisation des forêts publiques de l'Alt Empordà (Foresterra, 2013 ; entretien X. Laporta, 2015)

Depuis les années 1950, la superficie du couvert forestier a augmenté, parallèlement au phénomène de déprise agricole et pastorale dans les zones de relief. Les gestionnaires forestiers font face à la difficulté de trouver des filières d'exploitation rentables.

*b) Lien entre gestion forestière et disponibilité en eau dans le bassin de la Muga*

Entre 1950 et 2010, sur l'amont du bassin versant de la Muga, les débits entrants dans le barrage de Boadella ont diminué de 80 %, vraisemblablement en lien avec l'expansion et la densification du couvert forestier sur cette même période, la pluviométrie interannuelle étant restée relativement stable<sup>25</sup>.

Cependant cette relation de cause à effet, reste à expertiser sur le terrain, d'où l'importance des zones expérimentales dirigées par l'Office Catalan du Changement Climatique. Il faut, par exemple, tenir compte de facteurs extérieurs comme l'augmentation de l'évapotranspiration d'une même espèce au cours de temps, en lien avec le réchauffement climatique.

Ainsi la mise en place d'une gestion forestière à l'amont du bassin versant peut être vue comme une mesure d'adaptation au changement climatique pour optimiser les quantités d'eau à disposition pour des usages en aval. L'intérêt de l'entretien de la forêt est encore plus évident lorsque l'on considère la protection incendie.

La gestion forestière intervient en effet à deux niveaux en permettant à la fois de maintenir un taux d'humidité dans les sols végétaux (ce qui limite intrinsèquement le risque de départ de feu), et de diminuer les risques de propagation des feux de forêts (éclaircissements, ouverture de pistes d'exploitation et de voies d'accès pour les services de défense contre les incendies, coupe-feux, etc...).

En outre, de telles mesures s'accordent avec les principes d'atténuation des effets du changement climatique car le fait de limiter le risque d'incendie permet d'éviter le relargage concentré sur une courte durée de tout le réservoir de CO<sub>2</sub> capté par la forêt.

*c) Comment la gestion forestière influence les quantités d'eau disponibles? Quels services rendus?*

*(1) Liens entre la présence d'une forêt et les quantités d'eau drainées*

Les liens entre la présence d'une forêt et les quantités d'eau dans le bassin versant concerné sont très complexes et dépendent des caractéristiques physiques et hydrologiques de chaque territoire. Selon le contexte hydrologique et géologique, les enjeux et les objectifs recherchés, la présence d'une forêt peut donc être considérée soit comme un bénéfice, soit à l'inverse comme un inconvénient (Biro et al., 2011).

On appelle « *eau drainée* » la quantité d'eau restant dans le sol ou en surface après que le volume précipité ait été consommée par les arbres. Des expérimentations sur le terrain ont permis de montrer que la pluviométrie était le facteur climato-environnemental qui influait le plus sur les quantités d'eau drainées. Néanmoins, en dehors des très grands massifs (type forêt équatoriale), l'influence d'une forêt sur la pluviométrie et l'hygrométrie de l'atmosphère du secteur est négligeable (Biro et al., 2011). C'est le cas des forêts de l'Alt Empordà.

Cependant la forêt peut agir sur la pluviométrie dans le sens où les arbres consomment une certaine quantité d'eau via les processus d'interception et de transpiration. Ces phénomènes dépendent des essences végétales et des conditions climatiques, notamment l'influence du vent et de la température. Des études ont d'ailleurs montré qu'à surface égale, un terrain forestier consommait en général davantage d'eau qu'un terrain agricole non irrigué (agroforesterie, sylvopastoralisme).

L'exemple présenté dans la Figure 13 ci-dessous présente les variations de quantité d'eau drainée dans la forêt de Pourcharesses (Languedoc-Roussillon, France) sur deux années dont la pluviométrie est très différente (pluviométrie 2008 deux fois supérieure à 2005). L'eau drainée varie

---

<sup>25</sup> Source : rencontre avec Gabriel Borrás (OCCC), 16 mars 2015

proportionnellement à la pluviométrie : elle est, en moyenne, multipliée par deux en 2008. L'eau disponible dans le sol est donc très majoritairement dépendante de la pluviométrie (CRPF, 2013).

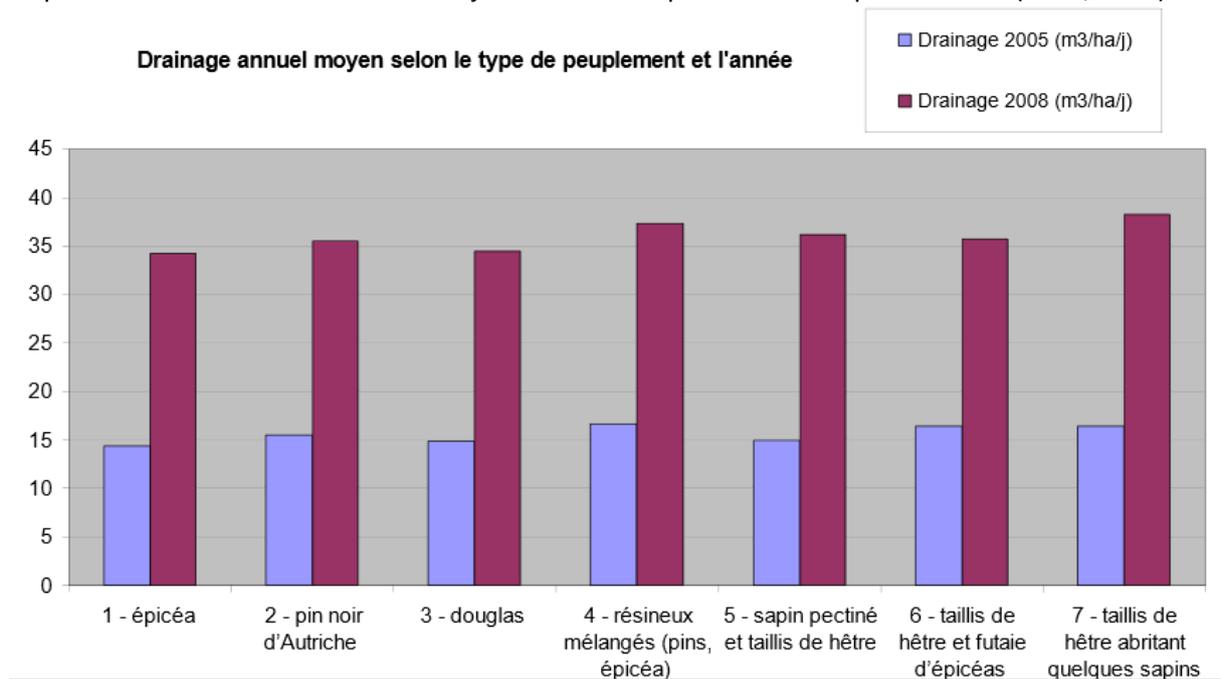


Figure 13 : Comparaison entre les quantités d'eau drainées par la forêt de Pourcharesses entre l'année 2005 et l'année 2008 (deux fois plus pluvieuse), source : CRPF, 2013

La présence d'arbres influe sur la rugosité et la porosité des sols, et permet ainsi de diminuer le ruissellement de surface à la faveur de l'infiltration (sol végétal jouant le rôle d'éponge, notamment en cas de substratum rocheux imperméable). Ce postulat n'est néanmoins pas valable pour ce qui est des très fortes intensités de précipitations qui entraîneront des ruissellements même sur un sol forestier. Dans ce cas de figure le rôle des arbres se restreint uniquement à la réduction de l'érosion des sols.

#### (2) Influence d'une gestion forestière sur les quantités d'eau drainées (CRPF, 2013)

L'étude de la forêt de Pourcharesses a également permis d'étudier la variation de quantité d'eau drainée en fonction de la densité d'arbres et du type d'essence prédominante.

#### **Impact de la densité d'arbres**

Les Figures 14 et 15 ci-après montrent qu'une diminution de -50% de la densité d'arbres sur la forêt de Pourcharesses, permettrait un gain de quantité d'eau drainée de l'ordre de +10%.

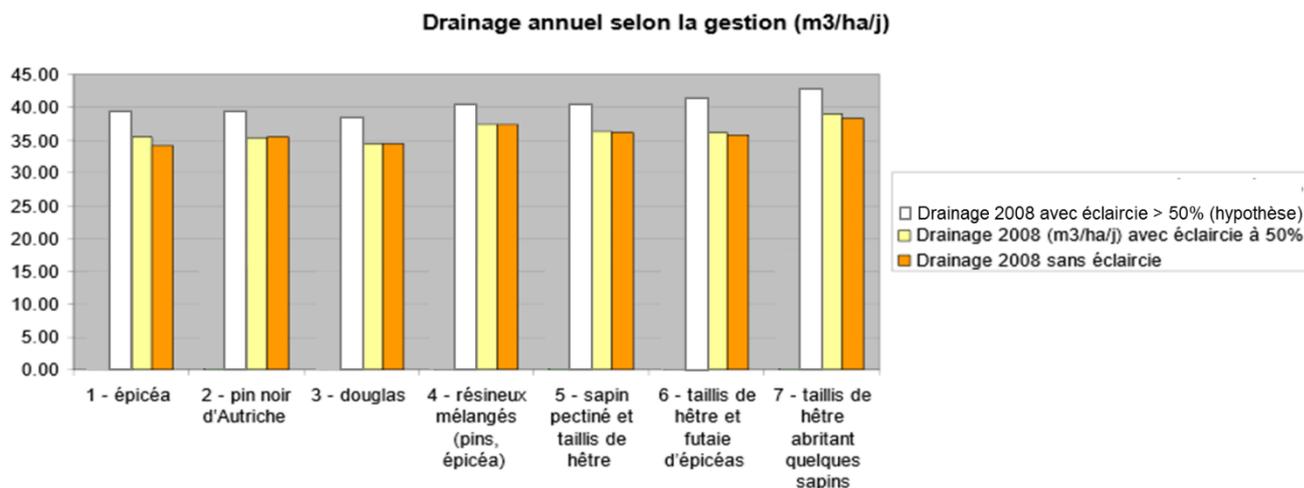


Figure 14 : Comparaison du drainage en 2008 sur différentes parcelles de densités d'arbres variables (sans éclaircie, avec éclaircie à 50% par rapport à l'origine, hypothèse avec éclaircie supérieure à 50% par rapport à l'origine). Source : adapté du CRPF, 2013



Figure 15 : Gains en quantité d'eau drainée grâce à l'éclaircissement (site expérimental de Pourcharesses, Lozère - France)

La même étude montre qu'en éclaircissant au-delà de 50 %, il est possible d'augmenter les quantités d'eau drainée bien plus que de 10%. Il semble particulièrement intéressant d'étudier cette hypothèse sur le terrain du bassin versant de la Muga. En effet, les débits en entrée du réservoir de Boadella ont diminué de 80% depuis les années 1950<sup>26</sup>. Aussi, retrouver la densité forestière des années 1950 est une piste pour rétablir les débits de cette même période.

Il est cependant important de maintenir une densité d'arbres suffisante pour ne pas augmenter le risque d'érosion qui dépend de la nature du sol et des pentes, et dont les conséquences seraient des problèmes de qualité d'eau, d'apports sédimentaires dans la rivière et le barrage de Boadella, ainsi que des risques pour la sécurité civile (mouvements de sol menaçant habitations et infrastructures, inondations à l'aval).

Finalement, la densité forestière optimale pour le fonctionnement de l'hydrosystème et pour la protection incendie doit être étudiée au cas par cas. Elle dépend du contexte géographique, géologique et du type de végétaux. Cela renforce l'importance de développer les recherches et les zones expérimentales initiées par l'Office Catalan de Changement Climatique, dans le cadre du programme LIFE-MEDACC.

<sup>26</sup> D'après Gabriel Borrás, 2015, en entretien.

### **Impact du type d'essence végétale**

Un second levier possible est le type d'essences qui constituent la forêt. Tout d'abord, le phénomène d'interception est largement supérieur pour les résineux et les feuillus persistants que pour les feuillus caducs, ceci notamment en période hivernale et printanière. Ensuite, selon les conditions climatiques les résineux peuvent évapotranspirer toute l'année, ce qui n'est pas le cas des feuillus caducs. Cela est particulièrement le cas dans l'Alt Empordà avec des jours de vents forts (tramontane et levant sec) particulièrement concentrés sur la période hivernale et associés à du temps sec qui entraînent une évapotranspiration accrue des résineux par rapport aux feuillus caducs. Comme le montre la Figure 16 ci-dessous, l'étude de Pourcharesses a chiffré une différence de plus ou moins 10% dans les quantités d'eau drainées annuellement entre le type d'essence végétale le plus favorable (feuillus caducs) et le plus défavorable (résineux) (CRPF, 2013). Si à l'inverse, en période estivale, la transpiration des feuillus est plus importante que celle des résineux, les conséquences sur les quantités d'eau drainée dans le bassin de la Muga sont peu visibles du fait de la pluviométrie d'été quasi nulle. Il peut ainsi être envisagé de favoriser une certaine proportion de feuillus caducs, bien entendu en mélange aux peuplements résineux ou feuillus persistants ; ce afin de maintenir une biodiversité.



Figure 16 : Gains en quantité d'eau drainée entre résineux et feuillus caducs de même densité (site expérimental de Pourcharesses, Lozère - France)

### **Echelle d'application des mesures**

La stratégie de gestion forestière pour la régulation des quantités d'eau disponible se fait à l'échelle du bassin versant. La gestion de la qualité de l'eau, se fait à plusieurs échelles : du périmètre immédiat autour du captage d'eau à l'échelle plus globale du bassin versant.

### **Impacts de l'exploitation forestière et freins économiques à prendre en compte**

Une exploitation forestière rigoureuse implique des risques de dégradation qualitative de la ressource tels que les pollutions accidentelles par hydrocarbures des engins de chantier ou la présence ponctuelle de matières en suspension dans l'eau. Ces risques doivent être maîtrisés via des dispositions adaptées qui peuvent générer des surcoûts pour l'exploitant.

Par ailleurs, la diversification des activités dans les secteurs éclaircis (telles que le sylvopastoralisme ou l'agroforesterie), peut être elle-même source de pollutions organiques ou azotées, dont le traitement entraîne également un surcoût.

En conséquence, il est nécessaire d'envisager la mise en place de dispositifs incitatifs pour une gestion forestière globale, intégrée et efficace dans le temps. Le mécanisme du paiement pour service environnemental pourrait contribuer au succès de cet objectif. Il est présenté dans la partie suivante.

## **2. Le Paiement pour Service Environnemental (PSE)**

« Le paiement pour les services environnementaux (PSE) est un mécanisme (...) qui vise à favoriser des externalités environnementales positives grâce au transfert de ressources financières entre les bénéficiaires de certains services écologiques et les fournisseurs des services ou les gestionnaires de ressources environnementales» (Mayrand et Paquin, 2004).

Le principe des PSE est le suivant (Pagiola et Platias, 2005) :

- ceux qui fournissent des services environnementaux doivent être payés pour le faire,
- ceux qui bénéficient des services environnementaux doivent les payer.

#### *a) Principe du paiement pour service environnemental (CEDD, 2010)*

Dans le cas du bassin versant de la Muga, les bénéficiaires d'une gestion forestière aboutissant à un apport en eau plus important au milieu ne profiteront pas directement aux exploitants forestiers, mais aux utilisateurs de l'aval (agriculteurs, eau potable de Figueres et de la Costa Brava) ainsi qu'aux écosystèmes fluviaux (dans le cas où cette fraction d'eau supplémentaire est réservée à l'augmentation des régimes d'étiage). L'objectif de la mise en place d'un PSE repose donc sur le fait qu'il sera nécessaire d'inciter financièrement les forestiers à faire évoluer leurs pratiques en faveur de la ressource en eau, via des actions nécessitant un investissement matériel et humain de leur part tout en ne leur offrant pas de bénéfice, voire en étant défavorables d'un point de vue économique. . Dans notre contexte, le principe du paiement pour service environnemental est donc le paiement par les usagers / bénéficiaires d'un service environnemental (ici l'amélioration des quantités d'eau) aux propriétaires / gestionnaires des actions à l'origine de ce service (ici une gestion forestière efficace) des surcoûts ou manques à gagner qui leurs sont liés.

#### *b) Méthodologie (Boisset, 2008)*

L'étape préalable avant de lancer tout projet de PSE est de comprendre et d'explicitier, simplement et clairement, les mécanismes biophysiques des services à l'origine de la compensation à mettre en place. Il est primordial de démontrer le lien entre gestion forestière et eau pour légitimer le paiement pour service environnemental. Dans le bassin de Muga, l'évolution de l'occupation du sol et les chroniques de débits des 50 dernières années fournissent des éléments permettant d'établir cette relation, sur un temps long. Par ailleurs des expérimentations seraient à mener à diverses échelles sur des petits bassins versants caractéristiques en partenariat avec le CREA et l'IRTA.

Une fois les bénéfices biophysiques identifiés, quantifiés et explicités, l'étude des problèmes économiques, sociaux, et environnementaux, auxquels profitera le service, peut être réalisée pour déterminer quelle sera la valeur ajoutée du service pour la société. Autrement dit, il faut évaluer ce qu'il se passerait sans la mise en place de ce service, quelle est la perception des futurs usagers qui bénéficieront du service et quel rôle / action jouera la puissance publique dans le futur dispositif (étant donné que dans la très grande majorité des projets de PSE ayant abouti à des actions concrètes, l'action et la contribution du secteur public étaient prépondérantes). La sensibilisation et la communication jouent un rôle fondamental.

Enfin la dernière étape consiste en l'étude du contexte institutionnel et juridique, ce dernier devant être favorable à la mise en place du mécanisme envisagé, avec le cas échéant la décision de réaliser les évolutions nécessaires.

#### *c) Freins à la mise en place d'un PSE*

Les retours d'expérience sur les paiements pour services environnementaux montrent qu'il existe des freins récurrents qui doivent être réglés en amont :

- D'une part, la méconnaissance des acteurs locaux sur les liens entre eau et forêts, ainsi que le manque de communication entre ces acteurs. Cette question peut être réglée par la mise en place de comité d'usagers (qui nécessite au préalable l'existence d'entités fédératrices propres à chacun de ces groupes d'usagers).
- D'autre part, le manque de communication des organismes publics auprès des structures et partenaires impliqués dans le PSE envisagé. À noter qu'une communication ne peut être efficace que si des données fiables existent sur les bénéfices attendus. Il ne faut donc pas précipiter de quelconques initiatives auprès des acteurs au risque de décrédibiliser tout le dispositif.

#### *d) Exemple du paiement pour service environnemental pour une gestion forestière favorable à la qualité et à la quantité d'eau (Italie) (Prokofieva et al., 2012)*

La ressource en eau de la région d'Emilie Romagne, fournie à plus de 50% par le réservoir d'un barrage (diga di Ridracoli) de 108 hm<sup>3</sup>, était menacée par des apports sédimentaires qui dégradait la qualité de l'eau et diminuait la capacité du réservoir.

Ces problèmes ont été constatés dès les premiers temps d'exploitation de la retenue en 1982. Au départ, les mesures prises par le maître d'ouvrage (Romagna Acque S.p.a., structure publique qui regroupe les services d'eau des collectivités de la région) consistaient en des opérations curatives coûteuses sur le réservoir (extraction régulière des sédiments). Il a ainsi été décidé d'étudier l'opportunité et la pertinence de réaliser des opérations préventives à l'échelle du territoire du bassin versant amont.

Des études ont été ainsi menées durant les années 1990 pour évaluer les liens entre la gestion forestière du bassin versant en amont du barrage avec l'apport sédimentaire et de nitrates dans le réservoir. L'analyse coûts-bénéfices réalisée à la suite de ces études a ainsi déterminé qu'il était financièrement plus opportun d'agir sur le levier de la gestion des forêts plutôt que via les opérations de dragage des sédiments.

En 2000 un contrat a été formalisé entre Romagna Acque S.p.a. et le groupement des propriétaires forestiers. Le versement de 200€ par hectare de forêt et par an a été négocié entre les deux parties prenantes. Ainsi que présenté dans la Figure 17 ci-dessous, ceci représente environ 7 % des recettes annuelles des services d'eau qui sont reversées aux propriétaires forestiers<sup>27</sup>.

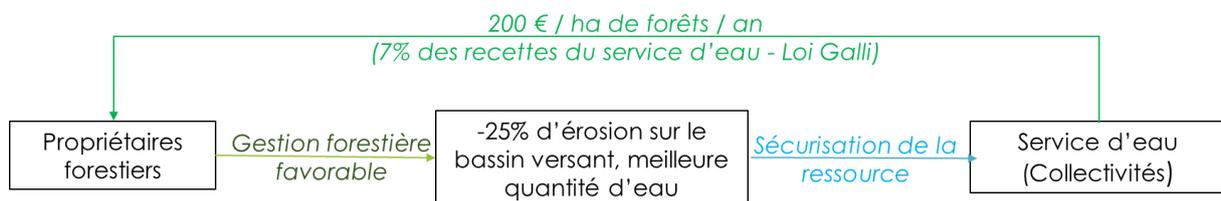


Figure 17 : Acteurs et mécanismes du PSE financé par les services d'eau de la Romagna Acque S.p.a.

Deux ans après le début du mécanisme, l'aide financière aux forestiers a pu être diminuée à 100 € par hectare et par an, en raison de l'amortissement des coûts de mise en place et également de la stabilisation de filières de débouchés. À l'échelle des neuf années du contrat, ce PSE a représenté une somme comprise entre 500 000 et 600 000 € par an pour les 5200 hectares de forêts concernées par le contrat.

De 1982 à 2009 (date de fin du contrat entre forestiers et collectivité, les objectifs de qualité fixés ayant été atteints), l'apport sédimentaire annuel dans le réservoir est passé de 42 600 m<sup>3</sup> à moins de 30 000 m<sup>3</sup>.

### 3. Conclusion sur la gestion forestière

La mise en relation de l'évolution de l'occupation des sols depuis les années 1950 et des débits sur le bassin de la Muga semble montrer qu'une gestion forestière permettrait une augmentation des quantités d'eau drainée en amont du Boadella. La quantification de ces bénéfices ne pourrait être déterminée qu'après des études préalables des biosystèmes et la mise en place d'institutions et de mécanismes législatifs favorables à la coopération inter-acteurs sur le bassin versant. Un tel dispositif ne pourrait s'organiser de manière efficace qu'à moyen ou long terme (10-15 ans si on prend le cas du PSE italien).

Si les liens biophysiques sont vérifiés, les quantités d'eau drainées en plus par rapport à la situation actuelle seront non négligeables pour gagner en pourcentage relatif de remplissage sur le barrage de Boadella. Les mesures sur la gestion forestière permettront ainsi d'atténuer, voire de compenser, les effets du changement climatique (notamment si les débits reviennent à leur valeur des années 1950) ; ceci particulièrement dans le cas où les scénarios d'augmentation des températures et de diminution des précipitations se vérifient. Par conséquent dans ce contexte défavorable, ces nouvelles mesures ne devraient pas impliquer d'augmentation des volumes stockés par rapport à aujourd'hui mais leur stabilisation (ou une diminution moins importante que ce qu'elle aurait été en

<sup>27</sup> Ce mécanisme est rendu possible grâce à la loi Galli qui permet aux services d'eau de financer des mesures de protection de la ressource sur le bassin versant qui les approvisionnent.

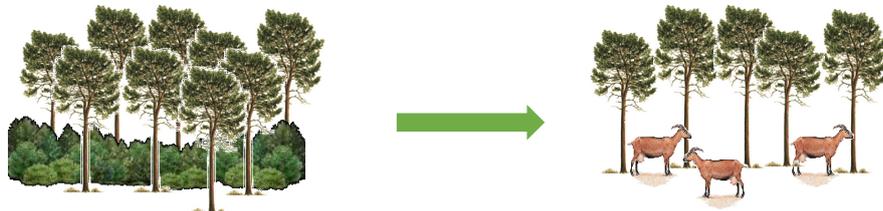
poursuivant le mode de gestion actuel). Il faut cependant bien noter que la pluviométrie reste le facteur prépondérant et que, quelle que soit la gestion forestière, une baisse significative de cette dernière aura pour conséquence d'inévitables situations de retenue basse qui entraineront des problématiques de ressources pour les usagers à l'aval.

Ainsi à court terme, en parallèle des études préalables à la potentielle mise en place d'un paiement pour service environnemental, il est pertinent et nécessaire de poursuivre les actions contribuant à la sécurisation (interconnexion des réseaux d'eau potable, lutte contre le biseau salé, réutilisation des eaux usées, unité de traitement des eaux saumâtres, etc...) et à l'optimisation du partage de la ressource en eau (par un comité d'usagers) à l'aval du bassin versant de la Muga.

#### *a) Quelle valorisation possible de la forêt ainsi entretenue ?*

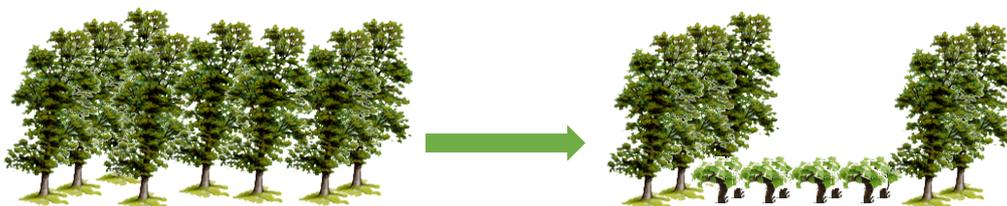
La remise en œuvre d'une gestion forestière nécessite de penser à son exploitation future et aux moyens d'entretien que l'on souhaite pérenniser. Deux options sont possibles en fonction du type d'éclaircissement :

- Le sylvopastoralisme (Figure 18) : il consiste à emmener les troupeaux pâturer dans les zones forestières, soit en première intention pour débroussailler, soit comme entretien dans les zones où la densité d'arbres a été diminuée.



*Figure 18 : Principe du sylvopastoralisme*

- La sylviculture : elle consiste à créer des éclaircies en ligne dans la forêt et d'y mettre en place des cultures, comme par exemple la vigne ou le blé (Figure 19).



*Figure 19 : Principe de la sylviculture*

*b) Quelle valorisation possible pour le bois issu de la coupe ?*

Le bois issu de la coupe et de l'entretien des forêts peut être valorisé dans la filière de production d'énergie (Figure 20).

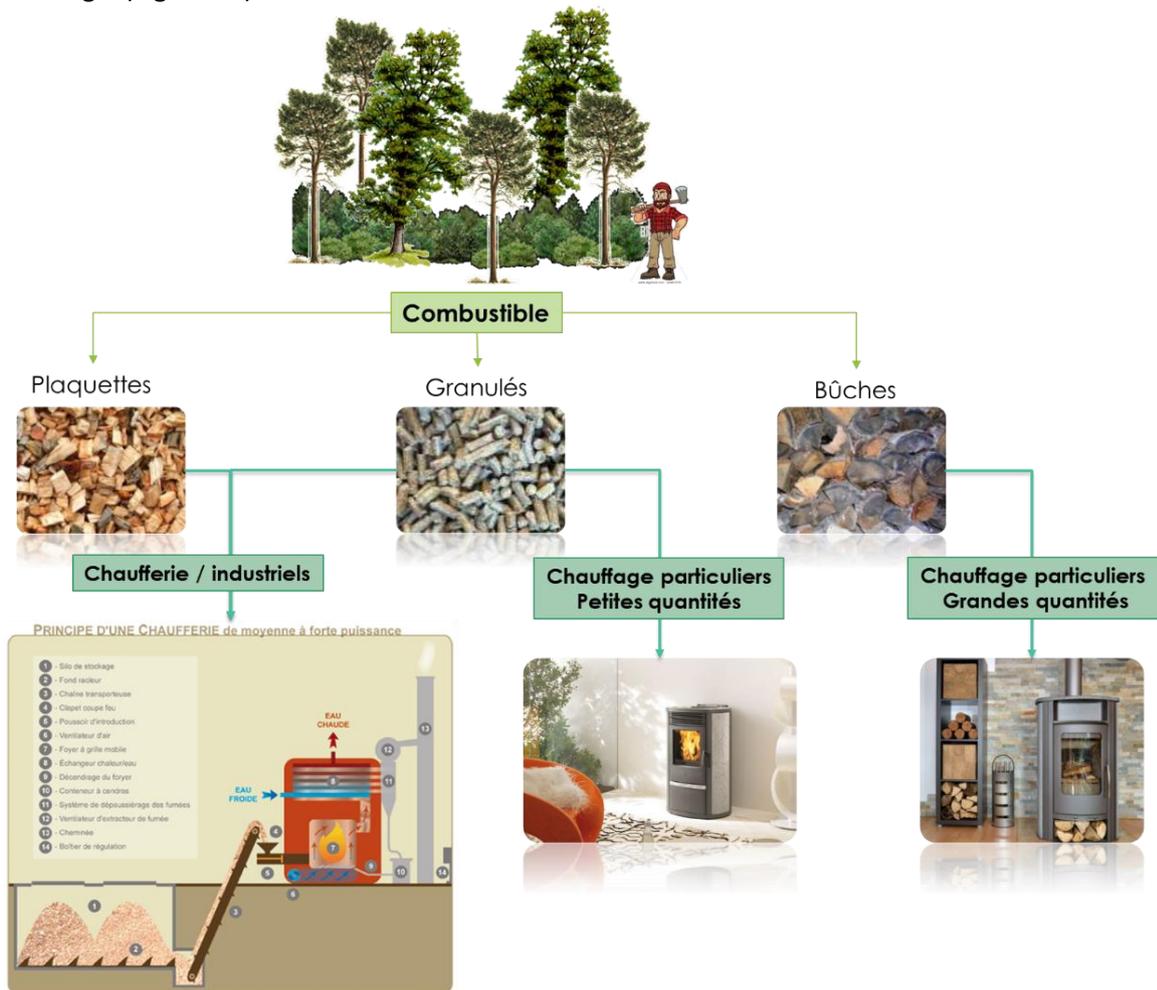


Figure 20 : Différentes voies de valorisation énergétique du bois

**Exemple de la commune d'Olonne, France :**

Afin de préserver ses forêts littorales, la commune d'Olonne sur Mer, située sur la côte Atlantique française, a choisi de mettre en place une chaufferie pour une maison de retraite. En effet, la bonne gestion des forêts implique la coupe régulière d'arbres à des fins de sylviculture ou d'entretien des peuplements. Néanmoins, sur les forêts littorales, le bois trouve difficilement preneur dans les circuits commerciaux classiques car le rendement des chantiers est faible et les débouchés peu nombreux. Aussi, la commune a décidé de créer une chaufferie bois d'une puissance de 150 kW pour leur maison de retraite, entièrement alimentée par le bois des forêts limitrophes. Ce projet, d'un montant de 700 000 € a été financé à hauteur de 27% environ par l'Agence de l'Environnement et de Maitrise de l'Energie (ADEME) et 7% par le Conseil Générale de la Vendée.

La filière bois-énergie est particulièrement intéressante pour le bassin de la Muga qui dispose d'un fort potentiel, dû à l'accroissement de ses forêts depuis les années 1950. De plus, cette filière de production d'énergie est la moins couteuse, comme le montre la Figure 21 ci-dessous. En effet, la production d'un kilowatt coute de 2,5 à presque 12 fois moins cher que la production d'un kilowatt avec de l'électricité nucléaire.

## COÛT DES ENERGIES

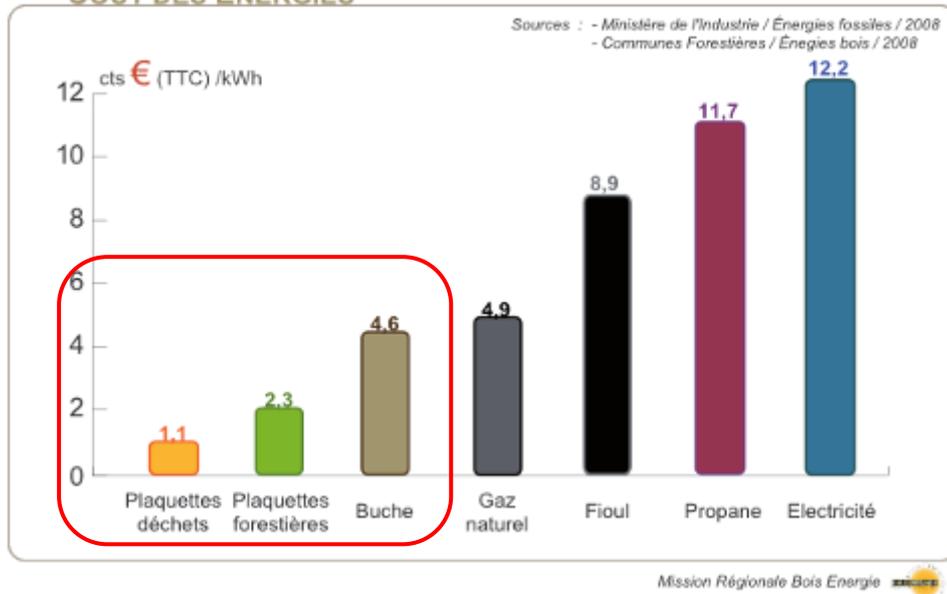


Figure 21 : Coût de production d'un kWh en fonction de la source d'énergie

La pertinence et l'intérêt de la filière bois-énergie est réelle. Il reste néanmoins à évaluer avec précision le potentiel des forêts du bassin de la Muga. Par conséquent il est important de se rapprocher de l'association des propriétaires forestiers, qui possèdent la meilleure connaissance du terrain et qui pourra, à terme, être la structure qui gère l'exploitation de la filière bois.

### III. Lecture du plan d'adaptation au changement climatique du Consell Comarcal de l'Alt Empordà à la lumière des rencontres de terrain et de retours d'expériences français

Pour répondre à la demande du Consell Comarcal, nous avons passé en revue les actions de la proposition de Plan d'adaptation au changement climatique. La relecture du plan d'adaptation se présente en deux parties : dans un premier temps, nous apportons un complément aux actions proposées par le Consell Comarcal, assorti d'exemples d'actions concrètes. Dans un second temps, nous en faisons une lecture plus générale, en comparant ce plan d'actions aux documents équivalents existant en France.

Dans cette lecture, nous nous sommes essentiellement orientés sur les actions dédiées à la protection de la ressource en eau (ligne stratégique 3) ; les propositions faites pour les autres lignes d'actions ont un caractère informatif. Ne figurent ici que les lignes pour lesquelles nous avons un complément à apporter.

#### A. Compléments au plan d'actions

##### 1. Ligne stratégique 1 : Gestion forestière

**Impact :** Augmentation du risque d'incendies de forêts

*Nos propositions :*

- Encourager le sylvopastoralisme pour maîtriser le couvert forestier
- Encourager la recolonisation de l'espace rural (projet Foresterra)
- créer une alternance de zones ouvertes (clairières et barrières coupe-feu) et de zones forestières
- Réduire la densité forestière

Réduire la densité forestière a plusieurs avantages : on réduit le combustible disponible, donc la propagation des incendies s'en trouve freinée ; les arbres, subissant moins de compétition pour la lumière et les nutriments, forment une bille droite, plus facilement valorisable ; la diminution du couvert forestier aurait un effet positif sur le débit des cours d'eau en aval, notamment en période<sup>28</sup> d'étiage (voir partie Eau et Forêt). C'est donc certainement l'une des premières mesures à mettre en œuvre, avec l'entretien des barrières coupe-feu.

Une fois la densité d'arbres optimisée, il reste le problème de l'entretien, dans des forêts majoritairement privées (80% des surfaces forestières).

Le projet Escola Foresterra, porté par l'entreprise d'insertion Foresterra SCCL, vise à doter des jeunes en situation difficile de connaissances pratiques du monde agricole et forestier, et de les accompagner à monter une activité sur des terres aujourd'hui non exploitées<sup>29</sup>. Ce projet pourrait être un bon point de départ pour amorcer l'entretien des zones forestières des zones à l'abandon, par un développement conjoint d'activités forestières et pastorales.

Dans le même esprit, le sylvopastoralisme (élevage en zones forestières) mériterait d'être encouragé (Figure 22). En effet, les animaux d'élevage, en broutant la végétation basse, contribuent à maintenir les espaces ouverts et à entretenir les espaces forestiers à moindres frais (Etienne, 2001). Cependant, dans les zones montagneuses, la qualité du pâturage est insuffisante pour y maintenir un élevage à l'année<sup>30</sup>. Il faudrait donc pratiquer une migration des troupeaux, de type estive, pour emmener les bêtes en pâturage lorsque le couvert végétal est suffisamment développé. La transhumance des troupeaux a d'ailleurs autrefois marqué les paysages de l'Alt Empordà (Guillamet, 2007).

<sup>28</sup> La question de l'impact d'une diminution du couvert forestier sur le risque d'inondation à l'aval serait à étudier dans ce contexte particulier.

<sup>29</sup> Source : entretien avec Xavier Laporta, 2015

<sup>30</sup> Source : entretien avec Xavier Laporta

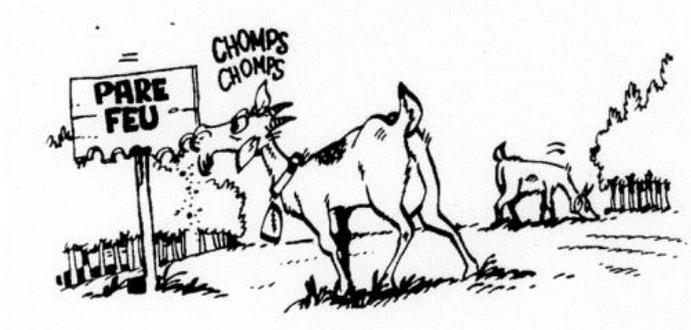


Figure 22 : Le sylvopastoralisme, un atout pour la prévention des incendies? Dessin extrait de « Protection de la forêt méditerranéenne : guide à l'usage des maires et des élus » édité en 1998 par l'Entente interdépartementale pour la prévention des incendies de forêt et réalisé par Padifrance-Atoutvert (Etienne, 2001).

## 2. Ligne stratégique 2 : Gestion de la biodiversité

**Impact :** Changements causés par la diminution de la disponibilité de l'eau

**Nos propositions :** *Protection des zones humides, en particulier du parc naturel des Aiguamolls :*

- Lutter contre la salinisation (voir ligne stratégique 3)
- Assurer le respect de la protection du Parc Naturel: interdiction de nouvelles constructions, instauration de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (agriculture extensive, pâturage)

Le Parc Naturel des Aiguamolls de l'Alt Empordà est un important réservoir de biodiversité. Il s'agit de la deuxième plus importante zone humide de Catalogne.

Les activités agricoles et les aménagements immobiliers sur le périmètre du parc dérèglent l'équilibre qualitatif et quantitatif qui permet aux zones humides d'exercer leur rôle tampon vis-à-vis des variations de disponibilité de l'eau et d'auto-épuration. On note effectivement des cultures agricoles intensives et des rizicultures, encouragées à la fois par la PAC et par le gouvernement central espagnol. Ces grandes cultures réclament de l'eau douce, ce qui est peu compatible à la fois avec le fonctionnement naturel des zones côtières et avec la sécurisation de l'approvisionnement en eau douce des zones habitées (les pompages à usage agricole ont en effet provoqué une intrusion saline dans les puits). Les pratiques agricoles extensives doivent être encouragées sur le périmètre du Parc, ou en tout cas l'abandon des cultures d'été fortement irriguées, au profit de cultures d'hiver.

On peut là aussi penser à encourager le pastoralisme, qui s'adapte parfaitement sur les zones touchées par la salinité (Romagosa Casals, 2007). En témoigne le succès des agneaux du pré-salé au Mont Saint-Michel en France, dont le goût doit son originalité aux pâturages sur des prés régulièrement recouverts par la marée.

## 3. Ligne stratégique 3 : Gestion de l'eau

**Impact :** Disponibilité de la ressource pour la consommation

- Nos propositions :**
- Améliorer le rendement des réseaux (eau potable et irrigation): comptage, lutte contre les fuites
  - Opter pour des dispositifs économes (généraliser les limiteurs de pression, passer à l'irrigation sous pression)
  - Lutter contre la salinisation: éviter la surexploitation de la nappe, réalimenter la nappe
  - Préserver les zones humides, notamment le parc des Aiguamolls (impact sur disponibilité et qualité)
  - Etude du lien eau-forêt (LIFE-MEDACC), instaurer un système de Paiement pour Services Environnementaux (PSE) (voir partie I)

Pour anticiper la raréfaction de la ressource en eau, il est indispensable de réduire les besoins en eau. La recherche de fuites pour améliorer et maintenir le rendement du réseau est un travail permanent (Figure 23). Pour le réseau de distribution d'eau potable, cela s'accompagne de campagnes de sensibilisation des particuliers (les touristes étant une cible particulièrement importante), par exemple la distribution, gratuite ou à bas tarif, de kits d'économie d'eau (mousseurs pour les robinets, réducteur de débit ou douchette économique). Dans un souci d'exemplarité, les robinets des lieux publics et des collectivités peuvent être équipés de détecteurs afin d'éviter les gaspillages.



Figure 23 : Contenu du kit d'économie d'eau attribué gratuitement aux particuliers dans le cadre du projet LIFE MAC Eau (MAîtrise et Consommation d'EAU) sur le département français de la Gironde. Les collectivités peuvent également disposer d'un kit adapté à leurs besoins ([www.jeconomiseleau.org](http://www.jeconomiseleau.org)).

Mais les efforts doivent être également portés par les exploitants agricoles, principaux préleveurs et consommateurs d'eau. Outre l'évolution des pratiques culturales (adoption de cultures moins gourmandes en eau, techniques de préservation des sols comme l'agriculture de conservation ou l'agroforesterie, qui augmentent les capacités de rétention d'eau dans les sols), les réseaux de distribution d'eau d'irrigation gagneraient à être optimisés (Figure 24). La communauté d'irrigants de la rive gauche de la Muga affiche un rendement d'eau à la parcelle de 90%<sup>31</sup>, mais l'irrigation par gravité, extrêmement dépensière en eau, équipe la majorité des exploitations. L'adoption de systèmes sous pression permettrait de diminuer fortement les consommations, en plus de faciliter le comptage (Phocaides, 2008).

<sup>31</sup> Source : entretien avec Père Planes



Figure 24 : Canal d'irrigation sur la rive gauche de la Muga. Cette parcelle fait-elle toujours partie du périmètre irrigué?  
(Photo F. AUDOUY).

- Impact :** Augmentation de l'intensité des épisodes et phénomènes extrêmes :  
précipitations / inondations
- Nos propositions :**
- Désimperméabiliser les sols: toitures végétalisées, bassins d'infiltration, zones de parkings...
  - Stocker et infiltrer les eaux de pluie ou les réutiliser (arrosage, toilettes...)

Dans un contexte où la morphologie des cours d'eau est fortement anthropisée, la réponse des cours d'eau aux épisodes pluvieux est plus rapide et entraîne des risques importants de crues. L'imperméabilisation des sols en milieu urbain augmente le ruissellement et aggrave les débits de crue. Pour lutter contre les risques d'inondation, il faut augmenter la capacité de rétention et d'infiltration des sols. Les principes de rétention et d'infiltration à la parcelle sont à étudier à chaque projet d'aménagement de l'espace urbain.

En France, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse a lancé un appel à projets de 15 M€ pour financer des opérations de désimperméabilisation des sols. Des solutions simples peuvent être mises en œuvre : création de « jardins d'eau » (petites cuvettes de rétention d'eau de pluie), revêtements non étanches sur les parkings (pose de pavés non jointés par exemple), création d'allées d'herbes...(Figure 25). Ces solutions ont en outre l'avantage d'être souvent moins coûteuses que les aménagements traditionnels : à Montpellier, dans le cadre de la rénovation d'un campus, la pose de réseaux enterrés a été évaluée à 50 M€, quand la solution de noues et de bassins d'infiltration a été chiffrée à 7 M€ (Marti, 2014).



Figure 25 : Désimperméabilisation d'un parking enrobé à Laveyron (Drôme).

**Impact :** Altérations physico-chimiques de l'eau

**Nos propositions :**

- Promouvoir le changement des pratiques agricoles: agriculture biologique, agriculture extensive, bandes enherbées, agroforesterie, CIPAN, agriculture de conservation
- Préserver le bon fonctionnement épuratoire des zones humides
- Mettre en place des réseaux de surveillance

Le Consell Comarcal porte un « Pla estratègic de la producció agrària ecològica de l'Alt Empordà » apporte une réponse aux problématiques de contamination de l'eau par les activités agricoles, notamment les émissions de nitrates. Moins radicales que le passage à l'agriculture, certaines pratiques agricoles permettent, en agissant sur les sols (ou plutôt en laissant les sols agir), d'améliorer la fertilité du substrat, et donc de limiter le recours aux fertilisants chimiques. On pourra citer par exemple l'agriculture de conservation, ou le semis direct qui, en limitant le labourage, préservent les organismes souterrains qui décomposent la matière organique et la rendent disponible pour les cultures.

D'autres techniques visent à capturer les substances épandues ; on pourra encourager à ces fins les aménagements paysagers (bandes tampons, haies, agroforesterie) ou les CIPAN (Cultures intermédiaires pièges à nitrates). Ces dernières ont pour but de ne pas laisser de sol à nu pendant la période hivernale, et donc de limiter le lessivage des nitrates ; elles ont été rendues obligatoires en zones vulnérables aux nitrates par Directive européenne sur les nitrates.

#### 4. Ligne stratégique 5 : Agriculture et élevage

**Impact :** Adaptation du secteur aux nouvelles conditions climatiques et à la disponibilité des ressources

**Nos propositions :**

- Lutter contre la salinisation (voir ligne 3)
- Assurer le respect de la protection du Parc Naturel: interdiction de nouvelles constructions, instauration de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (agriculture extensive, pâturage)

Dans le sens des propositions précédentes, l'agriculture a un rôle prépondérant vis-à-vis du changement climatique : le secteur se doit d'adapter ses pratiques à la raréfaction des ressources en eau et à l'augmentation des températures. En tant que secteur contributeur également : l'agriculture est fortement émettrice de gaz à effets de serre, que ce soit de manière directe (méthane produit par les élevages) ou indirecte (consommation d'intrants d'origine pétrochimique). Dans le cas de l'Alt

Empordà, il faut de surcroît veiller à ce que les pratiques agricoles ne remettent pas en cause le fonctionnement des zones humides des Aiguamolls, qui, comme nous l'avons vu, ont un rôle atténuateur vis-à-vis des impacts du changement climatique. Tout changement d'occupation des sols dans le périmètre du parc naturel doit être fortement surveillé, dans le but de consommer un minimum de ces zones tampons.

## 5. Ligne stratégique 6 : Construction

**Impact :** Adaptation du secteur à la disponibilité des ressources.

**Nos propositions :**

- Limiter l'étalement urbain pour densifier l'habitat (permet des économies d'énergie pour le chauffage et le transport).
- Privilégier l'utilisation de matériaux locaux, en valorisant le patrimoine et l'aspect typique des constructions.
- Désimperméabiliser les sols (voir ligne stratégique 3).
- Encourager la végétalisation des espaces urbains (toitures, trottoirs...) pour lutter contre le phénomène d'îlot de chaleur.

## 6. Ligne stratégique 7 : Transport, mobilité et logistique

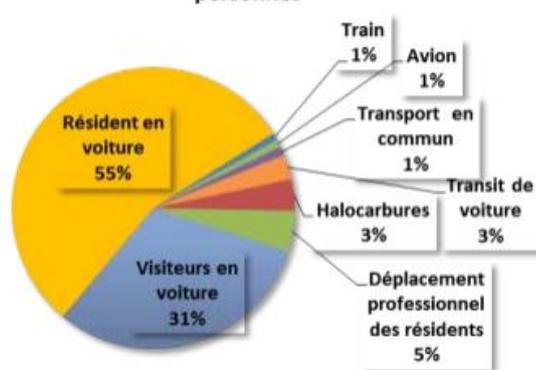
**Impact :** Réduction des émissions dues au secteur. Optimisation, amélioration de la gestion et engagement pour les alternatives renouvelables.

- Encourager les modes de transport doux (vélo, transports en commun – si possible alimentés en énergies renouvelables).
- Promouvoir les circuits courts, l'agriculture locale : systèmes AMAP<sup>32</sup>, magasins de producteurs, poursuivre les réflexions engagées avec la création des appellations locales Farina de Girona, Pà de la Tramontana.

Le secteur du transport étant fortement impactant sur les émissions de gaz à effet de serre, un diagnostic fin des contributeurs mériterait d'être établi, pour que les propositions soient pertinentes (Figure 26).

La promotion des circuits courts fait partie du plan d'action en faveur de l'agriculture biologique.

Répartition des émissions de GES liées au transport de personnes



Source : eQuiNeo

Figure 26 : L'analyse des émissions du secteur "Transport de personnes" de Perpignan Méditerranée met en avant les modes de transport les plus impactants (Perpignan Méditerranée, 2012).

<sup>32</sup> Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne : partenariat de proximité entre producteurs et consommateurs, favorisant les circuits courts, le maintien d'une agriculture de proximité, le dialogue ville/campagne.

## 7. Ligne stratégique 8 : Energie

**Impact :** Adaptation et promotion des énergies renouvelables

**Nos propositions :** - Etudier la possibilité d'utiliser l'énergie thermique marine (thalassothermie).

Ce mode de chauffage/rafraîchissement émergent a été mis en œuvre à Marseille. Il semble qu'un projet ait également vu le jour à Barcelone, mais nous n'avons pas pu trouver d'informations à ce sujet. Les zones côtières pourraient utiliser la thalassothermie en vue de réduire les besoins en énergie émettrice de GES (Figure 27).

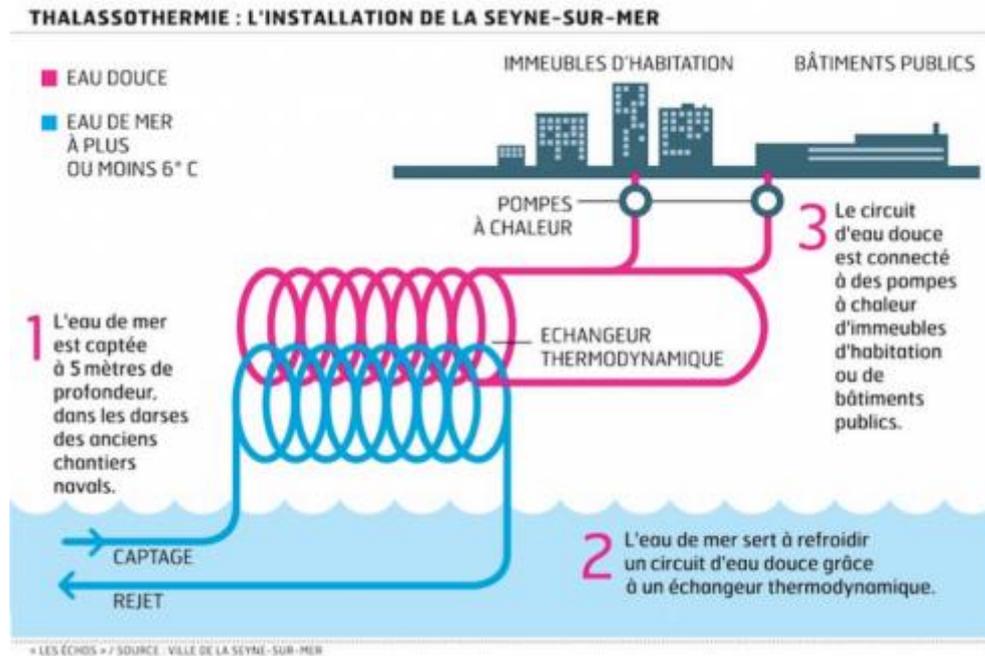


Figure 27 : exemple de l'installation de la Seyne/Mer

**Principe de fonctionnement :** Ce projet doit permettre de développer un réseau de production de froid et de chaud à l'échelle de la façade maritime nord. Ce procédé industriel, d'origine **100% renouvelable**, permettrait de fabriquer du chaud en hiver et du froid en été, afin de chauffer ou rafraîchir des quartiers entiers d'Euroméditerranée 2.

Ce système novateur de thalassothermie, appelé « boucle à eau de mer », existe déjà à Monaco notamment et à la Seyne-sur-Mer (département du Var). Basé sur la même technologie, le projet d'Euroméditerranée utilisera le procédé à grande échelle. Ce sera en effet la première fois qu'il bénéficiera à un quartier tout entier. Circulant de la mer à la ville, la boucle fournit des températures adaptées à la saison dans tous les bâtiments du périmètre, grâce à un réseau de pompes à chaleur.

**L'objectif :** réduire la facture énergétique (qu'elle soit liée au chauffage ou à la climatisation) de 75 %. Cette démarche largement reproductible sur les 2 rives de la Méditerranée ouvre une réflexion plus globale sur l'apport du milieu marin dans la production d'énergie et Euroméditerranée s'associe dans cette réflexion au pôle de compétitivité mer et aux écoles d'ingénieurs. Ce projet fait partie la deuxième tranche de l'Opération d'Intérêt National Euroméditerranée, labellisée « EcoCité ». Cette initiative de « boucle d'eau de mer » a été lancée et soutenue financièrement par la Ville.

## 8. Ligne stratégique 9 : Tourisme

**Impact :** Adaptation du secteur touristique au changement climatique

*Nos propositions :*

- *Etaler la fréquentation touristique dans le temps et dans l'espace*
- *Promouvoir le tourisme hors saison (événementiel)*
- *Développer des activités dans les zones forestières ou moins fréquentées du territoire : mettre en valeur le patrimoine*

Le secteur du tourisme, s'il dynamise l'économie de la région, porte également sa responsabilité dans la lutte contre le changement climatique et la protection de la ressource en eau. La population côtière est fortement accrue en période estivale, qui coïncide avec la raréfaction de la ressource en eau. Les impacts des eaux résiduaires sur un milieu moins capable d'absorber ce surcroît de pollution en sont exacerbés. Or un touriste consomme en moyenne deux fois plus d'eau que la population locale. Il faudrait analyser plus finement cette situation afin d'en comprendre les causes. L'une d'elles pouvant être, pour les touristes résidant à l'hôtel, le lavage plus fréquent du linge de toilette et du linge de lit. En effet, nous avons été surpris que, lors de notre séjour de près de 15 jours pour ce projet, nos serviettes aient été remplacées tous les jours, et ce malgré notre demande. En France, la plupart des hôtels proposent à leurs hôtes de ne remplacer que le linge qu'ils souhaitent voir lavés. D'autre part, la concentration dans le temps et dans l'espace des touristes s'avère problématique pour les milieux, comme nous l'avons déjà évoqué. C'est pourquoi une stratégie d'étalement du tourisme pourrait être pensée avec le concours du Département Tourisme du Consell Comarcal. Un développement du tourisme en zone forestière contribuerait à ce titre à protéger la région en incitant à l'entretien paysager, et donc à participer à la prévention contre les incendies.

## 9. Ligne stratégique 11 : Communication et formation

**Impact :** Réflexion, sensibilisation, apprentissage et adaptation au changement climatique

*Nos propositions :*

- *Mener des actions de sensibilisation en milieu scolaire*
- *Communiquer sur l'importance de la préservation des zones humides*
- *Communiquer sur les impacts (écologiques, économiques, sociaux) d'une agriculture locale*
- *Créer des jardinières sur le modèle du mouvement « Incroyables y Comestibles » sur les espaces municipaux pour promouvoir l'approvisionnement local, moins émissif*

C'est sans doute de loin le thème le plus difficile, mais c'est aussi celui dont dépend le plus la réussite de ce programme.

La première communication que le Consell Comarcal peut organiser, c'est celle de sa propre exemplarité en matière de sobriété. Le Plan Comarcal pourrait d'ailleurs mettre en valeur l'engagement du Consell Comarcal, en détaillant comment celui-ci, à son échelle, s'organise pour répondre aux objectifs européens « 3 fois 20 pour 2020 » (réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre, amélioration de 20% de l'efficacité énergétique, 20% d'énergies renouvelables consommées).

L'ADEME<sup>33</sup> incite les collectivités qui rédigent leur PCET<sup>34</sup>, que nous développons plus loin, à réaliser des actions « gagnant-gagnant », c'est-à-dire des actions simples que la collectivité peut mettre en œuvre rapidement. Ces actions peuvent être : des études techniques visant à améliorer l'efficacité énergétique, l'achat d'ampoules basse consommation, la rationalisation des déplacements, l'installation de panneaux solaires... (ADEME, 2009). Plus ces actions seront visibles, plus elles témoigneront de la crédibilité de la démarche.

<sup>33</sup> Agence française De l'Environnement et de Maîtrise de l'Energie

<sup>34</sup> Plan Climat Energie Territorial

L'installation de jardinières en libre-service, sur le modèle du mouvement « Incréibles y Comestibles », est en général appréciée du public. Les enfants, en particulier, sont sensibles à l'esprit ludique et communautaire de ce type de démarche. On peut facilement utiliser ce moyen pour faire passer des messages sur l'approvisionnement local, la culture biologique et la réduction des déchets. La sensibilisation en milieu scolaire est un levier important du changement de mentalité. Les enfants, sensibilisés aux bonnes pratiques, sont à leur tour des moteurs de communication auprès de leur famille.

Les moyens d'informations locaux (lettres d'information municipales) sont également un support à mobiliser de manière systématique, par exemple en y présentant à chaque parution un exemple de bonne pratique adopté par une famille ou une entreprise locale.

On peut également mobiliser de manière plus concrète la population sous la forme d'un concours ou d'un appel à candidature : des familles reçoivent de l'aide (fourniture de matériel et conseils), en échange de quoi elles s'engagent sur un objectif : réduction de leur consommation d'eau ou d'énergie, consommation de produits locaux... Les résultats de chaque famille sont suivis régulièrement et publiés dans les lettres d'information locales.

## B. Comparaison des dispositifs français et catalan

Au vu des nombreux plans d'actions suivis par le Consell Comarcal de l'Alt Empordà (Agenda 21, Plan Energie, Charte du paysage...), nous nous sommes interrogés sur la manière d'assurer la compatibilité et le suivi de ces différents documents. Nous nous sommes appuyés pour cela sur les documents existants en France.

### 1. Le Plan Climat Energie Territoires

Obligatoire pour toutes les communes françaises de plus de 50 000 habitants, le PCET est un programme d'actions visant à lutter contre le changement climatique et de s'adapter à ses effets (MEDDTL, 2011). Le plan d'actions met l'accent sur le rôle d'animateur de la collectivité, et dans sa capacité à mobiliser les différents acteurs du territoire. Cette définition semble convenir au Pla d'Adaptacio du Consell Comarcal, celui-ci détenant davantage un rôle de conseil qu'un pouvoir opérationnel.

Préalablement à l'établissement du plan d'actions, le PCET comprend une phase de diagnostic territorial visant à identifier les sources d'émission de gaz à effet de serre sur le périmètre retenu pour le PCET (Figure 28). Cette phase d'état des lieux permet d'identifier les « points noirs » en matière d'émissions, sur lesquels il faudra sans doute concentrer les efforts.

Répartition sectorielle des émissions de GES du territoire de PMCA en Téqu CO2 (valeur relative)



Figure 28 : Le diagnostic énergétique met en évidence la contribution de chaque secteur aux émissions de gaz à effet de serre. (Perpignan Méditerranée, 2012)

Le diagnostic doit être chiffré le plus précisément possible, car il sera la base de travail pour la rédaction du plan d’actions en tant que tel. En effet, loin d’être l’expression de la volonté isolée de la seule collectivité, le PCET est un véritable projet de territoire qui se bâtit avec l’ensemble des acteurs impliqués (Figure 29). Pour cela, le processus de rédaction du plan d’actions s’appuie sur une démarche de concertation, sous forme de groupes de travail ou d’ateliers participatifs. L’implication de l’ensemble des acteurs du territoire dès le stade du diagnostic sera la garantie d’une compréhension plus large des enjeux du changement climatique, et donc d’une appropriation plus forte du programme par les participants.

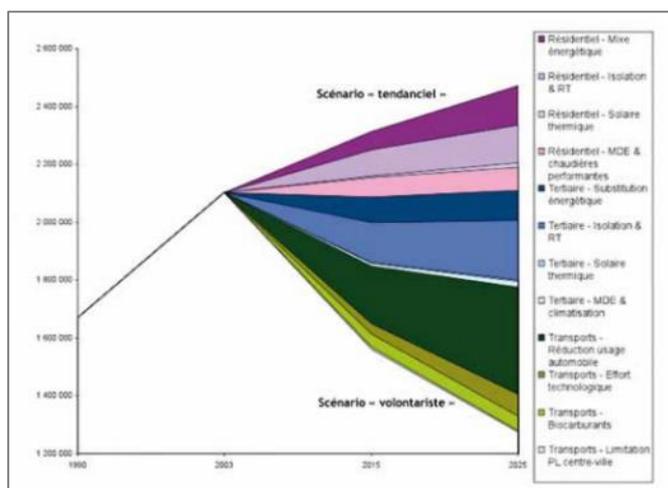


Figure 29 : Les projections réalisées par le volet diagnostic territorial du PCET facilitent la compréhension du plan d’actions en montrant le potentiel de réduction des gaz à effet de serre de chaque secteur d’activités (ADEME, 2009)

## 2. Compatibilité avec l'Agenda 21

Le cadre institutionnel français fixe aux agendas 21 cinq finalités :

- la lutte contre le changement climatique et la protection de l'atmosphère ;
- la préservation de la biodiversité, protection des milieux et des ressources ;
- l'épanouissement de tous les êtres humains ;
- la cohésion sociale et la solidarité entre les territoires et les générations ;
- une dynamique de développement suivant des modes de production et de consommation responsables.

Le PCET français est, dès sa conception, compatible avec l'Agenda 21 de la collectivité, si celle-ci s'est engagée dans cette démarche. Le PCET constitue alors le volet « climat » de l'agenda 21.

L'Agenda 21 du Consell Comarcal répond quant à lui aux enjeux identifiés par la Diputació de Girona.

Les lignes stratégiques développées dans l'agenda 21 de l'Alt Empordà sont :

- Ligne stratégique 1: Planification territoriale de l'Alt Empordà
- Ligne stratégique 2: Gestion de l'environnement
- Ligne stratégique 3: Développement rural
- Ligne stratégique 4: Gestion et promotion du Consell Comarcal
- Ligne stratégique 5: Energie durable
- Ligne stratégique 6: Connectivité fonctionnelle et écologique

Contrairement au schéma français, la correspondance entre l'Agenda 21 de la collectivité et son plan d'adaptation au changement climatique n'est pas directe, du fait des choix différents effectués au niveau catalan.

Le plan d'action comarcal propose de modifier certaines actions inscrites dans l'agenda 21 de manière à ce qu'elles prennent mieux en compte les enjeux du changement climatique. De même pour les autres plans d'actions pilotés par la Comarque : Plan d'action de l'Energie (englobant la Ligne stratégique 5 de l'Agenda 21), Plan de gestion des déchets, Plan de promotion de l'agriculture biologique, Charte du paysage de l'Alt Empordà.

Mis à part cette relecture pour assurer la compatibilité des plans d'actions entre eux, il n'est pas envisagé de lier davantage le plan d'adaptation au changement climatique à l'agenda 21. Or la région sera probablement l'une des plus fortement impactées par le changement climatique, avec des répercussions sur l'ensemble des secteurs économiques et sociaux (tourisme, agriculture, transports, santé, éducation...). L'intégration complète de ce plan d'adaptation à l'Agenda 21 serait totalement légitime et donnerait plus de poids aux actions portées en vue d'adapter la région aux changements déjà amorcés.

Si toutefois le Consell Comarcal préfère garder indépendants l'ensemble de ces plans, on peut suggérer d'utiliser un tableau de correspondances (Tableau 1) entre les thématiques traitées par la Comarque et les plans d'actions qui peuvent y être associés. En voici un exemple :

Tableau 1: Exemple de tableau de correspondances entre les plans d'actions et les thématiques abordées

	Risque Inondation	Risque Incendie	Gestion de la ressource en eau	Déchets / Recyclage	Agriculture	Urbanisme	Energie	Tourisme	Education	Changement climatique	...
Plan de protection civile	✓	✓								✓	
Agenda 21			✓	✓						✓	
Plan d'action Energie			✓				✓		✓	✓	
Plan de gestion des déchets				✓				✓	✓	✓	
Plan de soutien à l'agriculture biologique					✓		✓		✓	✓	
Charte du paysage					✓	✓		✓		✓	
Plan d'adaptation au changement climatique	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
...											

L'exercice peut sembler simpliste, mais il peut éviter des oublis au moment de réviser les différents plans d'actions. Il peut aussi servir pour expliquer l'articulation des plans d'actions aux municipalités qui auront à les décliner dans leurs propres périmètres.

Le Plan d'action proposé par le Consell Comarcal répond aux enjeux du changement climatique en prenant en compte l'ensemble des secteurs qui impactent ou sont impactés par les transformations du climat (ressource en eau, agriculture, transport, mais aussi santé...). Si la volonté du Département de l'Environnement est forte, il reste à convaincre l'ensemble de la population. Pour cela, il est nécessaire de l'associer dès la rédaction du plan. La communication autour du projet doit également être soutenue, et doit toucher l'ensemble de la population, touristes compris.

## IV. CONCLUSION

L'Alt Empordà est une région sur laquelle se conjuguent, sur fond de climat méditerranéen, un tourisme estival côtier, une forte activité agricole, une zone humide à préserver, des intrusions salines, et des risques d'incendie importants. Dans ce contexte, les enjeux liés au changement climatique sont bien ancrés dans les préoccupations actuelles des acteurs de l'eau. Les conflits pour l'accès à l'eau sont rarement violents, mais les tensions sont bien présentes.

Tous sont conscients de la nécessité d'agir dans le but de concilier tous les besoins lorsque le manque se fera sentir. Pourtant, tous semblent dans l'attente d'un mouvement collectif, d'un projet commun qui entraînera la mobilisation de toute la collectivité. Ce projet pourrait être initié par le Plan d'adaptation au changement climatique proposé par le Consell Comarcal. Porté par une équipe motivée, celui-ci touche tous les secteurs sociaux et économiques qui seront ou sont déjà impactés par le changement climatique. La réussite de sa mise en application est toutefois conditionnée par les démarches de communication, mais surtout de concertation, qui l'accompagneront, et ce dès la phase de rédaction déjà engagée. En effet, il est plus facile de mobiliser autour de sujets qui ont été présentés, expliqués, et discutés en public. La communauté s'impliquera d'autant plus facilement qu'elle comprend les enjeux, et qu'elle saisit l'impact que peuvent avoir les actions que l'on attend d'elle.

Ce constat s'applique par exemple à la question des paiements pour services environnementaux. Le bien-fondé de rémunérer les efforts accomplis en faveur de la protection de l'environnement, ou de la sécurité civile en ce qui concerne les incendies, n'est pas remis en cause, dès lors que les personnes sollicitées comprennent en quoi leur participation va effectivement améliorer la situation. Ce qui pose problème, en revanche, ce sont les taxes déjà créées dans cette optique (telle la taxe touristique), et qui servent finalement à un autre but que celui initialement prévu. Ces constats peuvent effectivement conduire à une démobilisation. La transparence tout au long de la démarche du Plan d'action sera nécessaire pour que le Consell Comarcal arrive à mettre tout le monde autour de la table et puisse construire, enfin, les bases d'une gestion concertée.

## V. Bibliographie

- ADEME, 2009. *Construire et mettre en œuvre un Plan Climat-Energie Territorial*. Disponible sur Internet: <http://www.pcet-ademe.fr/sites/default/files/Le%20guide%20pcet.pdf>
- Aqua Renova, non daté. Disponible sur: <http://www.aquarenova.fr/>
- Birot Y., Gracia C. et Palahí M., 2011. *L'Eau pour les Forêts et les Hommes en Région Méditerranéenne : un équilibre à trouver*. What Science Can Tell Us 1, 2011. Disponible sur internet : [http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi\\_what\\_science\\_can\\_tell\\_us\\_1\\_2011\\_fr.pdf](http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_what_science_can_tell_us_1_2011_fr.pdf)
- Boisset G., 2008. *Les systèmes de paiements pour services environnementaux (PSE) et l'eau : des opportunités pour aider les agriculteurs ?* Synthèse, AgroParisTech, Montpellier, 21p.
- CCAE, 2014. *Pla d'Adaptació al canvi Climàtic de la Comarca de l'Alt Empordà*. Revisió octubre 2014. Consel Comarcal de l'Alt Empordà, Figueres, 79p.
- CEDD, 2010. *Les PSE: des rémunérations pour les services environnementaux*. Conseil Economique pour le Développement Durable, Paris. Références économiques n°17, 8p.
- CRPF, 2013. *Forêt et quantité d'eau. Etude test sur la commune de Pourcharesses*. CRPF Languedoc Roussillon, Mediterranean Forests For All, SYLVAMED, 10p. Disponible sur Internet : [http://www.sylvamed.eu/docs/quantite\\_eau\\_pourcharesses.pdf](http://www.sylvamed.eu/docs/quantite_eau_pourcharesses.pdf)
- Engref, 2009. *Figueres et l'Alt Empordà, A la croisée des chemins...* Projet commun ENPC/ENGREF, Figueres, 116p.
- Etienne M., 2001. Protection de la forêt méditerranéenne contre les incendies et biodiversité. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, Agriculture et biodiversité des plantes (21), pp. 139-143.
- Foresterra, 2013. *Projecte per a la gestió forestal conjunta de les forest de l'associació de propietaris forestals de l'Alt Empordà*. Associació de propietaris forestals de l'Alt Empordà, Darnius, 71p.
- GIEC, 2014. *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers*. Fifth Assessment Report (AR5), IPCC, 32p. Disponible sur Internet: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf)
- Guillamet R.M.M., 2007. La transhumància a la comarca de l'Alt Empordà. *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, pp. 437-448.
- ICGC, 2015. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Disponible sur Internet : <http://www.icc.cat/Home-ICC/Geoinformacio-digital>
- Marti B., 2014. *Concilier aménagement urbain et gestion des eaux pluviales: l'exemple de la ville de Montpellier*. Disponible sur Internet: [http://www.eaurmc.fr/fileadmin/grands-dossiers/documents/Grands-dossiers-Assainissement/Journees\\_pluviales\\_2014/Montpellier/2\\_-\\_B.\\_MARTI.pdf](http://www.eaurmc.fr/fileadmin/grands-dossiers/documents/Grands-dossiers-Assainissement/Journees_pluviales_2014/Montpellier/2_-_B._MARTI.pdf)
- Mayrand K. et Paquin M., 2004. *Le paiement pour les services environnementaux : Etude et évaluation des systèmes actuels*. Montréal, UNISFERA Centre International Centre - Commission de coopération environnementale de l'Amérique du Nord. 59 p.
- MEDACC, 2015. *Adapting the Mediterranean to climate change*. Projet Life. Disponible sur Internet : <http://medacc-life.eu/medacc-adapting-mediterranean-climate-change>
- Monico J., 2015. Retour d'expériences sur les mesures d'adaptation liées à la gestion de la ressource en eau aux changements climatiques au travers des SRCAE et des PCET des grandes collectivités. Synthèse, AgroParisTech, Montpellier, 20p.
- Pagiola S. et Platais G., 2005. *Introduction to Payments for Environmental Services (Diaporama)*. ESSD Week 2005, Learning Days, April 2005, Environment Department, World Bank. 22 p.
- Perpignan Méditerranée, 2012. *Plan Climat Énergie Territorial de PMCA et de Perpignan*. Perpignan, Perpignan Méditerranée. Disponible sur Internet: <http://agenda21-perpignanmediterranee.com/wp-content/uploads/plan-climat-perpignan-pmca.pdf>
- Phocaidas A., 2008. *Manuel des techniques d'irrigation sous pression*. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Disponible sur Internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1336f/a1336f00.pdf>

Prokofieva I., Wunder S., Vidale E., 2012. *Les paiements pour services environnementaux : Une opportunité pour les forêts méditerranéennes?* EFI Policy Brief 7, 16p. Disponible sur Internet : [http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi\\_policy\\_brief\\_7\\_fra\\_net.pdf](http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_policy_brief_7_fra_net.pdf)

Reparaz-Ruiz, G. (de), 1938. *Essai sur l'hydrologie des cours d'eau catalans*. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Volume 9, Numéro 9-2, pp. 141-176. Disponible sur Internet : [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rgpso\\_0035-3221\\_1938\\_num\\_9\\_2\\_1093](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rgpso_0035-3221_1938_num_9_2_1093)

Romagosa Casals F., 2007. *Els Aiguamolls de l'Empordà.pdf*. Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona, 354 p.

#### **Autres références utiles non citées dans le texte**

CRPF PACA, 2012. *Working report on ecosystem services that Mediterranean forests provide in the Water issue*. Mediterranean Forests For All, SYLVAMED, 33p. Disponible sur Internet : <http://www.sylvamed.eu/docs/AIGUA.pdf?phpMyAdmin=aB65QHjTP8Xf4LRMjkiDbdpJzmf>

Projet Européen SYLVAMED. Documents disponibles sur Internet : [http://www.sylvamed.eu/?page\\_id=354&lang=fr](http://www.sylvamed.eu/?page_id=354&lang=fr)

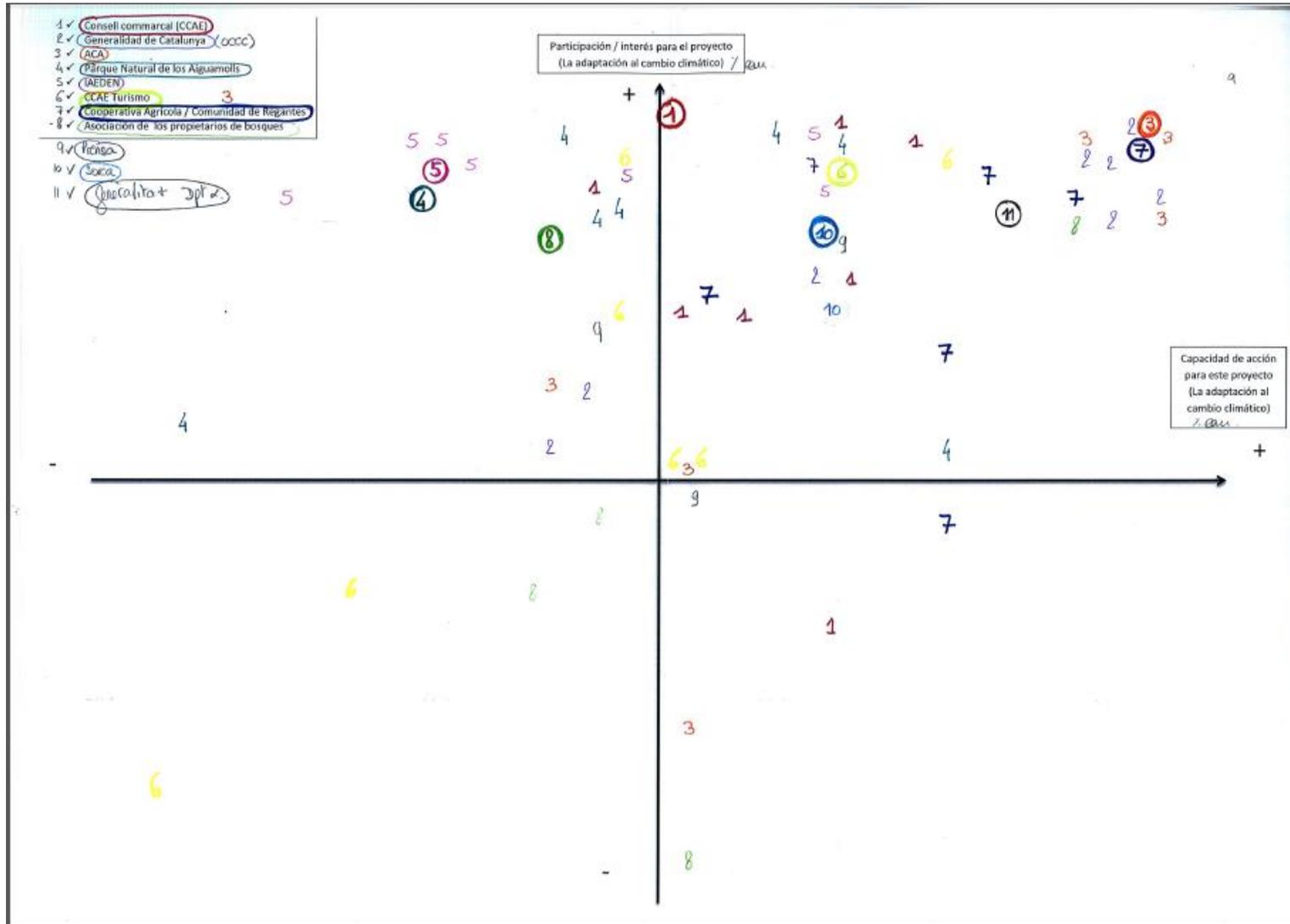
OECD, 2010. *Paying for biodiversity: enhancing the cost-effectiveness of payment for ecosystem services*. Paris, France, 196p.

Tisserand F., 2011. *Services rendus par les écosystèmes forestiers et scénarios de valorisation au profit des propriétaires. Le cas des services liés à l'eau*. Thèse professionnelle, AgroParisTech, 54p. Disponible sur Internet : [http://www.sylvamed.eu/docs/services\\_eau.pdf?phpMyAdmin=aB65QHjTP8Xf4LRMjkiDbdpJzmf](http://www.sylvamed.eu/docs/services_eau.pdf?phpMyAdmin=aB65QHjTP8Xf4LRMjkiDbdpJzmf)

Wunder S, 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. Occasional paper No 42. CIFOR, Bogor. Disponible sur Internet: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-42.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf)

## VI. ANNEXES

### A. ANNEXE 1 : Position des acteurs par rapport à leur intérêt pour l'adaptation au changement climatique et leur capacité à agir



## B. ANNEXE 2 : Descriptif du projet Aqua Renova de réalimentation de nappe pour lutter contre l'intrusion saline (Aqua Renova, non daté)

Le projet comprend :

- ↻ Une prise d'eau et une station de pompage,
- ↻ Un réseau de conduite acheminant l'eau brute vers le site d'infiltration,
- ↻ Un bassin d'infiltration de 1000 m<sup>2</sup> environ.

L'installation fonctionnera en hiver (entre novembre et avril) soit en moyenne 50% du temps pour un volume annuel maximal de 2,7 millions de m<sup>3</sup> et sera stoppée dans les trois cas suivants :

- Dépassement d'un critère de qualité de l'eau brute (turbidité lors des périodes d'orages ou de crue ou variation de conductivité en temps sec),
- Débit insuffisant (périodes d'étiage),
- Nappe trop haute ou bassin d'orage en eau (réalimentation non nécessaire).

La ressource disponible et identifiée pour cette réalimentation est le canal Jean Natte, canal d'irrigation qui a lui-même sa prise d'eau sur le Gapeau en amont d'Hyères et dont les eaux non utilisées rejoignent le cours d'eau côtier du Roubaud puis la mer.

Cette ressource sera utilisée en laissant en permanence la priorité aux usages existants et aux débits minimums biologiques nécessaires au fonctionnement des milieux naturels tant dans le Gapeau que dans le Roubaud. Ainsi elle ne sera pas utilisée en période d'étiage ni lors des périodes de forte irrigation et sera dépendante du débit minimum du Gapeau.

La prise d'eau a été conçue pour pouvoir fonctionner avec une hauteur d'eau faible, sans toutefois modifier les conditions d'écoulement des crues (pas d'impact sur la ligne d'eau).

La solution retenue consiste à créer un caniveau de prise d'eau équipé d'une grille, qui permettra d'arrêter les graviers et cailloux transportés par le canal. Les sables et sédiments fins susceptibles de passer au travers de la grille se décantent dans le premier compartiment de la station de pompage, d'où ils pourront être extraits au moyen d'un camion hydrocureur.

La grille aura une longueur de 4,3 m, soit 2/3 de la largeur du canal à cet endroit. L'absence de grille en rive droite permettra d'assurer le débit réservé, le débit étant uniformément réparti entre les deux rives du canal.

La station de pompage sera située à proximité, sur la parcelle du gymnase des Rougières. Dimensionnement approximative : 3\*2\*2.50 m de hauteur utile, soit 15 m<sup>3</sup>.

Le pompage fonctionnera entre novembre et avril. Le pompage sera interrompu dans les cas suivants :

- ↻ Un dépassement d'un critère de qualité de l'eau brute (turbidité lors périodes d'orages ou de crue ou variation de conductivité en temps sec) ;
- ↻ Un débit insuffisant (périodes d'étiage) ;
- ↻ La nappe trop haute ou bassin d'orage en eau (réalimentation non nécessaire).

Le dimensionnement hydraulique du projet de réalimentation de la nappe est de 150 l/s, soit 540 m<sup>3</sup>/h. Ce débit est à comparer à la capacité du Canal Jean Natte de 270 l/s, qui est pratiquement inutilisée en hiver pour l'usage d'irrigation.

- La canalisation

Les caractéristiques de la conduite de refoulement sont les suivantes :

- Longueur : 2150 m
- Diamètre : 350 mm
- Vitesse : 1,56 m/s
- Perte de charge linéaire : 7,8 m/km
- Pertes de charges singulières : 10% environ
- Pertes de charge totales : 18,40 m
- HMT : 23m CE
- Puissance hydraulique brute : 34 kW
- Puissance électrique nette : 48 kW (rendement pompe + moteur estimé à 73%).

Dans un premier temps une pompe de 50 l/s sera installée dans la station de pompage. Elle permettra d'alimenter le site objet de ce dossier, dimensionné pour ce débit. Dans un deuxième temps lui sera adjointe une deuxième pompe d'un débit de 100 l/s, permettant de satisfaire le débit total du projet, soit 150 l/s.

- Le bassin d'infiltration

Les eaux prélevées seront acheminées par une canalisation de transfert vers un site d'infiltration, sélectionné en fonction de sa disponibilité foncière sans emprise sur les espaces agricoles, de sa position par rapport à la nappe.

Sur les deux parcelles étudiées durant la phase d'état initial, le choix s'est finalement porté sur la parcelle sud (bassin de rétention de la Ritorte): le site d'infiltration est situé à l'emplacement d'un bassin d'orage existant de 1 hectare environ.

En effet, les résultats des tests de caractérisation de la perméabilité des deux sites ont montré que les caractéristiques de la parcelle sud étaient plus favorables. Par ailleurs, la maîtrise foncière de ce site est acquise, ce qui, compte tenu de la nécessité de disposer rapidement d'un dispositif de protection de la nappe du Gapeau et des champs captant de la ville est un atout important.

Le site retenu pour la première phase du projet est un bassin d'écrêtement destiné au ruisseau qui passe à proximité : la Ritorte. D'après la Ville de Hyères, ce bassin de rétention ne se remplit que très rarement (1 à 2 fois depuis sa mise en service il y a 15 ans). Cette parcelle borde le côté sud de la RN98.

L'aménagement projeté a été conçu de manière à résister aux inondations et à ne pas perturber son fonctionnement en cas d'orage : le volume actuel du bassin d'orage disponible à l'expansion des crues sera maintenu en permanence fonctionnel. A l'issue des travaux, la parcelle aura donc une double fonction :

- ↻ Bassin d'orage lors des crues du cours d'eau,
- ↻ Bassin d'infiltration.

L'aménagement projeté comprendra :

- ↻ La réalisation de deux fosses de 3,50 m de profondeur sur une surface de 1000 m<sup>2</sup>
- ↻ Le comblement de ces fosses par :
  - ↻ Une première couche de 2,50 m de gravier 20/ 40 mm en fond de fosse,
  - ↻ Une couche de transition de 0,50 m de gravier 6/14 mm,
  - ↻ Une couche superficielle de 0,50 m de sables filtrant de 0,2 /5 mm,
- ↻ La réalisation de merlons périphériques compactés : afin d'éviter un entretien fastidieux à chaque débordement de la Ritorte, un merlon périphérique sera mis en place autour de la zone d'infiltration pour éviter de la colmater,
- ↻ L'enrochement des zones sensibles aux érosions,

- ↳ La réalisation d'un merlon de protection contre les eaux de ruissellement venant de la RD98, protégeant les bassins d'infiltration contre les risques de pollution induits par ces eaux de ruissellement,
- ↳ La réalisation d'une rampe d'accès au fond du bassin d'orage pour engins,
- ↳ La mise en place de piézomètres de contrôle des niveaux d'eau (bassin et nappe),
- ↳ La mise en place d'une clôture périphérique et d'un portail d'entrée.

Afin de ne pas modifier le volume utile du bassin de rétention, le volume des digues sera compensé par un surcreusement du fond du bassin en dehors de la zone d'infiltration.

L'entretien des bassins s'effectuera à une fréquence annuelle et consistera essentiellement à la réalisation d'un hersage avec mise en décharge des matériaux colmatant extraits.

La réalimentation est couplée à une gestion dynamique qui permet de suivre au quotidien l'évolution quantitative et qualitative de la nappe.

L'enjeu d'exploitation de la nappe alluviale du Gapeau est l'optimisation des débits prélevés tout en gérant correctement le risque d'intrusion saline.

Tous les mois, les données d'exploitation de la nappe sont analysées par un hydrogéologue ; elles sont également transmises au Service de l'eau de la Ville d'Hyères-les-Palmiers dans le rapport mensuel d'exploitation.

## C. ANNEXE 3 : La politique en France pour la préservation des zones humides

### **Définition des zones humides :**

Les zones humides sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année» (article L. 211-1 du code de l'environnement français).

La convention de Ramsar donne par ailleurs une définition plus large qui est plutôt à considérer en français comme celle des milieux aquatiques et humides (approche de l'écologie du paysage ou écosystémique) : «étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres».

La vie des milieux humides est intimement liée à l'eau et à sa dynamique. L'eau façonne ces espaces, y apporte des matières minérales ou organiques et y favorise l'explosion de la vie. Les milieux humides, de leur côté, influent sur les cycles de l'eau et des matières qu'elle véhicule ; ils jouent un rôle de « tampon » et de « filtre » particulièrement important :

- Les fonctions hydrologiques : les milieux humides sont des «éponges naturelles» qui reçoivent de l'eau, la stockent et la restituent ;
- Les fonctions physique et biogéochimique : elles sont aussi des « filtres naturels », les "reins" des bassins versants qui reçoivent des matières minérales et organiques, les emmagasinent, les transforment et/ou les retournent à l'environnement ;
- La fonction écologique : les conditions hydrologiques et chimiques permettent un développement extraordinaire de la vie dans les milieux humides, véritable réservoir de biodiversité.

### **Actions de la France pour les zones humides**

En France, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie a mis en place un plan national d'action en faveur des zones humides dont le but est d'identifier et de mettre en œuvre les actions les plus pertinentes de façon concertée pour atteindre les objectifs du plan qui s'orientent autour de six axes:

- Renforcer la mise en œuvre de la convention RAMSAR ;
- Développer la connaissance et les outils stratégiques pour la gestion des milieux humides ;
- Entretenir, préserver et reconquérir les milieux humides ;
- Renforcer la prise en compte des milieux humides dans les politiques de gestion territoriale ;
- Avoir une approche territorialisée de la gestion des milieux humides ;
- Mieux faire connaître les milieux humides.

Pour en savoir plus consulter le plan disponible en ligne : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3e\\_plan\\_national\\_d\\_action\\_en\\_faveur\\_des\\_milieux\\_humides\\_2014-2018\\_-2.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3e_plan_national_d_action_en_faveur_des_milieux_humides_2014-2018_-2.pdf).

#### D. ANNEXE 4 : Liste des personnes rencontrées

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes rencontrées au cours de ce projet et mentionnées ci-après par ordre alphabétique :

- Gabriel Borràs Calvo, Oficina Catalana del Canvi Climàtic
- Joan Dalmau, Coopérative Agricole de Castelló d'Empúries
- Rosa Geli, Département Agriculture, Generalitat de Catalunya
- Xavier Laporta, Foresterra
- Andreu Masferrer Clariana, SOREA
- David Pavón Gamero, Université de Gérone
- Pere Planes et Pere Salleres, Communauté d'irrigants de la rive gauche de la Muga
- Alexandre Rocas Jordi et son équipe, Délégation de Gérone, ACA
- Sergio Romero de Tejada Martinez, Parc des Aiguamolls, Département Agriculture, Generalitat de Catalunya
- Olga Sabater, Associació Alt Empordà Turisme, Consell Comarcal del Alt Empordà
- Helena Valent i Nadal, Département Environnement, Consell Comarcal del Alt Empordà
- Xavier Vizcaíno, IAEDEN