

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL ET CONTEXTE DU STAGE	2
1.1 Présentation du bureau d'études Cereg	2
1.2 Exigences DCE.....	3
1.3 Contexte et objectifs de l'expertise sur l'impact des retenues d'eau sur les milieux aquatiques.....	4
1.3.1 Différents types de plans d'eau.....	4
1.3.2 Usages et tendance d'évolution des petites retenues.....	5
1.3.3 Contexte réglementaire	5
1.4 Cas d'étude sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône	6
2 MATERIELS ET METHODE	8
2.1 Etape 1 : Appropriation des données relatives aux plans d'eau, caractéristiques et bibliographie	8
2.2 Etape 2 : Etat des lieux et prospections de terrain sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône.....	8
2.2.1 Bassins versants cibles	8
2.2.2 Matériels de terrain.....	11
2.2.3 Organisation des prospections terrain.....	11
2.3 Etape 3 : Synthèse des données relevées sur le terrain.....	13
3 RESULTATS.....	14
3.1 Impacts des retenues d'eau sur les milieux aquatiques	14
3.1.1 Impacts théoriques.....	14
3.1.2 Impacts observés sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône	16
3.2 Impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et sur les plans d'eau	22
3.2.1 Impacts théoriques.....	22
3.2.2 Impacts possibles sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône	23
4 DISCUSSION	26
4.1 Impacts du changement climatique sur l'impact cumulé des plans d'eau	26
4.2 Difficulté d'évaluation des impacts	26
4.3 Mesures pour limiter l'impact des plans d'eau	27
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE.....	31



ANNEXES.....	33
Annexe 1 : Retenues recensées lors des prospections terrain	33
Annexe 2 : Exemple d'analyse diachronique	34



TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Chiffres clés de Cereg en 2019 (Source : Cereg)	2
Figure 2 : Domaines de compétences de Cereg (Source : Cereg)	3
Figure 3 : Détermination du bon état des masses d'eau selon la DCE (Source : Eaufrance).....	4
Figure 4 : Emplacement des retenues selon leur type d'alimentation (Source : Expertise Scientifique Collective 2017)	5
Figure 5 : Schéma de la démarche générale de l'étude du bassin versant et son lien avec les études des nouveaux projets (Source : Expertise Scientifique Collective 2017 modifié par Audrey GLOAGUEN)	7
Figure 6 : Extraits d'écran de la tablette de terrain (Source : CEREG)	11
Figure 7 : Prise en note des caractéristiques de la retenue sur la tablette terrain (Source : Photographie prise le 04/06/2020)	12
Figure 8 : Mesures physico-chimiques (Source : Photographie prise le 11/06/2020).....	12
Figure 9 : Extraits de la fiche plan d'eau (Source : réalisation personnelle).....	13
Figure 10 : Répartition des usages des plans d'eau sur les bassins versants d'étude (Source : Syndicat des 3 Rivières).....	17
Figure 11 : Impact d'une retenue en dérivation recensée dans le bassin versant du Limony (Source : Photographies prises le 05/06/2020)	18
Figure 12 : Retenue dans le lit mineur du cours d'eau recensée sur le bassin versant de l'Ecoutay (Source : Photographies prises le 04/06/2020).....	19
Figure 13 : Retenue de barrage avec ouvrage de restitution fortement impactant sur le bassin versant du Limony (Source : Photographies prises le 02/06/2020).....	19
Figure 14 : Localisation des mesures physico-chimiques et résultats (Source : réalisation personnelle).....	20
Figure 15 : Processus reliant la température à la disponibilité en oxygène et ses impacts sur les écosystèmes aquatiques (Source : Biotope).....	23
Figure 16 : Températures moyennes mensuelles de 1971 à 2018 (Source : Safran Météo France – analyse Cereg)	24
Figure 17 : Moyenne glissante des températures sur 10 ans de 1971 à 2018 (Source : Données Safran Météo France – analyse Cereg)	24
Figure 18 : Fluctuations mensuelles de l'ETP sur le territoire (Source : Données Safran Météo France – analyse Cereg)	25
Figure 19 : Moyenne glissante sur 10 ans de 1971 à 2018 de l'ETP sur le territoire (Source : Données Safran, Météo France – analyse Cereg)	25
Figure 20 : Schéma de principe du bras de contournement.....	28



TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Typologie de retenues d'eau (Source : Expertise Scientifique Collective 2017)	4
Tableau 2 : Rubriques de la nomenclature loi sur l'eau pouvant concernées les plans d'eau (Source : réalisation personnelle)	6
Tableau 3 : Masses d'eau superficielle, états et objectifs environnementaux (Source : SDAGE RMC)	9
Tableau 4 : Retenues recensées par le syndicat des 3 rivières et leurs caractéristiques (Source : Syndicat des 3 rivières)	16
Tableau 5 : Synthèse des impacts des retenues d'eau sur les milieux aquatiques (Source : réalisation personnelle)	21
Tableau 6 : Mesures envisagées pour limiter l'impact des retenues (Source : réalisation personnelle)	29



INTRODUCTION

D'après les membres du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), « le réchauffement du système climatique est sans équivoque » (GIEC 2019).

Le changement climatique est déjà en cours, certaines régions du globe l'observent plus que d'autres, mais des changements profonds vont avoir lieu dans les années à venir, et ce, quels que soient les efforts de réduction des gaz à effet de serre (Ministère de la transition écologique et solidaire 2018). Les changements vont affecter de nombreux secteurs : l'agriculture, les forêts, le tourisme, l'aménagement du territoire, la protection des populations... Le changement climatique va rendre vulnérable la ressource en eau, que ce soit pour sa qualité ou sa quantité. Ces impacts vont affecter en premier lieu les régions qui sont déjà confrontées à des tensions sur la ressource en eau (Ministère de la transition écologique et solidaire 2018). La lutte pour minimiser les effets du changement climatique est une priorité pour limiter son ampleur, et passe par la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

La prise en compte du changement climatique dans la gestion et la préservation des milieux aquatiques est aujourd'hui nécessaire, les projets doivent s'y adapter.

En réponse aux besoins croissants en eau pour l'irrigation agricole, le nombre de retenues d'eau augmente chaque année. Cette demande de création de tels dispositifs tend à s'accroître du fait du changement climatique (Expertise Scientifique Collective 2017). La quatrième action du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique appuie cette augmentation du nombre de retenues : « Dans une logique multi-usages et dans le respect des SDAGE, optimiser le stockage de l'eau existant et envisager, lorsque cela s'avère utile, la création de stockage d'eau [...] ».

Cependant, les retenues d'eau impactent fortement l'état des cours d'eau, elles vont avoir une influence sur la faune, la flore et la morphologie, alors que les objectifs d'atteinte de bon état écologique font parties des priorités fixées par la Directive Cadre sur l'Eau.

L'un des objectifs de ce stage a été d'évaluer les conséquences des petites retenues¹ d'eau sur les milieux aquatiques.

De plus, la première action du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique consiste à améliorer la connaissance des impacts du changement climatique sur les ressources en eau. **Le deuxième objectif de ce stage s'est inscrit dans ce cadre, afin d'apporter des connaissances concernant les impacts du changement climatique sur les retenues d'eau et l'impact qu'elles auront sur les milieux aquatiques.**

Dans un premier temps, une présentation du contexte du stage, des termes abordés sera réalisée. La deuxième partie exposera les matériels et méthodes qui ont été utilisés ; puis les résultats seront présentés dans une troisième partie. Enfin, une discussion sera réalisée afin d'expliquer et de nuancer les résultats.

¹ Seules les petites retenues sont étudiées dans cette étude. Les retenues considérées comme masse d'eau plan d'eau d'après la typologie de la Directive Cadre sur l'Eau ne sont pas étudiées. Celles-ci ont une superficie supérieure à 50 ha, exceptionnellement comprise entre 20 ha et 50 ha. (Circulaire DCE n°2005-11 du 29/04/05)

1 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL ET CONTEXTE DU STAGE

J'ai effectué mon stage au sein du groupe Cereg, et plus particulièrement au sein de l'agence de Nantes. Ce stage s'est effectué sous la supervision de Maëlle RENOULLIN – ingénieure agronome chef de projets dans le domaine de l'environnement et de la gestion intégrée des ressources en eau.

Différentes missions m'ont été confiées durant ce stage concernant la thématique environnement et milieux aquatiques :

- Création d'un outil permettant **l'évaluation de la franchissabilité des obstacles** par les populations piscicoles à l'aide du protocole ICE (Information sur la continuité écologique) ;
- Participation à l'étude relative à l'impact cumulée **des retenues sur les milieux aquatiques** pour le Syndicat des 3 Rivières (sujet de stage) ;
- Réalisation de l'état des lieux du territoire pour **l'analyse environnementale du PAPI 3 Vistre**, création de fiches projets pour Nîmes Métropole et l'EPTB Vistre ;
- Réalisation de l'état des lieux de l'étude d'impact pour le **projet de rehausse du lac de la Ganne** dans le bassin Aquitain pour EPIDROPT ;
- Mise à jour de la **régularisation de la situation administrative du « Puits de Moussac »** (30) (Déclaration au titre des articles L.214-1 à 6 du Code de l'Environnement, demande d'autorisation de traitement et de distribution des eaux produites par le puits de Moussac...) ;
- Elaboration du **dossier de déclaration au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement pour le renforcement des berges du Rieucross** suite aux intempéries d'octobre 2018 à la Salvetat sur Agout,
- Renforcement de l'équipe environnement - milieux aquatiques lors des **prospections terrain** ;
- Recherches bibliographique sur la **trame noire**, la pollution lumineuse, ses impacts, et la méthodologie pour l'évaluer.

1.1 Présentation du bureau d'études Cereg

Depuis sa création en 1992, Cereg est un bureau d'études spécialisé dans le développement des territoires auprès des collectivités, des services de l'Etat, des aménageurs, des promoteurs et des industriels. (Cereg, 2020)

Le groupe possède **12 agences**, majoritairement présentes dans le Sud de la France. Il compte environ **110 collaborateurs**. Le groupe a ouvert l'agence de Nantes en 2016 (Figure 1).

14 M€ HT DE CHIFFRE D'AFFAIRES	110 COLLABORATEURS	12 AGENCES	800 PROJETS MENÉS / AN
80 M€ DE TRAVAUX DIRIGÉS / AN	1000 KM DE RÉSEAUX DIAGNOSTIQUÉS / AN	500 POINTS DE MESURES / AN	60 DOSSIERS RÉGLEMENTAIRES / AN

Figure 1 : Chiffres clés de Cereg en 2019 (Source : Cereg)

Le cabinet maîtrise trois métiers : les études, les mesures et la maîtrise d'œuvre.

Ces métiers sont complémentaires les uns des autres, les études et les mesures font « émerger la bonne information pour la meilleure décision » (Cereg, 2020), alors que la maîtrise d'œuvre « conçoit les réalisations, coordonne et contrôle leur bonne exécution » (Cereg, 2020).



Ces métiers conjuguent différents **domaines de compétences** (Figure 2).



Figure 2 : Domaines de compétences de Cereg (Source : Cereg)

Le bureau d'études Cereg exerce en particulier son savoir-faire en **gestion intégrée des ressources en eau et des milieux aquatiques, des bassins versants, des rivières**. Ses domaines d'expertises sont notamment :

- Gestion des bassins versants ;
- Entretien et renaturation des cours d'eau ;
- Qualité des eaux ;
- Gestion quantitative des ressources ;
- Gouvernance.

L'équipe environnement, dans laquelle j'ai réalisé mon stage, est composée de 15 personnes. Les membres se situent sur l'antenne de Montpellier, Gémenos, Nice, Rodez et de Nantes, ils collaborent sur certains projets et des échanges constants ont lieu via des logiciels de communication tel que Teams.

1.2 Exigences DCE

La **Directive Cadre sur l'Eau**, adoptée en 2000 par l'Union Européenne, prévoit l'atteinte d'un **bon état écologique** des masses d'eau, c'est-à-dire un **bon fonctionnement** des milieux aquatiques. Les cours d'eau français ont subi de nombreuses dégradations physiques (drainage, rectification...) qui ont altéré le milieu tant du point de vue écologique que chimique. Les pressions sur les milieux aquatiques (prélèvements, rejets...) ne cessent d'amplifier cette altération.

Initialement, l'objectif était d'atteindre ce bon état écologique en 2015 mais l'atteinte de ce bon état est un processus qui est long à mettre en place. Certaines masses d'eau ont donc obtenu des dérogations afin de reporter le délai.

En France, l'évaluation de l'état des masses d'eau prend en compte différents paramètres (biologiques, chimiques, ou quantitatifs) suivant qu'il s'agisse d'eaux de surface ou d'eaux souterraines (Figure 3).

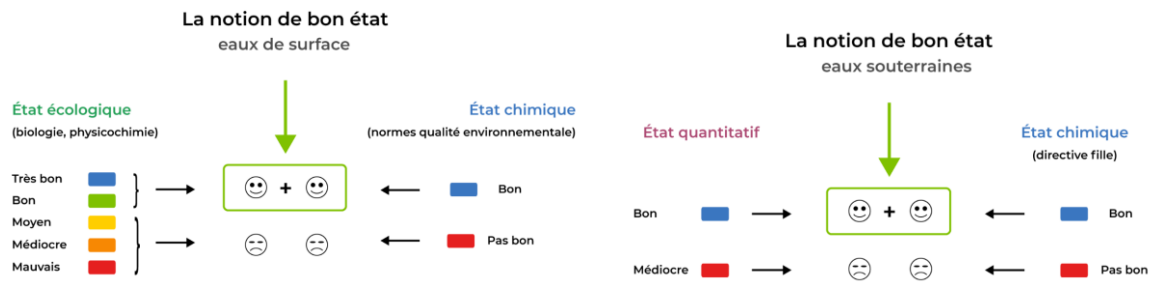


Figure 3 : Détermination du bon état des masses d'eau selon la DCE (Source : Eaufrance)

Dans le cadre de ce stage, seules les masses d'eau superficielle (dont les petites retenues d'eau font parties) seront traitées. Ces retenues vont avoir un impact sur les milieux aquatiques, elles vont alors influencer l'état des masses d'eau superficielle notamment. Le changement climatique va lui aussi faire varier certains paramètres pris en compte dans l'évaluation de l'état des masses d'eau superficielle. Il va par exemple entraîner des précipitations moins importantes tout au long de l'année, ce qui va impacter l'hydrologie des cours d'eau. La qualité des cours d'eau va aussi être influencée du fait de l'augmentation des températures.

La Directive Cadre sur l'Eau fixe pour chaque masse d'eau des objectifs environnementaux. Les masses d'eau superficielles sont évaluées selon deux critères :

- Leur **état chimique** ; qui repose sur les concentrations en 41 substances prioritaires (métaux lourds, produits phytosanitaires, polluants industriels). Les valeurs limites des concentrations dépendent de la Norme de Qualité Environnementale qui protège la santé humaine ainsi que l'environnement.
- Leur **état écologique** ; qui s'appuie sur des éléments de qualité biologiques, hydromorphologique ainsi que physico-chimique.

1.3 Contexte et objectifs de l'expertise sur l'impact des retenues d'eau sur les milieux aquatiques

1.3.1 Différents types de plans d'eau

Afin de comprendre les impacts potentiels des plans d'eau, il a été important d'étudier la typologie de ceux-ci. En effet, ces impacts diffèrent selon le mode d'alimentation de la retenue, le mode de restitution de l'eau au milieu naturel et la connexion au cours d'eau. Selon la méthode proposée par l'expertise scientifique collective (Expertise Scientifique Collective 2017) pour évaluer l'impact cumulé des plans d'eau, il existe 5 types de retenues (Tableau 1 & Figure 4).

Tableau 1 : Typologie de retenues d'eau (Source : Expertise Scientifique Collective 2017)

Connexion au cours d'eau	Type de retenue	Alimentation	Restitution au milieu naturel	Usages
Aucune	Réserve alimentée par pompage dans la nappe	Pompage en nappe	Cours d'eau si vidange	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...)
	Réserve alimentée par pompage dans le cours d'eau	Pompage en cours d'eau ou dans un canal	Cours d'eau si vidange	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...)
	Retenue collinaire	Ruissellement diffus ou concentré, par des talwegs secs et drainage	Cours d'eau si vidange	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...), sans usage



Connexion au cours d'eau	Type de retenue	Alimentation	Restitution au milieu naturel	Usages
Très limitée (restitution)		Source temporaire, zone d'exfiltration, ruissellement concentré et drainage	Ecoulement temporaire	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...), sans usage
Limitée (en dérivation)	Retenue en dérivation	Cours d'eau	Cours d'eau	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...), sans usage, eau potable, loisirs...
Directe (dans le lit)	Retenue de barrage	Sur source ou cours d'eau	Cours d'eau	Prélèvements d'eau (irrigation, usages domestiques...), sans usage, eau potable, loisirs, hydroélectricité...

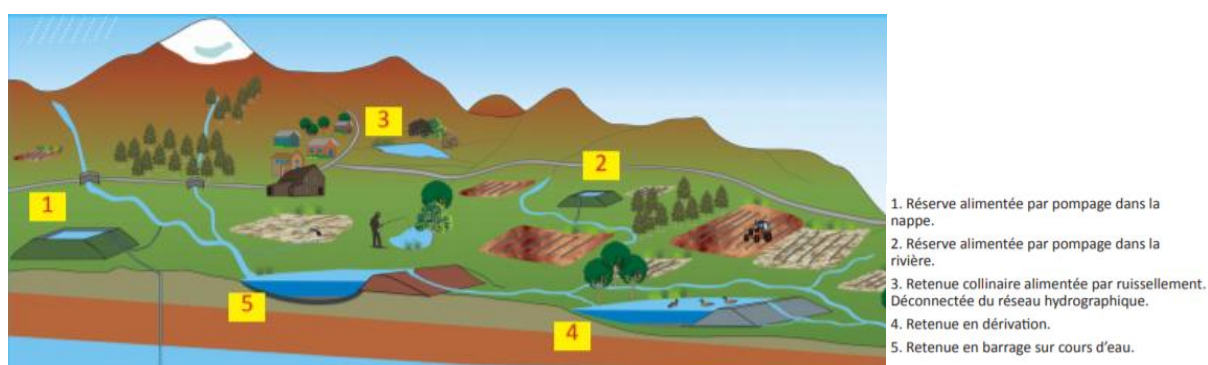


Figure 4 : Emplacement des retenues selon leur type d'alimentation (Source : Expertise Scientifique Collective 2017)

1.3.2 Usages et tendance d'évolution des petites retenues

Le stockage de l'eau a augmenté depuis les années 1950. En 2003, **6700 km³ d'eau** étaient stockés dans le monde, ce qui représenterait environ **70 000 km²** (Expertise Scientifique Collective 2017). Différents facteurs peuvent expliquer cette évolution, notamment les sécheresses et la pression économique des filières agro-alimentaires. En France, un recensement a été effectué en 2000 dans le cadre de l'étude inter-agence sur l'impact des petites réserves artificielles sur les milieux. Cependant, les résultats de cette étude ont révélé des méthodes de qualification de chaque plan d'eau très différentes selon les secteurs, la comparaison des données est donc à nuancer. L'étude avait compté **125 000 ouvrages** sur le territoire national, représentant **3.8 milliards de m³ stockés** (Expertise Scientifique Collective 2017).

Les usages principaux de ces plans d'eau sont l'irrigation, l'aquaculture, la pêche et les loisirs.

Les demandes de création de nouvelles retenues sont en évolution, et elles concernent majoritairement des retenues à usage agricole (irrigation).

1.3.3 Contexte réglementaire

La construction d'une nouvelle retenue nécessite réglementairement une déclaration ou la sollicitation d'une autorisation auprès des services de l'Etat, impliquant de réaliser une étude d'impact environnemental du projet. Depuis la loi engagement national pour l'environnement (loi Grenelle 2) du 12 juillet 2010, une telle étude doit évaluer les effets cumulés avec les autres projets d'ouvrages de stockage d'eau sur le même bassin versant.



La construction de nouvelles retenues est encadrée par la nomenclature loi sur l'eau, définie à l'article R.214-1 du code de l'environnement. Les plans d'eau peuvent être concernés par différentes rubriques (exemple dans le Tableau 2).

Tableau 2 : Rubriques de la nomenclature loi sur l'eau pouvant concernées les plans d'eau (Source : réalisation personnelle)

Rubrique		Procédure
3.2.3.0	Plans d'eau, permanents ou non :	
	1) dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha 2) dont la superficie est supérieure à 0.1 ha mais inférieure à 3 ha	Autorisation Déclaration
3.2.5.0	Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112.	Autorisation

D'autres rubriques peuvent aussi être associées au plan d'eau pour :

- Les prélèvements d'eau ;
- Les travaux et ouvrages, amovibles ou non, dans le lit d'un cours d'eau permettant le prélèvement d'eau ;
- L'implantation du plan d'eau en lit majeur de cours d'eau, ou en zone humide ;
- La production piscicole extensive avec vente de poissons.

Par ailleurs, les projets de création de nouvelles retenues doivent aussi être compatibles avec le SDAGE et le SAGE lorsqu'ils existent.

Le changement climatique va perturber tous les usages de la ressource en eau. Pour répondre à la demande en eau croissante, des retenues d'eau vont être créées. Ces retenues d'eau ont un impact sur les milieux aquatiques, et vont à leur tour altérer la ressource en eau.

L'objet de ce stage est de comprendre et mettre en relation les impacts des retenues d'eau et du changement climatique sur les milieux aquatiques. Ce travail permettra d'anticiper les futures problématiques rencontrées et de les prendre en compte dans les futurs projets qui seront menés.

1.4 Cas d'étude sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône

L'Office français de la biodiversité (OFB) a financé une expertise collective ayant conduit à l'élaboration d'un rapport méthodologique proposant une démarche et des outils d'évaluation de l'impact cumulé des retenues et plans d'eau.

De manière à conforter cette méthode et proposer des recommandations opérationnelles, l'OFB a lancé un appel à projet afin de tester la démarche et les outils sur différents territoires. A l'échelle nationale, 8 territoires ont été retenus pour mener ce travail, dont les bassins versant de la Cance et des affluents directs du Rhône du périmètre du Syndicat des Trois Rivières (Cance, Ecoutay, Valencize, Torrenson...).

Compte tenu du niveau technique attendu et du caractère pluridisciplinaire de l'étude, le Syndicat a fait le choix de lancer un marché de consultation des entreprises et CEREG, en co-traitance avec Aquabio, a été retenu pour la sous-traitance de l'étude.

De par le budget, les délais de réalisation et l'étendue du territoire, la méthodologie avancée par Cereg se base sur le diagnostic de deux bassins versants sur le territoire du syndicat : l'Ecoutay et le Limony. L'étude réalisée dans ce rapport s'intègre dans cette démarche, et plus précisément au sein des phases marquées d'une étoile rouge sur la Figure 5. Ce stage s'est intéressé aux premières réflexions sur les impacts des plans d'eau, le lien avec les milieux aquatiques et le changement climatique. Cependant, il s'agit d'une longue étude, la réflexion sur cette étude va se poursuivre jusqu'en 2022.



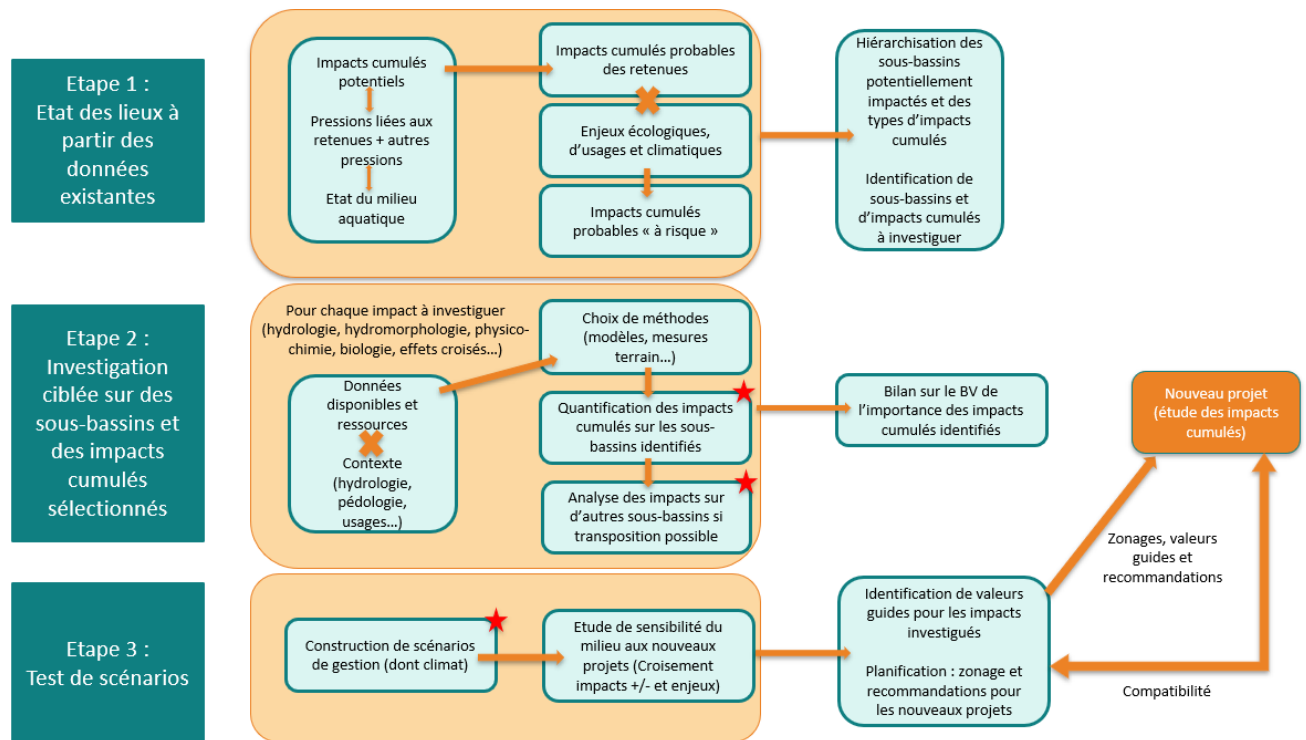
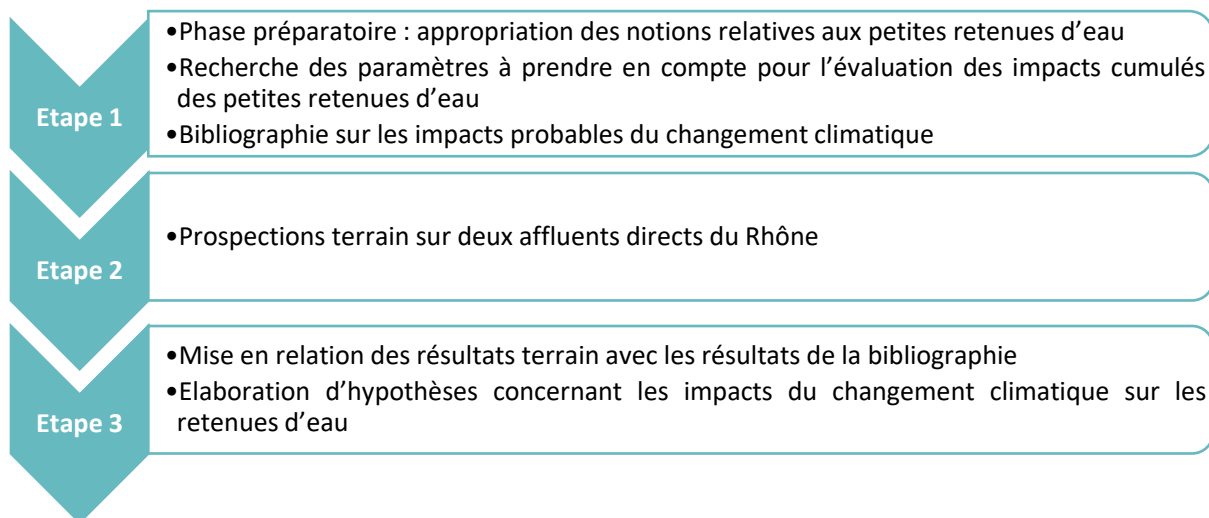


Figure 5 : Schéma de la démarche générale de l'étude du bassin versant et son lien avec les études des nouveaux projets (Source : Expertise Scientifique Collective 2017 modifié par Audrey GLOAGUEN)



2 MATERIELS ET METHODE



2.1 Etape 1 : Appropriation des données relatives aux plans d'eau, caractéristiques et bibliographie

Avant même de commencer à chercher les impacts des plans d'eau sur le milieu et les impacts du changement climatique sur les plans d'eau, il a fallu que je m'approprie les notions liées à mon sujet de stage.

Cette étape m'a permis d'enrichir mes connaissances sur les milieux aquatiques et de cerner les attentes du bureau d'études sur ma participation à l'étude.

Grâce à mes recherches bibliographiques et aux échanges que j'ai eu avec mes deux collègues, j'ai pu définir le changement climatique, ses impacts, les différents types de retenues d'eau et les paramètres à prendre en compte pour qualifier celles-ci.

Avant de se rendre sur le terrain, il a fallu adapter les outils Cereg (logiciel SIG sur la tablette terrain) afin d'apporter plus de détails sur le terrain concernant les plans d'eau que nous visiterions. Nous avons donc cherché les paramètres importants à noter et construit une couche SIG « plans d'eau » que nous allions renseigner.

2.2 Etape 2 : Etat des lieux et prospections de terrain sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône

2.2.1 Bassins versants cibles

Bassin versant du Limony

Le bassin versant du Limony s'étend sur près de 47 km². Il se situe à moitié sur le département de la Loire et l'autre moitié sur le département de l'Ardèche. Les têtes de bassin-versant se trouvent en zone montagneuse. Ce bassin versant est peu équipé en retenues, il sert donc de référence.

Bassin versant de l'Ecoutay

Le bassin versant de l'Ecoutay prend sa source sur la commune de Peaugres. Il trace ensuite la frontière entre les communes de Colombier-le-Cardinal et St Cyr, puis traverse la commune de St Désirat et



enfin Andance. Il se jette dans le Rhône après un parcours de 12 km. Ce bassin est très équipé en retenues et fortement impacté par les ouvrages (Syndicat des 3 rivières).

Au total, trois masses d'eau superficielle sont présentes sur ces deux bassins versants. Elles sont en état mauvais pour l'Ecoutay, médiocre pour le Limony et moyen pour le ruisseau du Pontin (Tableau 3). La morphologie et l'hydrologie font parties des paramètres déclassants, ce qui peut être lié à la présence des retenues sur le linéaire.

Tableau 3 : Masses d'eau superficielle, états et objectifs environnementaux (Source : SDAGE RMC)

Code MESU	Nom MESU	Etat des lieux SDAGE 2022-2027			SDAGE 2016-2021			
		Etat écologique	Etat chimique	Etat chimique sans ubiquistes	Objectifs d' état	Échéance objectifs d' état écologique	Échéance objectifs d' état chimique	Paramètre faisant l' objet d' une adaptation
FRDR465	ECOUTAY	MAUVAIS	BON	BON	BON ÉTAT	2027	2015	Matières organiques et oxydables, hydrologie, morphologie, pesticides
FRDR468	LIMONY	MEDIOCRE	BON	BON	BON ÉTAT	2027	2027	Morphologie, hydrologie
FRDR11880	RUISSEAU DU PONTIN	MOYEN	BON	BON	BON ÉTAT	2021	2015	Morphologie, matières organiques et oxydables

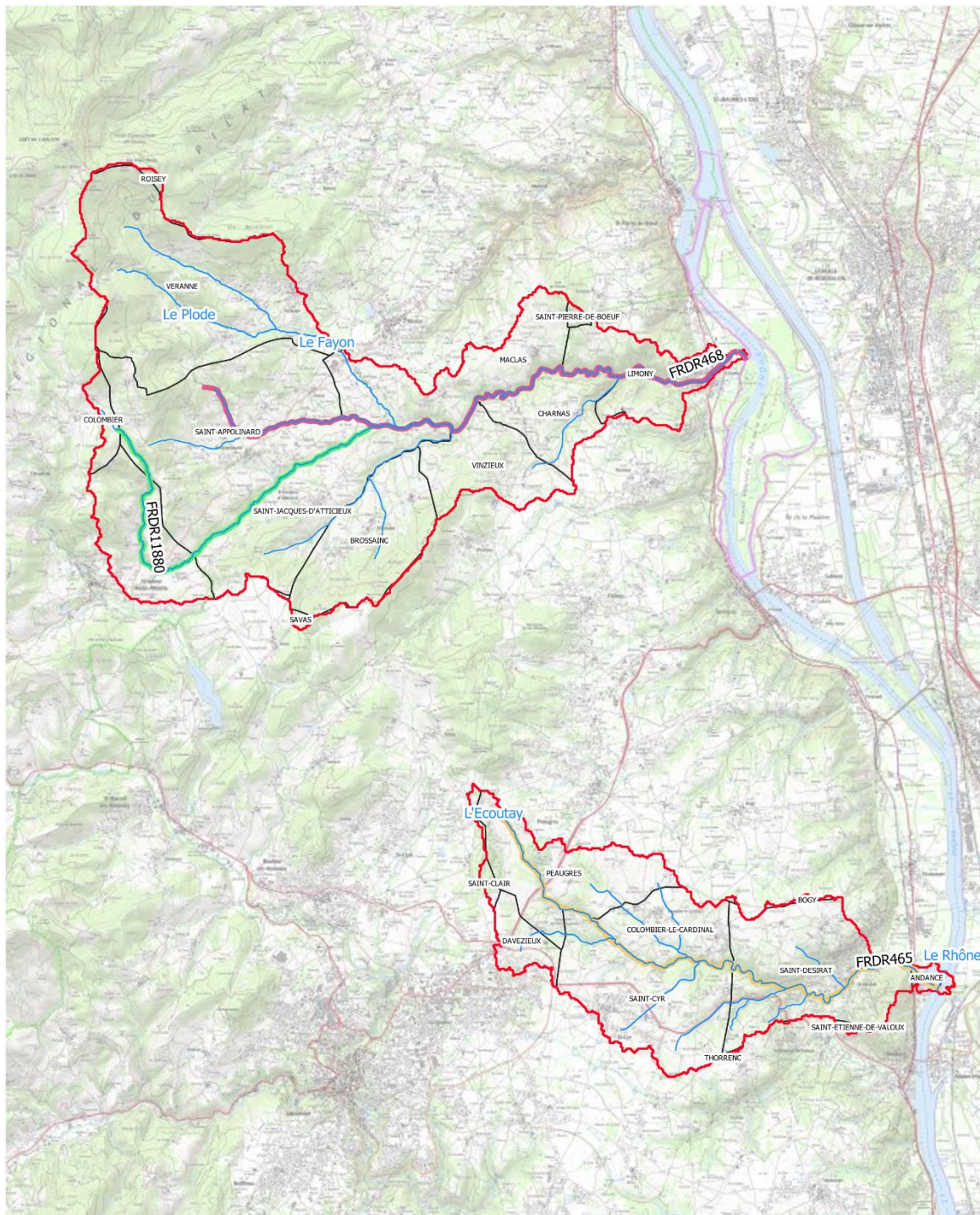
➤ *Carte 1 : Localisation géographique*

Syndicat des 3 rivières



Evaluation de l'impact cumulé des retenues sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents direct du Rhône

Localisation géographique



Carte élaborée par Cereg le 05/08/2020 | Source : Scan25 IGN - Admin Express IGN - BD Carthage

LEGENDE

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| Réseau hydrographique | Masse d'eau superficielle |
| Bassin versant cible | FRDR11880 |
| Limite communale | FRDR465 |
| | FRDR468 |



0 150 300 m



2.2.2 Matériels de terrain

- Véhicules de terrain
- Tablettes et appareil photo intégrés (cf. chapitre ci-dessous)
- Mire topographique
- Waders et autres vêtements de terrain adaptés
- Carnets de cartographie
- Courantomètre électromagnétique BFM
- Sondes multi paramètres Hach
- Mètre 5m
- Décamètre 25m

Les tablettes de terrain sont équipées d'un logiciel SIG qui permet de réaliser des saisies automatiques de données tout en les localisant sous fond cartographique et complétées par des photographies (par exemple : description d'un ouvrage, embâcle, zone d'érosion...) (Figure 6).

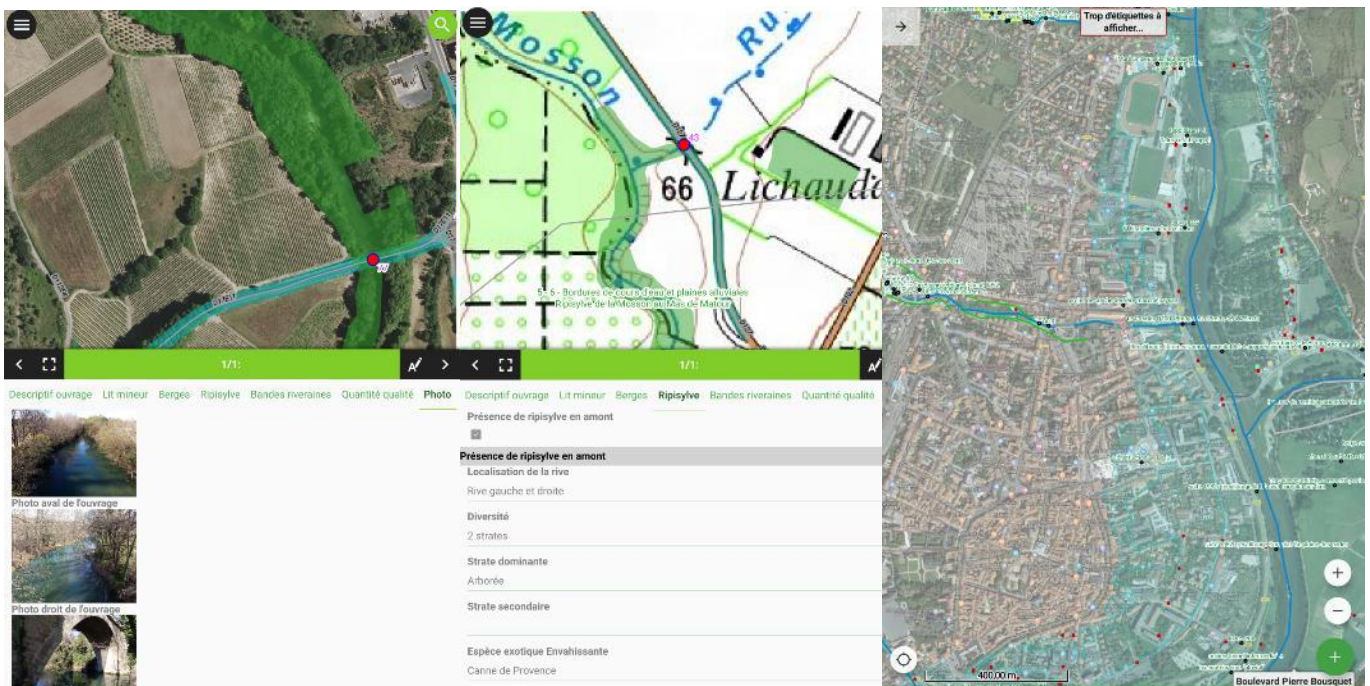


Figure 6 : Extraits d'écran de la tablette de terrain (Source : CEREG)

2.2.3 Organisation des prospections terrain

Les prospections terrain ont été réalisées du 2 juin 2020 au 12 juin 2020 malgré des niveaux d'eau assez bas, la crise sanitaire liée au coronavirus ne permettant pas de les réaliser plus tôt.

Afin d'étudier l'impact des plans d'eau sur le territoire, nous avons parcouru un peu plus de 50 km de linéaire de cours d'eau sur les bassins versants. Pour des raisons de sécurité, Marie et moi formions un binôme. Différents paramètres décrivant les caractéristiques hydro-morphologiques des cours d'eau ont été relevés, permettant de décrire le milieu dans son état actuel. Une attention particulière a été

portée à la description des retenues d'eau (connexions au cours d'eau, alimentation, rejets, usages...) (Figure 7).



Figure 7 : Prise en note des caractéristiques de la retenue sur la tablette terrain (Source : Photographie prise le 04/06/2020)

Des relevés physico-chimiques ont été réalisés et seront réalisés lors de prochaines prospections terrain avec des sondes permettant de mesurer le pH, l'oxygène dissous, la conductivité et le potentiel redox (Figure 8).



Figure 8 : Mesures physico-chimiques (Source : Photographie prise le 11/06/2020)


2.3 Etape 3 : Synthèse des données relevées sur le terrain

De retour du terrain, nous avons trié toutes les données acquises. En collaboration avec ma collègue, j'ai créé une fiche permettant de recenser toutes les informations pour chaque plan d'eau (Figure 9). J'ai ainsi pu élaborer des hypothèses, en prenant en compte les caractéristiques du territoire étudié, concernant l'impact des plans d'eau sur les milieux aquatiques et sur l'évolution probable des milieux aquatiques vis-à-vis du changement climatique.

La fiche se décompose en différentes parties :

- Localisation (bassin versant, masse d'eau, coordonnées...) ;
- Caractéristiques du plan d'eau (type de plan d'eau, alimentation, usages, mode de restitution, géométrie du plan d'eau, géométrie de l'ouvrage de restitution ...) (Figure 9) ;
- Milieux aquatiques associés (comparaison du secteur amont / aval, ...) ;
- Etat des lieux morphologique (débit, ligne d'eau, lit mineur, berges, ripisylve, bandes riveraines...) ;
- Diagnostic de l'impact de la retenue sur les milieux aquatiques (Figure 9).

DESCRIPTION DE LA RETENUE



Type de plan d'eau : Etat de fonctionnement :

Surface de la retenue : m² Volume stocké : m³

Restitution au milieu naturel : Disponibilité de restitution :

Caractéristiques de l'ouvrage de restitution :

Disponibilité de franchissement piscicole : Alimentation principale : Usage actuel :

Remarques :

Diagnostic de l'impact de la retenue sur les milieux aquatiques

Lindaire	Impact de la retenue			Commentaire
	Amont	Cours/cour-circulé	Aval	
Débit/Ecoulements	Nul	Faible	Faible	
Ligne d'eau	Nul	Faible	Faible	
Lit mineur	Faible	Faible	Moyen	
Berges	Faible	Faible	Faible	
Ripisylve	Faible	Faible	Nul	
Bandes riveraines	Nul	Faible	Nul	
Qualité des eaux	Faible	Faible	Faible	
Continuité	Faible	Faible	Faible	
Remarques	<input type="text"/>			

Figure 9 : Extraits de la fiche plan d'eau (Source : réalisation personnelle)

3 RESULTATS

3.1 Impacts des retenues d'eau sur les milieux aquatiques

Les retenues favorisent certains processus physiques, chimiques et biologiques qui vont être détaillés dans les parties suivantes.

3.1.1 Impacts théoriques

3.1.1.1 Impacts abiotiques

Hydrologie & morphologie

L'impact des retenues sur l'hydrologie des cours d'eau va majoritairement être lié aux pertes qui ont lieu dans la retenue mais aussi à son mode d'alimentation et son mode de restitution au milieu naturel. Lorsque les retenues sont implantées en barrage de cours d'eau, elles vont retenir pour une durée plus ou moins longue une partie ou la totalité de l'eau de la rivière (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001). Une fois dans la retenue, l'eau va être soumise à deux processus : l'évaporation et l'infiltration des eaux. Les pertes d'eau par infiltration vont être fonction de la perméabilité du sol et de la piézométrie de la nappe (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001). Les pertes d'eau par évaporation vont quant à elles dépendre des conditions climatiques du milieu.

L'ouvrage de restitution est aussi un déterminant majeur de l'influence de la retenue. En effet, cet ouvrage détermine le temps de séjour de l'eau dans la retenue et le débit à l'aval de celle-ci. Le cas le plus impactant est celui du barrage, qui retiendra les eaux pour une durée indéterminée (sauf vidange), et qui ne laissera passer que le débit réglementaire (ou débit réservé)   l'aval. Les deux parties du cours d'eau seront alors totalement déconnectées.

Les retenues d'eau ont tendance à amplifier les étiages. En effet, en automne, les retenues présentent un niveau d'eau relativement bas ; les prélèvements, l'évaporation et l'infiltration qui ont eu lieu en été ont considérablement fait diminuer le volume d'eau. Lorsque les premières pluies automnales arrivent, une recharge du cours d'eau est censée se réaliser. Avec la retenue, le cours d'eau ne va pas bénéficier de cette recharge et toute l'eau va être captée dans la retenue (Faure 2006). Les retenues d'eau vont donc prolonger les périodes d'assec des cours d'eau sur lesquels elles sont implantées.

La morphologie du cours d'eau va aussi subir des modifications liées à la retenue. Lorsqu'il s'agit d'une retenue de barrage, les eaux vont entrer dans la retenue, vont être ralenties et toute l'énergie du cours d'eau va se dissiper. Un dépôt de sédiments va alors se produire dans la retenue (Faure 2006), pouvant par la même occasion entraîner des problèmes de comblement des retenues. Les sédiments s'étant déposés en amont de l'ouvrage, l'aval va être dépourvu d'apports sédimentaires, il y aura donc un déficit, entraînant une incision du lit mineur en aval de l'ouvrage (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001).

Physico-chimie

Les retenues vont avoir de nombreux impacts sur les paramètres physico-chimiques de l'eau et donc sur sa qualité.

Température

Les retenues d'eau peuvent impacter la température du cours d'eau. Cet impact va dépendre de la surface et de la profondeur de la retenue. Plus la surface est importante, plus il y aura d'échange entre l'air et l'eau. Les eaux de surface vont ainsi se réchauffer (Faure 2006), provoquant une différence entre l'amont de la retenue qui sera plus froid que l'aval. Cet impact va s'amplifier en fonction du dispositif de restitution de la retenue au milieu naturel (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001). En effet, si

le dispositif est une surverse, seules les eaux de surface vont atteindre l'aval de la retenue, et il s'agit des eaux les plus chaudes. L'impact est moindre si le dispositif est une vanne de fond par exemple, qui laissera s'écouler des eaux qui se seront moins réchauffées (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001).

Oxygène dissous

La diminution du débit et des vitesses d'écoulement des eaux liée à la retenue va réduire les échanges d'oxygène entre l'air et l'eau. Les températures plus élevées vont diminuer la solubilité de l'oxygène dans l'eau, et augmenter le besoin pour la respiration benthique (Davies 2010). Ces deux phénomènes vont entraîner une diminution de la concentration en oxygène dissous entre l'amont et l'aval de la retenue (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001).

Nutriments

L'entrée dans la retenue et la perte d'énergie associée va produire la sédimentation des particules solides contenues dans l'eau (Expertise Scientifique Collective 2017). Cette sédimentation va entraîner la décantation du phosphore, des éléments traces métalliques et de certains pesticides auparavant fixés sur les particules.

L'anoxie liée au réchauffement des températures va aussi favoriser la dénitrification, c'est-à-dire la transformation du gaz en oxygène (Expertise Scientifique Collective 2017).

pH

L'activité photosynthétique qui a lieu dans les eaux de surface va augmenter le pH. Le mode de restitution va ensuite impacter plus ou moins les eaux à l'aval de la retenue. Si la retenue est une surverse, le pH à l'aval de la retenue va avoir tendance à augmenter. A l'inverse, si la restitution est une vanne de fond, les eaux seront moins impactées grâce à l'activité bactérienne qui baisse le pH des eaux en profondeur du plan d'eau (CACG, GEOSYS, et HYDROSPHERE 2001).

3.1.1.2 Impacts biotiques

Biodiversité

Les impacts des retenues sur la faune et la flore sont contrastés.

En effet, lors de la création de la retenue, le milieu existant va être modifié, les habitats vont donc changer et la faune et la flore originelle vont disparaître. De nombreuses retenues sont construites sur des zones humides, elles vont donc en modifier l'état, et les services écosystémiques rendus par la zone humide n'en seront plus. Cependant, certaines de ces retenues sont construites sur des parcelles qui n'étaient pas humides naturellement, et vont donc créer de nouveaux habitats pour la faune et la flore inféodées aux milieux lenticques (odonates, oiseaux...) (GUEGUEN 2013).

L'impact d'une retenue sur le cours d'eau va aussi dépendre des ouvrages qui la composent. Si la retenue est sur le cours d'eau, mais qu'elle ne présente pas d'ouvrage infranchissable pour les espèces aquatiques, elle n'aura que très peu d'influence sur la biodiversité. Au contraire, si l'ouvrage de restitution est infranchissable, la retenue va rompre la continuité écologique. Les espèces de poissons anadromes ont par exemple besoin d'accéder aux frayères pour se reproduire. Si les retenues coupent l'accès aux frayères, ces espèces sont susceptibles de disparaître totalement d'un bassin versant (Expertise Scientifique Collective 2017). Il est alors important d'évaluer la franchissabilité des ouvrages afin de qualifier réellement l'impact de la retenue.

Les retenues d'eau sont sensibles à l'invasion d'espèces exotiques voire envahissantes car elles sont plus résistantes à l'enrichissement en nutriments, aux conditions environnementales et aux pressions anthropiques. Il est ainsi possible de retrouver des espèces floristiques telles que la Grand Lagarosiphon (*Lagarosiphon major*) ou des espèces faunistiques telles que la Perche soleil (*Lepomis gibbosus*) ou les ragondins (*Myocastor coypus*) (ONEMA 2015). Une fois installées, ces espèces vont

ensuite coloniser le cours d'eau, portant préjudice aux espèces autochtones (Expertise Scientifique Collective 2017).

Eutrophisation

Les retenues d'eau vont être plus sensibles à l'eutrophisation. Le terme eutrophisation désigne un processus naturel d'augmentation de la production de matières organiques accompagnant l'évolution d'un écosystème aquatique sur des temps géologiques, jusqu'à son éventuel comblement. Mais l'eutrophisation peut aussi être d'origine anthropique. Ce terme désigne le « syndrome d'un écosystème aquatique associé à la surproduction de matières organiques induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote » (INRA et al. 2017).

Ce phénomène est lié au ralentissement des écoulements, qui permet le développement de certaines communautés végétales telles que les algues. Il est aussi lié à l'augmentation de l'évapotranspiration, qui diminue le volume d'eau dans la retenue et concentre les nutriments, tels que le phosphore et les nitrates (Jeppesen et al. 2015). Lorsque ces algues se décomposent, elles augmentent la quantité de matières organiques biodégradables dans le milieu aquatique. Les bactéries aérobies prolifèrent alors à leur tour, entraînant une consommation excessive d'oxygène et diminuant l'oxygène dissous dont se servent les poissons pour respirer (INRA et al. 2017).

3.1.2 Impacts observés sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône

Description des retenues

De nombreuses retenues à usage agricole ont été recensées sur le territoire d'étude. Ces retenues se situent majoritairement sur le lit mineur.

D'après le Syndicat des 3 Rivières, 107 retenues sont présentes dans le bassin versant de l'Ecoutay et du Limony (Figure 10 & Tableau 4).

Tableau 4 : Retenues recensées par le syndicat des 3 rivières et leurs caractéristiques (Source : Syndicat des 3 rivières)

Usages du plan d'eau	Nombre de plans d'eau		Mode d'alimentation				
	Ecoutay	Limony	Ruissellement	Sur source	Sur cours d'eau	En dérivation	Inconnu
Agrément	2	2	3	0	0	1	0
Agricole	23	33	30	6	16	2	2
Arrosage jardin	1	1	2	0	0	0	0
Espace privé loisirs	3	1	2	0	2	0	0
Inconnu	15	12	16	5	5	0	1
Pêche	1	0	0	0	1	0	0
Sans usage	0	8	3	0	3	1	1
Total	45	57	56	11	27	4	4

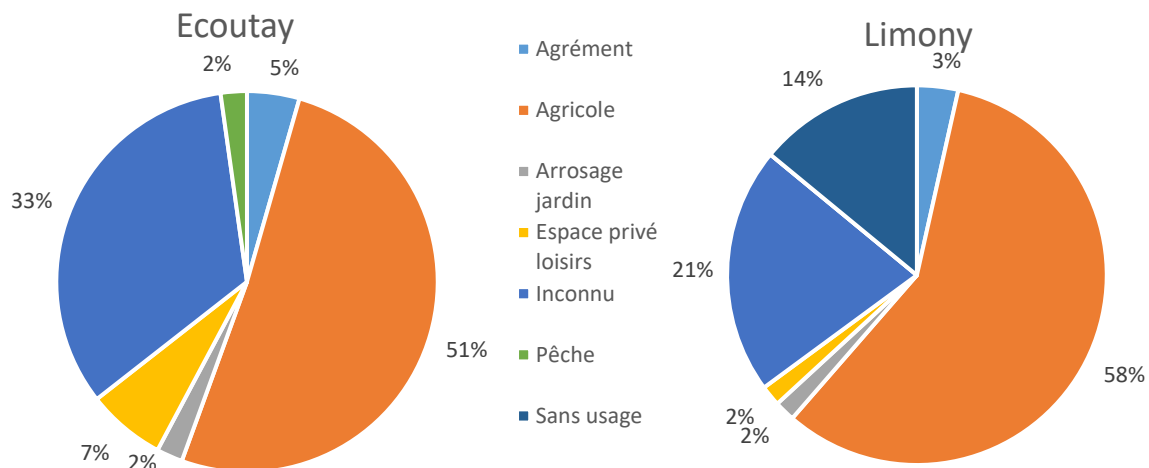


Figure 10 : Répartition des usages des plans d'eau sur les bassins versants d'étude (Source : Syndicat des 3 Rivières)

Lors des prospections terrain, l'intégralité des linéaires des deux bassins versants n'a pas été parcourue. Nous avons recensé les retenues présentes sur le cours d'eau, ou en dérivation, mais pas les retenues collinaires. Une présélection des linéaires à parcourir avait été réalisée grâce à l'inventaire des plans d'eau établi par le Syndicat des 3 rivières, nous permettant ainsi de prospecter seulement les cours d'eau présentant des plans d'eau et pouvant ainsi être « intéressants » pour l'étude. Malgré cela, l'usage agricole des retenues restait l'usage dominant.

Ainsi, 19 retenues sur le cours d'eau ont été recensées, 2 retenues en dérivation et 3 alimentées par pompage en rivière (Annexe 1). Les relevés de terrain suivent donc les tendances données par l'inventaire du syndicat des 3 rivières.

Impacts observés

Les impacts observés lors des prospections terrain dépendaient du mode d'alimentation et du mode de restitution du plan d'eau (Figure 11). En effet, plusieurs retenues en dérivation ou alimentées par pompage captaient toute l'eau présente dans le cours d'eau, et laissaient ainsi le lit naturel en assec. Cet impact est sûrement moindre en période de hautes eaux.

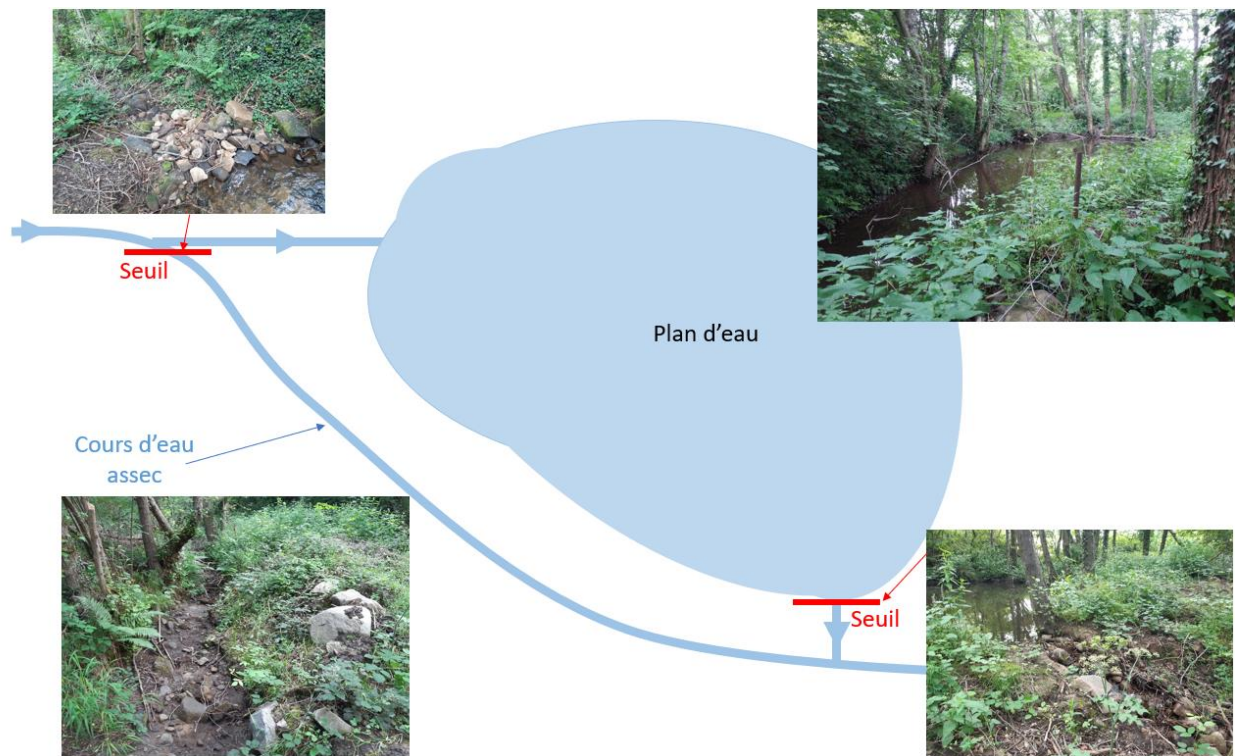


Figure 11 : Impact d'une retenue en dérivation recensée dans le bassin versant du Limony (Source : Photographies prises le 05/06/2020)

Les deux bassins versants étudiés se situent en zone montagneuse, ils présentent donc des pentes relativement élevées. Pour la majorité des retenues du terrain d'étude, peu de changements sur l'hydromorphologie des cours d'eau en amont en aval de la retenue ont été recensés. Sur la Figure 12, il est possible de voir que l'hydromorphologie du cours d'eau à l'amont et à l'aval du cours d'eau est semblable. En effet, grâce aux pentes présentes sur les deux bassins versants d'étude, le cours d'eau retrouve rapidement son équilibre dynamique. L'impact des retenues est donc négligeable sur l'hydromorphologie du cours d'eau à l'amont et à l'aval.





A : cours d'eau à l'amont de la retenue ; B : Retenue d'eau ; C : Cours d'eau à l'aval de la retenue

Figure 12 : Retenue dans le lit mineur du cours d'eau recensée sur le bassin versant de l'Ecoutay (Source : Photographies prises le 04/06/2020)

Seules les retenues les plus importantes avec les ouvrages de fuite les plus imposants présentaient un réel impact. L'hydromorphologie du cours d'eau aval est totalement altérée, comme pour la retenue de barrage présentée sur la Figure 13, pour laquelle les berges, le substrat ou encore le lit mineur sont totalement altérés.



A : cours d'eau à l'amont de la retenue ; B : Retenue d'eau ; C : Ouvrage de restitution = surverse ; D : Cours d'eau à l'aval immédiat de la retenue

Figure 13 : Retenue de barrage avec ouvrage de restitution fortement impactant sur le bassin versant du Limony (Source : Photographies prises le 02/06/2020)

Des mesures physico-chimiques de l'eau ont été effectuées à l'amont et à l'aval d'un plan d'eau sur l'Écoutay (Figure 14). Les résultats montrent :

- une **augmentation de la température de l'eau** de plus de 2.5°C entre l'amont et l'aval de la retenue ; sûrement liée au fait qu'il s'agit d'une restitution des eaux par surverse, ce qui ne laisse s'écouler que les eaux de surface s'étant réchauffées ;
- une forte **diminution du taux de saturation en oxygène** (83.7% à l'amont, 46.2% à l'aval); liée à l'augmentation des températures qui diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau, à une demande plus forte d'oxygène par les populations aquatiques du fait de la hausse des températures ainsi qu'à la diminution des échanges entre l'air et l'eau à cause du ralentissement des écoulements (ECOSPHERE, HYDROSPHERE 2001) ;
- une légère **augmentation du pH** (6.37 à l'amont et 6.54 à l'aval) ; liée à l'activité photosynthétiques en grande partie dans les eaux de surface, qui vont se déverser par la surverse et augmenter le pH à l'aval (CACG, GEOSYS, et HYDROSPHERE 2001).

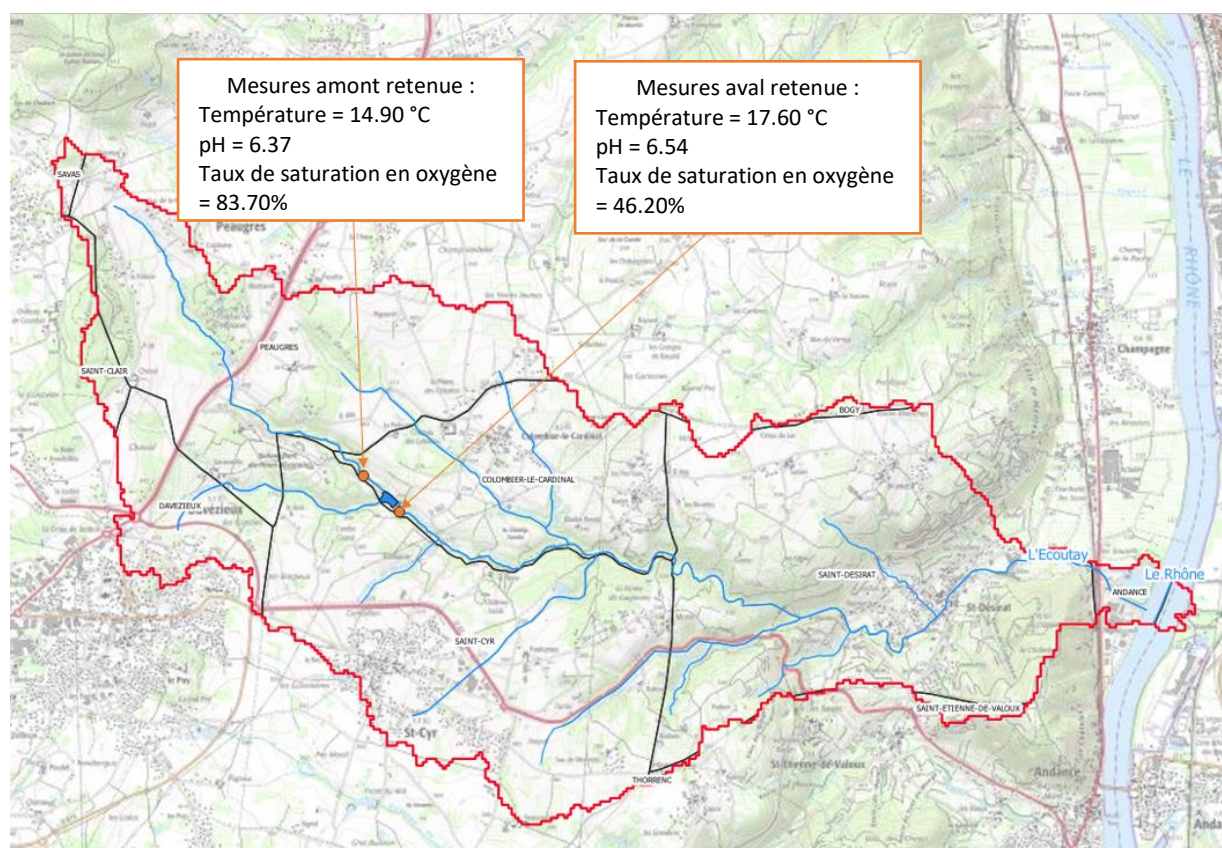


Figure 14 : Localisation des mesures physico-chimiques et résultats (Source : réalisation personnelle)

Cependant, l'étude ne fait que commencer, peu de résultats ont été obtenus puisqu'elle durera jusqu'en 2022 et que la crise du coronavirus a engendré un retard dans la réalisation de l'étude. D'autres campagnes de terrain auront lieu à des périodes hydrologiques différentes, des études hydrauliques et physico-chimiques plus approfondies et sur un plus grand nombre de retenues ainsi que des évaluations écologiques vont avoir lieu.

Tableau 5 : Synthèse des impacts des retenues d'eau sur les milieux aquatiques (Source : réalisation personnelle)

<i>Impacts</i>	<i>Impacts positifs</i>	<i>Impacts négatifs</i>
Impacts sur l'hydromorphologie	<ul style="list-style-type: none"> Constitution d'une ressource par stockage de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> Piège à sédiments Appauvrissement des apports sédimentaires en aval Modification du débit à l'aval de la retenue Augmentation des périodes d'assec
Impacts sur la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Captage des nutriments → épuration des eaux 	<ul style="list-style-type: none"> Réchauffement du cours d'eau à l'aval Diminution de la teneur en oxygène dissous Augmentation du pH
Impacts biotiques	<ul style="list-style-type: none"> Création de nouveaux habitats pour les espèces des milieux lenticques 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbation / disparition d'habitats (tourbières, marais...) Perturbation / disparition des espèces liées à ces habitats Obstacle à la continuité écologique Développement de cyanobactéries → tendance à l'eutrophisation Milieu propice au développement d'espèces invasives

3.2 Impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et sur les plans d'eau

3.2.1 Impacts théoriques

3.2.1.1 Impacts abiotiques

Augmentation des températures

Le changement climatique va entraîner une augmentation des températures des rivières. Ce réchauffement est lié d'une part à l'augmentation des températures de l'air, qui vont plus échanger de chaleur avec la surface de l'eau, mais aussi à la réduction des débits dans les cours d'eau (van Vliet et al. 2013).

L'augmentation des températures liée au changement climatique est certaine pour les milieux aquatiques. Cette augmentation va être d'autant plus grande pour les retenues, qui présentent souvent une largeur plus importante. En effet, la température de l'eau dépend de l'ensoleillement et de la température de l'air. Ainsi, pour des cours d'eau de faible largeur, présentant une ripisylve assez dense, l'ombrage sera important, ce qui va permettre de diminuer les effets de l'ensoleillement (Rutherford et al. 1997). Les retenues d'eau, quant à elles, ont une largeur trop importante pour profiter de l'ombrage, provoquant ainsi un réchauffement encore plus conséquent des eaux de surface (Aubé 2016).

Modification de l'hydrologie

Les précipitations vont diminuer dans le futur (GIEC 2019), ce qui va entraîner un changement dans l'hydrologie du cours d'eau. A l'échelle du bassin Rhône méditerranée, auquel appartiennent les deux bassins versants d'étude, les modules et les débits d'étiage devraient diminuer respectivement de -10 à -40% et de -10 à -60% (Aubé 2016).

La diminution des débits va entraîner la diminution des apports d'eau dans la retenue, qui ne se rempliront donc pas au maximum de leur volume de stockage. Les retenues présentant des ouvrages de sorties par surverse auront alors encore plus d'impacts, car la période de surverse sera écourtée dans l'année. Cette diminution des débits des cours d'eau va entraîner une perte de la connectivité latérale du lit mineur avec son lit majeur. En effet, les faibles débits n'entraîneront plus de débordements hors du lit, ce qui va porter préjudice aux espèces se reproduisant dans les plaines d'inondation par exemple, ou aux espèces végétales du lit majeur. Si on ajoute à cela le fait que les retenues auront tendance à capter toute l'eau pour se remplir, les prédictions montrent que le lit majeur et les plaines d'inondation vont s'assécher. Cet assèchement sera aussi la conséquence de l'augmentation de l'évapotranspiration² liée à la hausse des températures. En effet, ce phénomène correspond à l'émission de la vapeur d'eau, et est le résultat de l'évaporation (liée au climat) et de la transpiration des plantes (Ducharne et al. 2003).

Diminution de l'oxygène dissous

Comme évoqué dans le chapitre 3.1.1.1, les températures plus élevées vont diminuer la solubilité de l'oxygène dans l'eau, et augmenter le besoin pour la respiration benthique (Davies 2010). Cet impact va être d'autant plus important dans les retenues, car celles-ci ont déjà tendance à augmenter les températures.

² L'émission de la vapeur d'eau ou évapotranspiration (exprimée en mm), résulte de deux phénomènes : l'évaporation, qui est un phénomène purement physique, et la transpiration des plantes.) (Actu environnement)

▲ Augmentation du risque inondation

D'après le GIEC, le changement climatique va entraîner une intensification et une multiplication des épisodes climatiques extrêmes, tels que les pluies. Ces épisodes vont augmenter le risque inondation, entraînant alors plus d'érosion des sols. Au final, cette érosion va détériorer les berges et le ripisylve des cours d'eau, ce qui va augmenter les altérations déjà produites pour les retenues.

3.2.1.2 Impacts biotiques

Le cycle de vie des espèces inféodées aux milieux aquatiques dépend de leur environnement. Avec le changement climatique, il se voit perturbé, et leur mode de vie aussi.

Le changement climatique va entraîner une modification des habitats pour la biodiversité aquatique : augmentation des températures de l'eau, diminution de l'oxygène dissous, diminution des débits, rupture de la connectivité latérale (Filipe, Lawrence, et Bonada 2012).

L'ensemble des fonctions vitales des poissons, telles que le métabolisme, le taux d'ingestion et de digestion, la reproduction, dépendent des conditions environnementales dans lesquels ils vivent, notamment de la température de l'eau (Piffady 2010)(Figure 15). Celle-ci est un facteur écologique sélectif. Par exemple, chez les tortues, la température joue un rôle dans la détermination des sexes (McCarty 2001; Davies 2010).

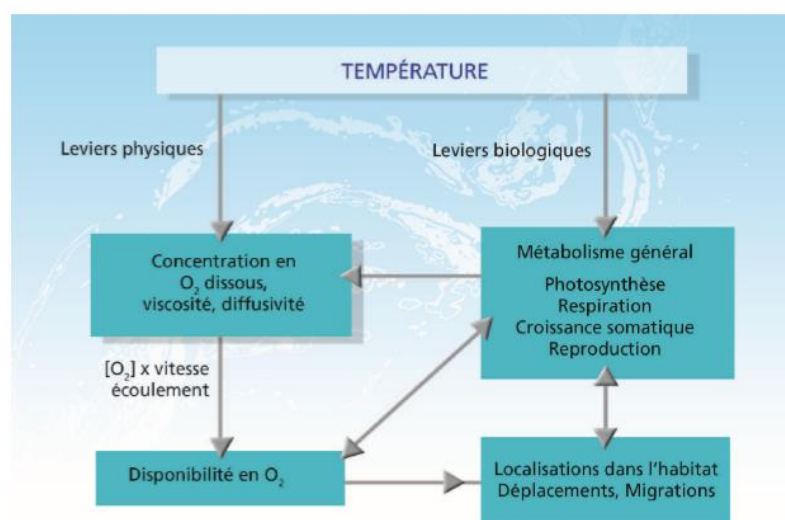


Figure 15 : Processus reliant la température à la disponibilité en oxygène et ses impacts sur les écosystèmes aquatiques (Source : Biotope)

De plus, le changement climatique peut provoquer une modification de l'aire de répartition de certaines espèces. Face au changement climatique, certaines espèces peuvent migrer vers des zones où l'environnement est favorable, ou même disparaître si l'adaptation au changement climatique est impossible pour elles. Les organismes qui vivent dans des eaux froides vont ainsi disparaître de certaines zones du cours d'eau et se réfugier dans des bassins versants respectant leurs conditions de vie optimales. Ceux qui affectionnent les eaux plus tempérées vont pouvoir coloniser plus de cours d'eau (Filipe, Lawrence, et Bonada 2012).

3.2.2 Impacts possibles sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône

Les impacts du changement climatique sont difficiles à mesurer puisqu'ils occupent une large échelle de temps. Cependant, les évolutions des températures et de l'évapotranspiration (ETP), données climatiques sur les bassins versants, ont pu être analysées.



La température moyenne interannuelle s'établit aux alentours de 10°C. Les températures mensuelles maximales et minimales sont observées respectivement en août (14,6°C) et en janvier (6,9 °C)(Figure 16).

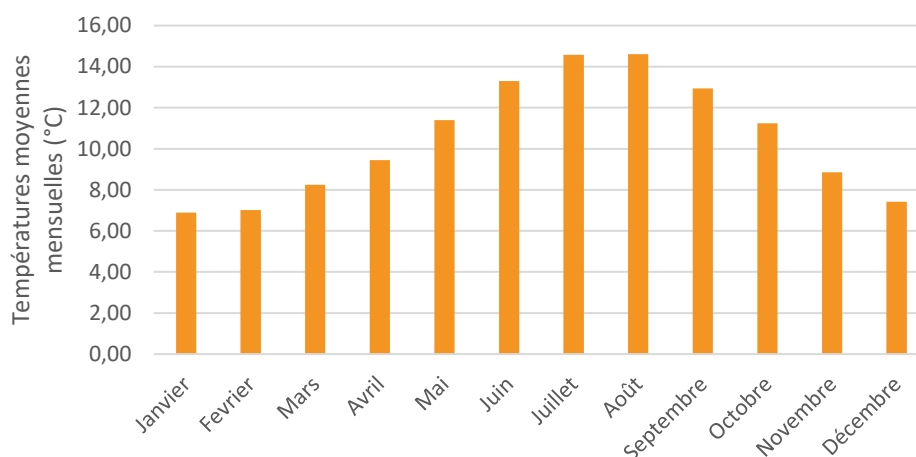


Figure 16 : Températures moyennes mensuelles de 1971 à 2018 (Source : Safran Météo France – analyse Cereg)

L'analyse des moyennes glissantes sur 10 ans montre une augmentation significative des températures depuis les années 1970 (+0.9°C en 40 ans) (Figure 17).

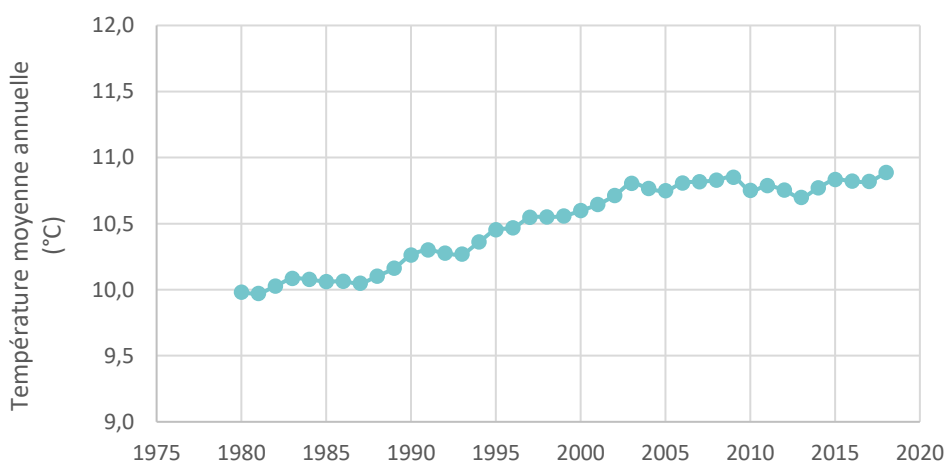


Figure 17 : Moyenne glissante des températures sur 10 ans de 1971 à 2018 (Source : Données Safran Météo France – analyse Cereg)

L'ETP présente des fluctuations corrélées à la température avec un maximum en période estivale (103 mm en Juillet) et un minimum en période hivernale (46 mm en février).

La moyenne interannuelle représente une lame d'eau de l'ordre de 813 mm (Figure 18).

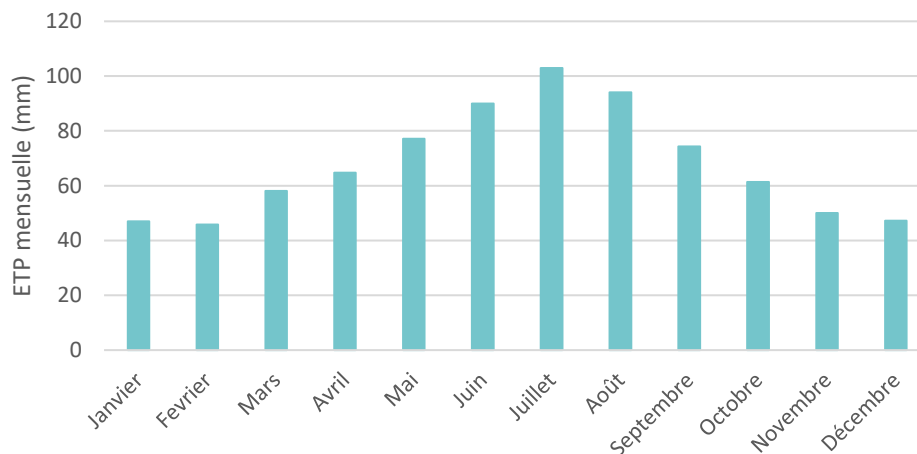


Figure 18 : Fluctuations mensuelles de l'ETP sur le territoire (Source : Données Safran Météo France – analyse Cereg)

L'analyse des chroniques et le calcul de moyennes glissantes sur 10 ans montrent une tendance à la hausse de l'ETP depuis les années 1970 (+100 mm/an en quarante ans) (Figure 19).

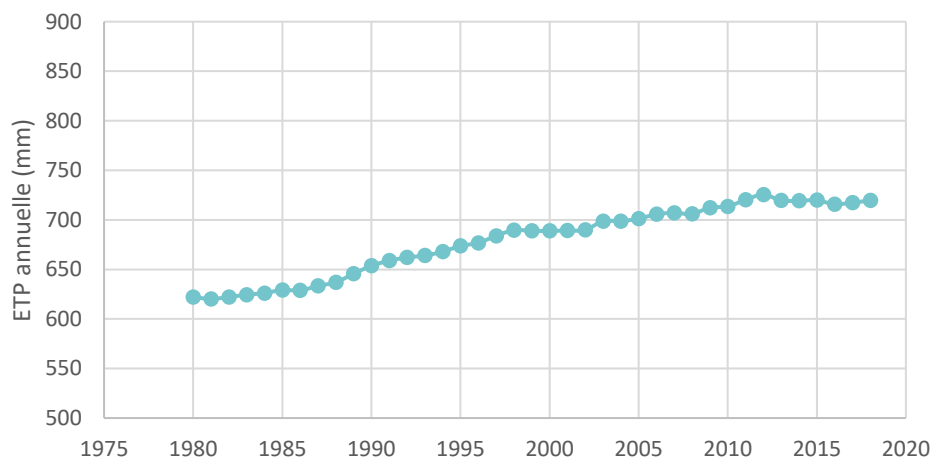


Figure 19 : Moyenne glissante sur 10 ans de 1971 à 2018 de l'ETP sur le territoire (Source : Données Safran, Météo France – analyse Cereg)

Lors des prospections terrain, de nombreuses retenues ont été recensées sur la source des cours d'eau. Ces retenues ne présentaient généralement pas d'écoulement en aval. Le changement climatique peut poser question quant à l'alimentation de ces retenues, qui sont vouées à être de moins en moins remplies du fait de la diminution de l'hydrologie et des précipitations. De fait, on peut supposer que ces retenues étaient autrefois remplies et qu'elles déversaient de l'eau à l'aval, mais qu'avec les modifications d'occupation des sols qui ont déjà eu lieu, ainsi que le changement climatique, elles deviennent plus déconnectées du cours d'eau.

De plus en plus de retenues sont créées afin de stocker l'eau et ainsi subvenir aux différents usages de la ressource en eau, tels que l'irrigation. Cette tendance est susceptible d'augmenter avec le changement climatique, plus particulièrement avec l'augmentation des températures et la réduction des précipitations qui assècheront les sols. Des analyses diachroniques de photographies aériennes seront réalisées dans les prochains mois afin d'identifier les nouvelles retenues et de connaître leurs potentiels impacts, comme l'assèchement des milieux aquatiques à l'amont (Annexe 2).

4 DISCUSSION

4.1 Impacts du changement climatique sur l'impact cumulé des plans d'eau

L'étude menée actuellement par le bureau d'étude ne fait que commencer. De fait, peu de mesures et peu de résultats ont été obtenus, il est donc compliqué de connaître l'impact de chaque plans d'eau, et encore moins leur impact cumulé. Ainsi, seules des hypothèses sur les impacts cumulés des plans d'eau vont être explicitées dans cette partie.

L'impact cumulé des plans d'eau entraîne une diminution des flux entre l'amont et l'aval des cours d'eau, liée à l'interception des eaux dans chaque retenue. Le changement climatique a aussi comme impact une réduction des débits dans les cours d'eau. Cette réduction est liée à la diminution des précipitations dans le futur, à l'augmentation des prélèvements pour subvenir aux besoins de l'agriculture ainsi qu'à l'augmentation de l'évapotranspiration. De nombreux articles dans la littérature indiquent que la solution pour stocker l'eau est la création de retenues. La création de retenues en plus de celles qui existent déjà entraînera l'interception amplifiée de l'eau dans chaque retenue. Ainsi, si tous les phénomènes énumérés s'additionnent, la quantité d'eau dans les cours d'eau dans les années futures pourrait s'avérer très faible.

L'impact cumulé des plans d'eau est influencé par la distance entre chaque retenue. Plus les retenues sont proches, plus les paramètres physico-chimiques de l'eau vont être altérés. La création de plus en plus de retenues pour le stockage durable de l'eau face au changement climatique va augmenter la densité des retenues. Or, la température de l'eau, la teneur en oxygène et les concentrations en nutriments vont déjà être impactés par le changement climatique. Ainsi, il est probable que les conditions environnementales du milieu s'aggravent fortement avec le phénomène d'impact cumulé additionné au changement climatique. De nombreuses communautés sensibles aux conditions environnementales du milieu pourraient disparaître des bassins versants les plus impactés par les retenues. En plus de ces paramètres environnementaux, la continuité écologique des cours d'eau présentant de nombreuses retenues est très altérée. Dans le cas des retenues de barrage, les ouvrages de restitution forment des barrières à la libre circulation des espèces et des sédiments. Dans le cas des retenues alimentées par pompage ou dérivation du cours d'eau, la majorité des écoulements est captée dans la retenue, il ne reste que très peu d'eau pour la circulation dans le lit naturel. Les différents linéaires entre les retenues vont ainsi être difficilement franchissables voir totalement infranchissables pour certaines espèces, ce qui va empêcher la colonisation de tous les milieux. Les retenues forment des obstacles à la dispersion, qui, du fait de leur nombre, vont isoler complètement les espèces à l'amont des bassins versants.

4.2 Difficulté d'évaluation des impacts

Le type de retenue et l'usage de celle-ci vont largement influencer les impacts. Cependant, dans l'étude sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents directs du Rhône, il a été compliqué de mettre en avant des impacts importants car le territoire est très pentu, le cours d'eau retrouve donc assez rapidement son équilibre dynamique.

Les jaugeages réalisés ne sont pas assez significatifs, la faible lame d'eau n'a pas permis de les réaliser sur l'Ecoutay. Sur le Limony, seules les fosses permettaient une lame d'eau suffisante, ce qui a influencé les résultats de débit. Il sera donc intéressant de comparer en périodes de hautes eaux les différences de débits entre l'amont des retenues et l'aval.

Les résultats sur la composition chimique de l'eau n'ont pas encore été analysés, mais il sera intéressant d'étudier l'évolution des concentrations à l'amont et à l'aval de la retenue. De même, afin



de qualifier réellement l'impact cumulé des plans d'eau, il sera intéressant de réaliser des comparaisons des concentrations de l'amont jusqu'à l'aval du bassin versant.

4.3 Mesures pour limiter l'impact des plans d'eau

Le changement climatique est déjà en cours, et ses effets se font de plus en plus ressentir. Il faut aujourd'hui adopter un mode de gestion des milieux aquatiques compatibles avec ce phénomène. Une réflexion semble ainsi nécessaire sur la gestion des retenues d'eau et les solutions pour réduire les impacts du changement climatique. La troisième étape de l'étude sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents du Rhône consiste à tester des scénarios de gestion des retenues. Les premières réflexions sur ces scénarios ont pu être établies lors de ce stage.

Le Tableau 6 présente 6 propositions de mesures qui limiteraient l'impact du changement climatique sur les retenues et sur les milieux aquatiques associés.

Suppression du plan d'eau

La mesure d'effacement du plan d'eau est la plus efficace, mais elle ne s'avère possible que lorsque le plan d'eau n'est plus utilisé. Elle permet de restaurer l'hydrologie naturelle du cours d'eau, et ainsi d'en améliorer la morphologie et rétablir la continuité latérale. Ces travaux sont souvent accompagnés de travaux de génie civil afin de retracer le lit du cours d'eau et des berges. La qualité de l'eau sera automatiquement améliorée, et la continuité écologique sera rétablie du fait de la suppression de l'ouvrage de restitution.

Respect de la réglementation / adaptation du PGE

D'après l'article L214-18 du Code de l'Environnement, tout ouvrage transversal dans le lit mineur d'un cours d'eau doit laisser dans le cours d'eau à l'aval un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces présentes. Des contrôles supplémentaires devraient avoir lieu afin de réduire le nombre d'ouvrages. Avec le changement climatique, les propriétaires vont devoir modifier la façon dont ils gèrent leurs ouvrages.

Des Plans de Gestion des Etiages (PGE) devraient être mis en œuvre afin de préciser les modalités de maintien ou rattrapage des débits d'objectif d'étiage. Ils permettent ainsi d'atteindre l'équilibre entre les prélèvements et la ressources en eau. Du fait de la diminution prévue des débits des cours d'eau avec le changement climatique, ces PGE vont devoir être révisés. Des études de conformité doivent aussi avoir lieu afin de vérifier qu'un plan d'eau ne soit pas un obstacle total à l'amélioration de la qualité du cours d'eau.

Adaptation des ouvrages de restitution

Les ouvrages de restitution sont souvent le paramètre le plus déterminant sur les impacts des retenues. Les restitutions par surverse impliquent un réchauffement plus important des eaux de surface du plan d'eau, et donc une augmentation de la température entre l'amont et l'aval. Avec le changement climatique, les températures vont encore plus se réchauffer. Ainsi, limiter les effets de la restitution du plan d'eau, et remplacer les surverses par des restitutions plus profondes permettrait de réduire l'impact des retenues et du changement climatique sur le cours d'eau. De plus, le changement climatique va impacter le remplissage des retenues, si celles-ci présentent une restitution par surverse, l'eau s'écoulera encore moins à l'aval. Une restitution plus en profondeur permettra de laisser s'écouler l'eau sur des périodes de temps plus longues.

Enfin, adapter les ouvrages de restitution afin qu'ils soient le plus franchissables possibles permettrait de limiter la disparition d'espèces plus en amont du cours d'eau.

► Dérivation par création d'un nouveau lit

Lorsque le plan d'eau est encore utilisé, il est possible de dériver le cours d'eau afin de contourner la retenue. Ce contournement permettra de restaurer la continuité écologique car les espèces pourront passer dans le bras de contournement, de restaurer l'hydrologie du cours d'eau (dans le nouveau bras) et donc améliorer la qualité de l'eau. Les sédiments pourront eux aussi circuler librement, l'aval n'en sera plus dépourvu, ce qui améliorera la morphologie du cours d'eau. Il faut malgré tout noter que la qualité du bras naturel ne sera pas améliorée par cette action.

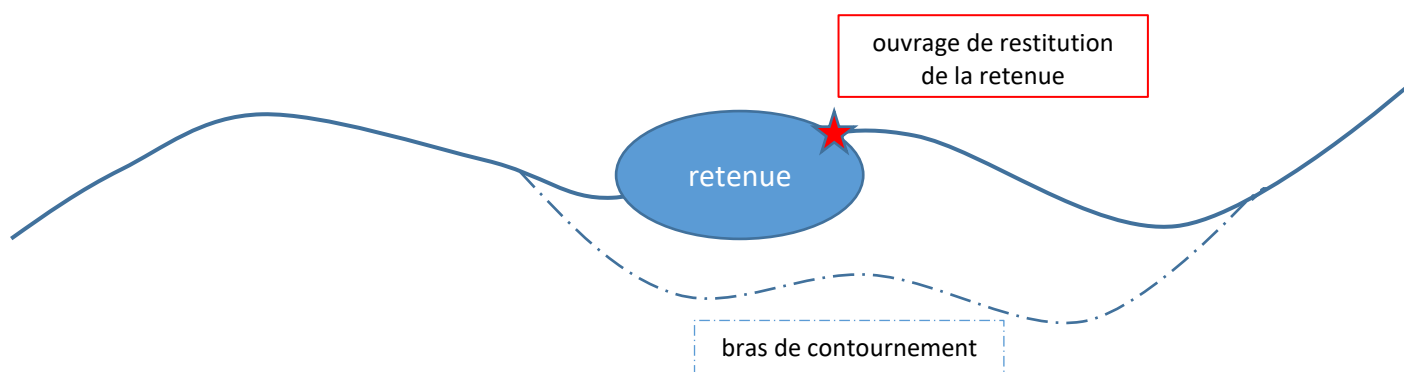


Figure 20 : Schéma de principe du bras de contournement

► Economies d'eau dans les pratiques agricoles







Afin de réduire les impacts du changement climatique sur les cours d'eau, il semble important d'adapter les modes de culture. En effet, si les besoins pour l'irrigation n'augmentent pas, il n'y aura pas besoin de créer de nouvelles retenues, alors que si les pratiques restent inchangées, la demande en eau va augmenter et le stockage de l'eau sera nécessaire. Il semblerait aussi intéressant de rechercher des cultures plus précoces, afin que les prélèvements pour l'irrigation se fassent au maximum hors période d'étiage.





L'amélioration de l'efficacité de la distribution de l'eau permettrait aussi de réaliser des économies d'eau, et donc de moins prélever dans les retenues. Cette amélioration passe par l'installation d'équipements hydro-économiques de précision, un changement de matériel permettant de remplacer l'ancien matériel usagé par du matériel plus récent, des pratiques en goutte-à-goutte... (Agence de l'eau Adour-Garonne et al. 2018).

► Restauration de la ripisylve autour du plan d'eau

La restauration de la ripisylve autour du plan d'eau permettra d'augmenter l'ombrage de ce dernier, ce qui limitera l'augmentation des températures de l'eau liée à l'ensoleillement. Cela permettra par la même occasion de créer de nouveaux habitats pour la faune.

Tableau 6 : Mesures envisagées pour limiter l'impact des retenues (Source : réalisation personnelle)

Mesure de gestion	Suppression du plan d'eau	Respect de la réglementation / adaptation du PGE	Adaptation des ouvrages de restitution	Dérivation par création d'un nouveau lit	Economies d'eau dans les pratiques agricoles	Restauration de la ripisylve autour du plan d'eau
Type de mesures						
Objectif	Suppression de la retenue et remodelage du lit	Adaptation + respect des débits réservés à l'aval des ouvrages, absence de prélèvements à l'étiage...)	Adapter les ouvrages de restitution des retenues pour qu'ils aient le moins d'impact possible	Création d'un nouveau lit afin d'éviter la retenue d'eau qui altère l'état et la continuité du cours d'eau	Modifier les cultures et réduire les cultures demandeuses d'eau, recherche de variétés plus précoces pour limiter les prélèvements à usage irrigation, amélioration de l'irrigation...	Développer des systèmes d'exploitation et des cultures plus économes en eau
Coût	€€€	/	€€	€€	€	€
Impacts						
Hydrologie	++	+	+	++	+	=
Morphologie / Habitats	++	=	=	++	=	+
Continuité écologique	++	=	++	++	=	=
Qualité de l'eau / Physico-chimie	++	+	++	++	+	=
Continuité latérale	++	=	=	+	=	=

Mesures réglementaires	
Connaissance	
Communication	
Travaux	

++	Impact positif majeur
+	Impact positif moindre
-	Impact négatif
=	Pas d'impact



CONCLUSION

L'objectif principal de ce stage était de réaliser une revue des connaissances sur les impacts des retenues et du changement climatique tout en participant à l'étude sur les impacts cumulés des plans d'eau sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents directs du Rhône. Dans les contextes agricoles ou urbains, ces retenues permettent l'alimentation en eau potable, l'irrigation et bien d'autres usages essentiels aux hommes.

La synthèse bibliographique réalisée dans ce rapport montre des impacts positifs mais surtout négatifs des retenues d'eau sur les milieux aquatiques. L'intensité de ces impacts dépend en grande partie du mode d'alimentation et de restitution des retenues ainsi que de leur mode de gestion.

Le changement climatique va influencer les milieux aquatiques, et n'épargnera pas les retenues d'eau. L'étude menée par le bureau d'études s'intéresse aux impacts cumulés des plans d'eau. Cette nouvelle méthode développée par l'OFB permet de prendre un compte non seulement les impacts de la création d'une retenue, mais aussi les impacts de cette nouvelle retenue par rapport à celles qui existent déjà, et donc replacer ce projet dans une approche bassin versant. Seules les premières étapes de diagnostic du milieu ont été réalisées ces derniers mois, mais peu de résultats ont encore été obtenus. De nouvelles prospections terrain et de nouvelles mesures physico-chimiques vont avoir lieu, et des indicateurs permettant de décrire l'impact des retenues vont être calculés.

Les impacts du changement climatique sont encore très incertains. Certaines études se contredisent, et il est difficile de prévoir l'impact du changement climatique sur les cours d'eau, sachant que les l'hydrologie et le changement climatique sont influencées par l'homme (Giuntoli et Renard 2009). Le changement climatique est un problème public, il impactera significativement les activités humaines. Il faut aujourd'hui envisager d'économiser et de partager l'eau ainsi que réfléchir à de nouvelles pratiques agricoles qui seront moins demandeuses en eau. Il est important de mettre en place une stratégie durable de la gestion de l'eau en s'adaptant au changement climatique, pour gérer au mieux la ressource en eau. Ce stage a permis d'entamer une réflexion au sein du bureau d'étude concernant des modes de gestion des plans d'eau pour répondre au changement climatique mais aussi de faire évoluer les propositions de projets de restauration en adaptation avec les impacts du changement climatique.

Gr ce à ce stage, j'ai pu découvrir le travail en bureau d'études. Ce stage m'a permis de mettre en application les connaissances enseignées par la formation à Polytech Tours dans un cadre plus pratique. J'ai aussi pu développer mes compétences sur différents logiciels, comme QGIS.

Durant ce stage, j'ai pu participer à de nombreuses missions, que ce soit des missions liées aux études actuelles de Cereg ou encore à des missions d'améliorations des outils Cereg, de recherche sur des thématiques encore peu connues... J'ai rapidement compris que l'une des principale compétence d'un ingénieur chargé de projet est d'être transversal, c'est-à-dire de pouvoir travailler sur différentes thématiques, avec différents acteurs.

Ce stage m'a permis de développer mes connaissances sur la réglementation sur les milieux aquatiques, puisque j'ai participé à l'élaboration de plusieurs dossiers réglementaires. Il m'a également permis de développer mon esprit critique, mes compétences d'expertise terrain, d'analyse et de synthèse.



BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'eau Adour-Garonne, CEREG, SOLAGRO, OREADE BRECHE, et Environnement et développement. 2018. « Etude pour le renforcement des actions d'économies d'eau en irrigation dans le bassin Adour-Garonne ».
- Aubé, Damien. 2016. « Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. Bilan actualisé des connaissances-Agence de l'eau Rhône-Méditerranée », 120 pages.
- CACG, GEOSYS, et HYDROSPHERE. 2001. « Etude de l'impact des petites réserves artificielles sur le milieu, phase 1 - Convention Interagence Loire-Bretagne CACG, Orléans », 200 pages.
- Davies, Peter M. 2010. « Climate Change Implications for River Restoration in Global Biodiversity Hotspots ». *Restoration Ecology* 18 (3): 261-68. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00648.x>.
- Ducharne, Agnès, Sylvain Théry, Pascal Viennot, Emmanuel Ledoux, Eric Gomez, et Michel Déqué. 2003. « Influence du changement climatique sur l'hydrologie du bassin de la Seine ». *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n  Volume 4 Numéro 3 (août). <https://doi.org/10.4000/vertigo.3845>.
- ECOSPHERE, HYDROSPHERE. 2001. « Impacts des plans d'eau. Rapport d'étude pour la DIREN Champagne-Ardenne. », 121 pages
- Expertise Scientifique Collective. 2017. « Impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique ».
- Faure, J-P. 2006. « Impacts des retenues collinaires sur les cours d'eau, présentation du 13 décembre 2006 (version actualisée le 09/11/2011) - Fédération du Rhône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. »
- Filipe, Ana Filipa, Justin E. Lawrence, et N ria Bonada. 2012. « Vulnerability of Stream Biota to Climate Change in Mediterranean Climate Regions: A Synthesis of Ecological Responses and Conservation Challenges ». *Hydrobiologia*, août. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1244-4>.
- GIEC. 2019. « Réchauffement planétaire de 1,5 C ».32 pages
- Giuntoli, Ignazio, et Benjamin Renard. 2009. « Identification des impacts hydrologiques du changement climatique : vers un réseau de référence pour la surveillance des étiages. », 86.
- GUEGUEN, Myriam. 2013. « Contribution à l'évaluation des impacts des retenues collinaires et des plans d'eau d'irrigation sur les ressources en eau et les milieux aquatiques du Morbihan »,144 pages.
- INRA, Ifremer, CNRS, et Irstea. 2017. « Eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité », 8.
- Jeppesen, Erik, Sandra Brucet, Luigi Naselli-Flores, Eva Papastergiadou, Kostas Stefanidis, Tiina N ges, Peeter N ges, et al. 2015. « Ecological Impacts of Global Warming and Water Abstraction on Lakes and Reservoirs Due to Changes in Water Level and Related Changes in Salinity ». *Hydrobiologia* 750 (1): 201-27. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2169-x>.
- McCarty, John. 2001. « Ecological Consequences of Recent Climate Change ». ResearchGate. 2001. https://www.researchgate.net/publication/227680756_Ecological_Consequences_of_Recent_Climate_Change.
- Ministère de la transition écologique et solidaire. 2018. « Plan National d'adaptation au changement climatique ».

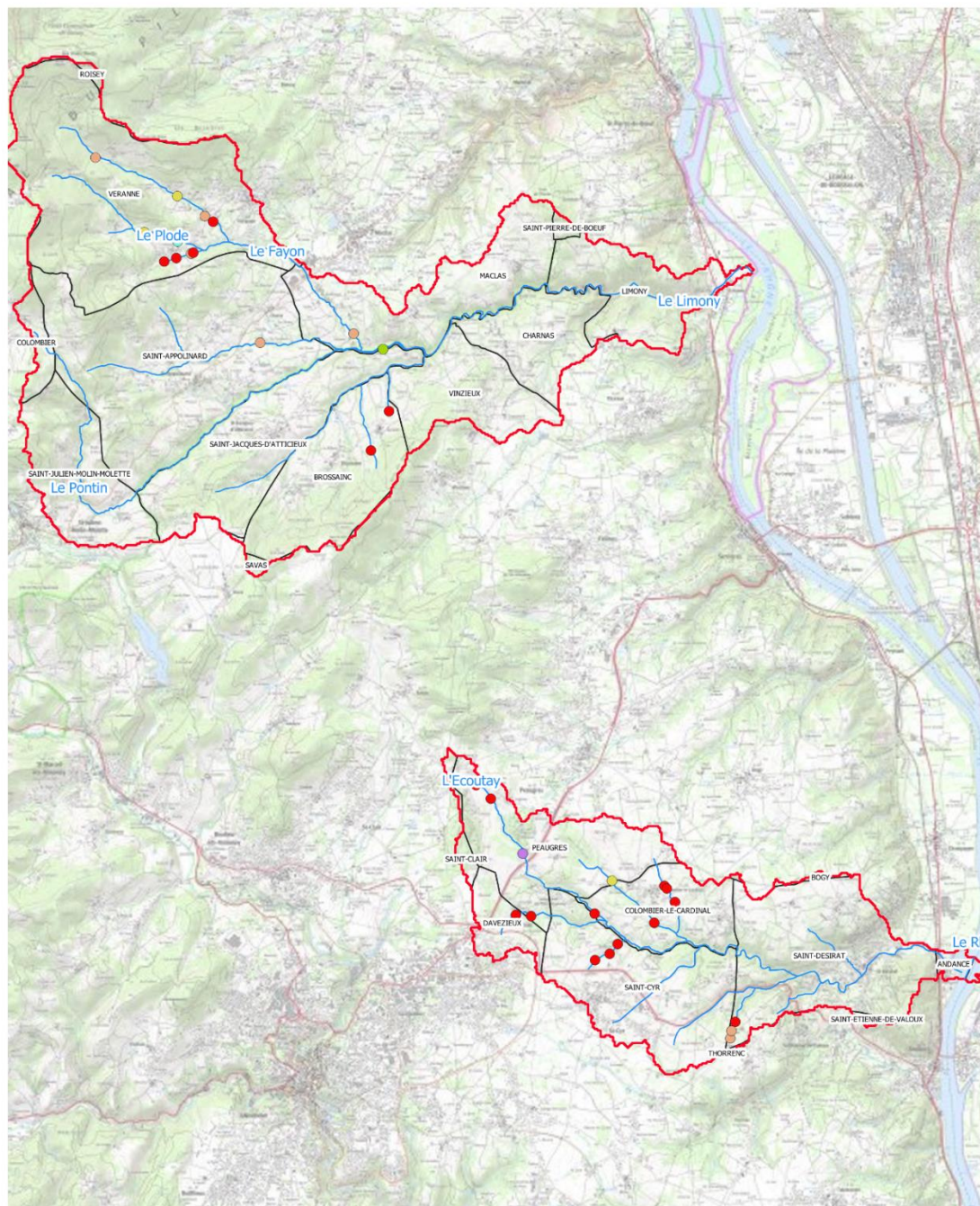


- ONEMA. 2015. *Espèces exotiques envahissantes des milieux aquatiques et associés en France métropolitaine*, 173 pages.
- Piffady, Jérémy. 2010. « Etude des réponses des assemblages de poissons aux variations de l'environnement par modélisation hiérarchique bayésienne : Application aux juvéniles de cyprinidés du Haut-Rhône ». Phdthesis, AgroParisTech. <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00566444>.
- Rutherford, J. Christopher, Shane Blackett, Colin Blackett, Laurel Saito, et Robert J. Davies-Colley. 1997. « Predicting the Effects of Shade on Water Temperature in Small Streams ». *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 31 (5): 707-21. <https://doi.org/10.1080/00288330.1997.9516801>.
- Vliet, Michelle T. H. van, Wietse H. P. Franssen, John R. Yearsley, Fulco Ludwig, Ingjerd Haddeland, Dennis P. Lettenmaier, et Pavel Kabat. 2013. « Global River Discharge and Water Temperature under Climate Change ». *Global Environmental Change* 23 (2): 450-64. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.002>.

ANNEXES

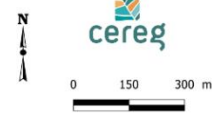
Annexe 1 : Retenues recensées lors des prospections terrain

Syndicat des 3 rivières
Evaluation de l'impact cumulé des retenues sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents direct du Rhône
Retenues recensées lors des prospections terrain



Carte élaborée par Cereg le 07/08/2020 | Source : Scan25 IGN - Admin Express IGN - BD Carthage

LEGENDE	
	Réseau hydrographique
	Bassin versant cible
	Limite communale
Type de retenue	
	Non identifiée
	Retenue alimentée par pompage en rivière
	Retenue collinaire
	Retenue de barrage sans bras contournement
	Retenue en dérivation alimentation dans cours d'eau
	Retenue en dérivation alimentation hors cours d'eau

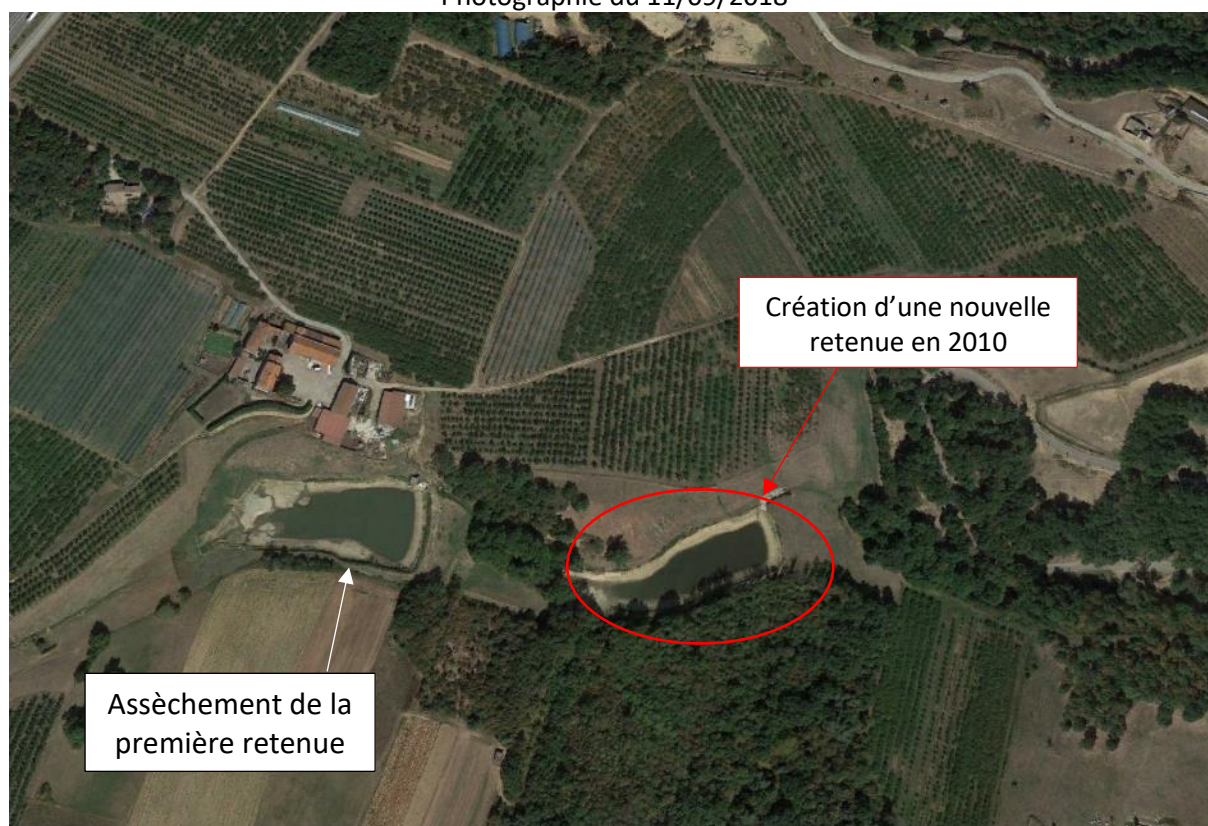


Annexe 2 : Exemple d'analyse diachronique

Photographie du 02/06/2005



Photographie du 11/09/2018





POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Audrey GLOAGUEN

2019-2020

Titre : Impact des plans d'eau et changement climatique – Etude sur le bassin versant de la Cance et des petits affluents directs du Rhône

Résumé :

Malgré l'importance des enjeux liés à la ressource en eau, peu de certitudes existent concernant les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques, et encore moins sur les retenues d'eau. Ce stage a permis de réaliser une revue bibliographique afin de mettre en lien les impacts du changement climatique et les impacts des retenues d'eau. Il s'est intégré au sein d'une étude actuelle menée par Cereg concernant l'application de la méthode de caractérisation des impacts cumulés des retenues d'eau.

Mots Clés : Changement climatique, retenue d'eau, impacts, biotiques, abiotiques

CEREG Ingénierie Sud-Ouest

Atelier 1 – 10 rue du Bois Briand

44300 NANTES

Tuteur entreprise :

Maëlle RENOULLIN

Tuteur académique :

Sabine GREULICH