



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

Recherche de caractéristiques communes aux
cours d'eau hébergeant des grandes mulettes
(*Margaritifera auricularia*) en France



MESSAGER Marie

2016-2017

S9&S10

Directeur de recherche
BOISNEAU Catherine

Recherche de caractéristiques communes aux cours d'eau hébergeant des grandes moules (*Margaritifera auricularia*) en France



BOISNEAU Catherine
2016-2017

MESSAGER Marie

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

FORMATION PAR LA RECHERCHE ET PROJET DE FIN D'ETUDES

EN GENIE DE L'AMENAGEMENT

La formation au génie de l'aménagement, assurée par le département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme et de l'aménagement, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens avant tout à remercier, pour leur aide et leur soutien, les personnes suivantes :

- Mme Catherine **BOISNEAU**, ma directrice de recherche
- Mme Nina **RICHARD**, Ingénieure d'étude à CETU Elmis Ingénieries
- Ma famille

TABLE DES MATIERES

1. Introduction.....	7
2. Matériels et méthodes.....	9
2.1 Choix des stations et de la période des mesures des paramètres.....	9
2.2 Paramètres utilisés.....	10
2.3 Sélection finale des stations.....	13
2.4 Analyse des données.....	15
2.4.1. Analyse des stations.....	15
2.4.2. Etude des données piscicoles.....	15
3. Résultats.....	16
3.1 Analyse des stations selon l'étude A.C.P.....	16
3.2 Résultats des analyses piscicoles	Erreur ! Signet non défini.
4. Discussion.....	19
4.1 Classification des stations	19
4.2 Analyses piscicoles	21
5. Conclusion	22
6. Bibliographie	23
7. Personnes citées.....	26
8. Table des matières	27
9. Annexes	28
9.1 Résultats annexes de l'Analyse en Composantes Principales (ACP)	28
9.2 Populations piscicoles des différentes stations	34
Résumé	35

1. Introduction

La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) est une moule d'eau douce vivant dans les cours d'eau de basse altitude. Elle appartient à la famille des Margaritifera, qui regroupe les moules d'eau douce aussi appelées naïades (animaldiversity.org). Ces naïades ont un cycle biologique particulier : après fécondation, les adultes relâchent dans l'eau des larves, aussi appelées glochidies. Ces dernières vont se développer par l'intermédiaire de poissons-hôtes, dont elles vont parasiter les branchies (Lopes-Lima et al, 2016). L'hôte de la grande mulette est l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) (Lopez M. et al, 2007) qu'elle va parasiter pendant 1 à 3 mois (R. Araujo et al, 2002). Les moules juvéniles vont alors se détacher des branchies, pour ensuite venir s'enfouir dans le substrat et compléter leur développement (Bauer G. & Watchel K., 2001). Il n'existe pour l'instant aucune donnée sur le taux de croissance des juvéniles, mais on estime que l'âge adulte est atteint après une cinquantaine d'années (Biotope, 2011).

Autrefois très répandue dans toute l'Europe de l'Ouest, la grande mulette a régressé de manière drastique au cours des deux siècles passés. Jusqu'à sa redécouverte en Espagne en 1998, celle-ci était même considérée comme disparue (Araujo R. & Ramos M., 1998). Elle est aujourd'hui présente dans quelques cours d'eau de France, mais est considérée comme espèce en danger critique d'extinction (www.iucnredlist.org). Un Programme National d'Actions (PNA) et divers programmes de conservations ont d'ailleurs été mis en place afin d'assurer sa survie.

Ces populations vivantes sont en effet menacées par divers facteurs : la grande mulette est une espèce filtreuse, qui affectionne les eaux riches en calcium (Araujo R. & Ramos M., 2000). De ce fait, celle-ci peut être sensible à l'eutrophisation des cours d'eau, qui a pu être causée par les diverses activités anthropiques qui ont dégradé la qualité physique et chimique de l'eau. (Chaussis R. & Suaudeau R., 2009). Le substrat des cours d'eau a également été peu à peu colmaté par une prolifération végétale, prolifération qui est capable d'étouffer les individus qui ne parviennent plus à filtrer l'eau (Gomez I. & Araujo R., 2008). Ce colmatage peut également empoisonner les individus si celui-ci a été causé par un apport de polluants (notamment les métaux lourds), en particulier les jeunes individus, et les adultes selon la concentration. (Biotope, 2011) De plus, entre le 18^e et le 20^e siècle, des pêches de mulettes ont été organisées en masse, dans le but de récupérer et d'utiliser la nacre de leurs coquilles, ce qui a considérablement fragilisé l'espèce. (Bonnemère, L. 1901). Enfin, son poisson-hôte privilégié a presque totalement disparu des fleuves et rivières de France et d'Europe. (Prié V. & Cochet G., 2010).

Malgré cela, plusieurs jeunes moules ont pu être recensées durant les prospections des différents cours d'eau, notamment dans la Vienne (Cochet, G. 2002 et Biotope 2012). Une autre espèce de poisson pourrait donc être vulnérable au parasitisme par les glochidies de moules, ce qui permettrait aux grandes mulettes de pouvoir à nouveau se développer : la présence de cette espèce pourrait alors favoriser la conservation de l'espèce.

La survie de la grande mulette est donc actuellement menacée : en France, trois cours d'eaux principaux contiennent à eux seuls 98% de la population : la Charente, la Vienne et la Creuse (Prié et al, 2008). De ce fait, un programme LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement) a été mis en place afin de garantir la survie de l'espèce. Celui-ci fait partie d'un groupe de programmes financiers qui soutiennent des projets liés à la politique de l'environnement, notamment les projets de restauration et de conservation d'habitats et d'espèces. Cette étude sera ici liée au programme **LIFE+ conservation de la Grande Mulette** (LIFE13 BIO/FR/001162), porté par l'université de Tours, dont les principaux objectifs sont de mettre en place des actions de reproduction et de restauration de l'espèce qui permettront également d'étudier son développement, de restaurer les habitats de la grande mulette qui sont pour la plupart envasés, et de mieux protéger cette espèce aux yeux de la population et de la loi par le biais d'actions de sensibilisation et de révision du statut de protection de la grande mulette. (<http://life.univ-tours.fr/>).

De nos jours, nous disposons de nombreuses données sur les populations de grande mulette en France. Une douzaine de stations contenant ou ayant contenu l'espèce ont été répertoriées et représentées dans la carte ci-dessous (Figure 1) :

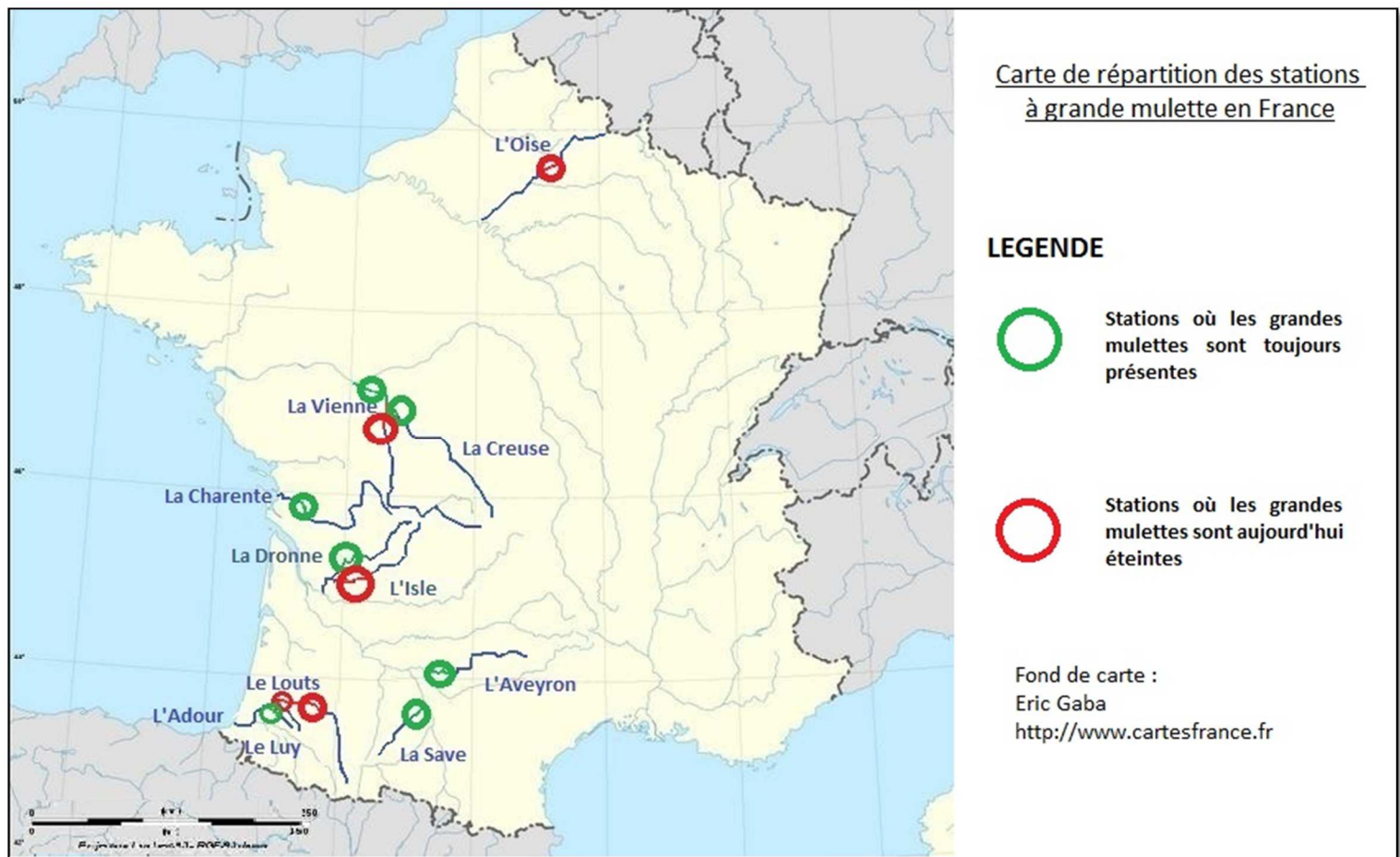


Figure 1 : Carte de répartition des cours d'eau et stations à grandes mulettes en France en 2013
(Source des données : BIOTOPE 2011 et 2012, et com. personnelle) (Réalisation de la carte : personnelle)

L'espèce est donc présente dans différents cours d'eau ayant des localisations et des fonctionnements complètement différents les uns des autres : certains cours d'eau comme la Charente ou la Vienne ont des débits conséquents (Module Vienne = 194 m³/s et Module Charente = 63 m³/s), alors que d'autres comme le Louts ou le Luy ont une capacité moindre (Module Louts = 1.020 m³/s et module Luy = 17.70 m³/s) (hydro.eaufrance.fr). Certaines stations se trouvent dans le sud-ouest de la France, tandis que d'autres sont localisées à l'est ou au nord-est. Elles peuvent donc avoir des modes de fonctionnements bien distincts et subir différents types de perturbations. L'étude de ces stations est de ce fait primordiale, afin de connaître leur état actuel aussi bien au niveau hydrologique que physico-chimique. Une comparaison permettrait également de déterminer le type de station préféré par la grande mulette en France. Ces connaissances pourront servir de base à des études futures plus poussées sur les exigences écologiques de la grande mulette ou sur les actions à entreprendre pour conserver l'espèce.

Ce projet d'études, en relation avec ce programme LIFE, aura donc pour objectif l'analyse et la comparaison de toutes ces stations afin de déterminer leurs points communs. Ce travail nécessitera également un recensement de celles-ci, ainsi qu'une recherche de l'état actuel de la population de grande mulette.

2. Matériels et méthodes

2.1 Choix des stations et de la période des mesures des paramètres

Nous choisirons pour toutes les stations 5 années de mesure : en effet, durant cet intervalle de temps, il sera possible d'obtenir les paramètres suivants :

- au moins deux relevés d'Indice Poisson Rivière (IPR) réalisés sur deux années différentes
- au moins un relevé d'Indice Biologique Diatomées (IBD)
- au moins deux années de données sur le débit moyen mensuel à chaque station

De plus, étudier des données s'étalant sur 5 ans permettra d'éviter les variations dues par exemple à une période de sécheresse ou de crue exceptionnelle, qui influenceraient les mesures de débit et pourraient fausser les résultats. Dans le cas des IPR, nous pourrions cependant envisager de prendre en compte 6 années de mesure, afin de pouvoir obtenir 3 relevés, et ainsi obtenir des données piscicoles plus proches de la réalité.

Cette étude répartira tout d'abord les stations en trois groupes : Les données des stations où les mulettes sont présentes actuellement formeront un premier groupe, et les stations où les mulettes sont désormais éteintes formeront deux groupes distincts. En effet dans le cas des sites où l'espèce a disparu, il sera possible d'obtenir deux lots de données : un lot contenant les données de la station durant une période où l'espèce était encore présente, et un autre lot contenant les données après la disparition de l'espèce. Il sera donc nécessaire de rechercher pour ces stations des années de prospections, afin de déterminer à partir de quelle année la grande mulette a pu être considérée comme éteinte.

Une recherche préliminaire des stations et de l'état de la population a pu mettre en évidence divers intervalles de temps communs aux différents groupes : en effet, toutes les stations où la mulette est désormais éteinte contenaient toujours l'espèce entre 1996 et 2000. Ces dernières ont progressivement vu leur population s'éteindre, jusqu'aux années 2009 à 2013, où plus aucune de ces stations ne contenaient d'individus. Afin de ne choisir que deux intervalles de temps, les années 2009 à 2013 seront également choisies pour les stations où l'espèce est toujours présente. Dans l'objectif de pouvoir comparer les différentes stations entre elles, trois lots de données seront donc constitués :

- LOT A : Stations où la grande mulette est toujours présente (données allant de 2009 à 2013) (Tableau 1)

Tableau n°1 : Stations où la grande mulette est présente au moins jusqu'en 2013

(Source : Biotope 2011 et 2012, com. personnelle.)

Cours d'eau	Stations	Statut de la population
L'Aveyron	Montastruc à Lamothe-Capdeville	Présent en 2013
La Charente	Sainte à Port d'Envaux	Présent en 2013
La Creuse	Rhonne à Port de Pile	Présent en 2013
La Dronne	Petit Bersac à Chamadelles	Présent en 2013
Le Luy	Saunac-et-Cambran	Présent en 2013
La Douze	Roquefort	Présent en 2013
La Save	Montaigu-sur-Save à Larra	Présent en 2013
La Vienne	Candes-St-Martin à Trogues	Présent en 2013

- LOT B : Stations avant la disparition de la grande mulette (données allant de 1996 à 2000) (Tableau 2)
- LOT C : Stations après la disparition de la grande mulette (données allant de 2009 à 2013) (Tableau 2)

Tableau n°2 : Stations où la grande mulette est aujourd'hui éteinte

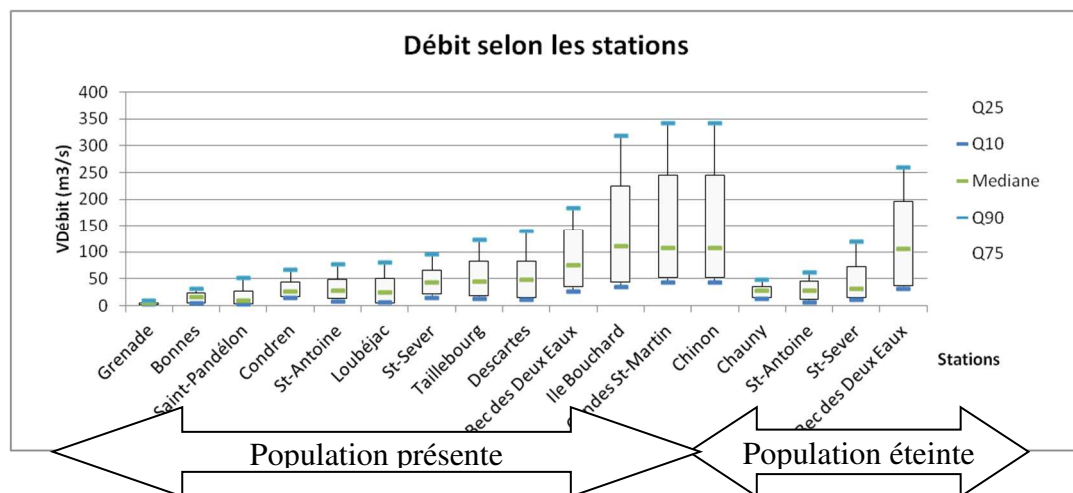
(Source : Biotope 2011 et 2012)

Cours d'eau	Stations	Statut de la population
L'Adour	Audon à Moulin de Bernède	Eteint en 2011
L'Isle	Coutras à St-Astier	Eteint en 2003
Le Louts	Goos	Eteint en 2010
L'Oise	Sempigny à la Fère	Eteint en 2007
La Vienne	Pussigny à Ingrandes	Eteint en 2001

2.2 Paramètres utilisés

Une fois les lots constitués nous sélectionnerons trois groupes de paramètres qui permettront de comparer les stations entre elles, et seront en lien avec l'écologie de la grande mulette : des paramètres hydrologiques afin de mettre en évidence les différences de régime hydrologique, des paramètres physico-chimique pour étudier les perturbations anthropiques, et des paramètres biologiques pour estimer la qualité écologique des cours d'eau.

Les **paramètres hydrologiques** : Ces paramètres seront obtenus via la banque hydro du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Ils permettront de connaître le régime hydrologique des différentes stations, afin de déterminer quel régime est favorable à la vie et au développement de l'espèce. En effet, comme indiqué dans l'introduction, les différentes stations sont réparties dans différents cours d'eau, chacun possédant son propre régime hydrologique. De ce fait, des variations de débit vont pouvoir s'observer entre ces derniers. La mulette dépend également du débit, du fait de son statut d'espèce filtreuse : elle a en effet besoin de vivre dans un minimum de courant. Les variables retenues ici seront les **débits mensuels** (Figure 2), et plus particulièrement la valeur des **centiles Q10 et Q90** de ces derniers sur les 5 années de mesures, qui permettront de connaître la capacité de chaque cours d'eau au niveau des stations. Ces deux variables seront calculées en prenant l'ensemble des débits mensuels relevés durant les 5 années de mesures choisies pour chaque lot de stations.



Les **paramètres physico-chimiques** : ils permettront de connaître la qualité physique du cours d'eau, qualité qui peut varier selon la proximité des différentes stations avec des zones urbaines et agricoles, et les variables auxquelles les grandes mulettes peuvent être sensibles grâce aux données des stations où l'espèce est éteinte. Certains pourront également donner le niveau de perturbation des cours d'eau. Divers paramètres, obtenus grâce aux bases de données des agences de l'eau, seront pris en compte (<http://www.eau-loirebretagne.fr/> <http://adourgaronne.eaufrance.fr/> et <http://qualiteau.eau-seinenormandie.fr/>):

La **Température** (Figure 3) : cette variable peut avoir un effet direct sur le développement et la survie des moules. Une température trop élevée durant une longue période peut être fatale à l'espèce, et peut entraîner des malformations lors du développement des jeunes moules le cas échéant. Elle peut également enrayer le parasitisme des poissons-hôtes par les glochidies : en effet, passé 24°C l'organisme de ces poissons est en mesure de se débarrasser des larves, empêchant tout succès de reproduction (Araujo R. et al, 2003). Deux variables seront donc retenues ici :

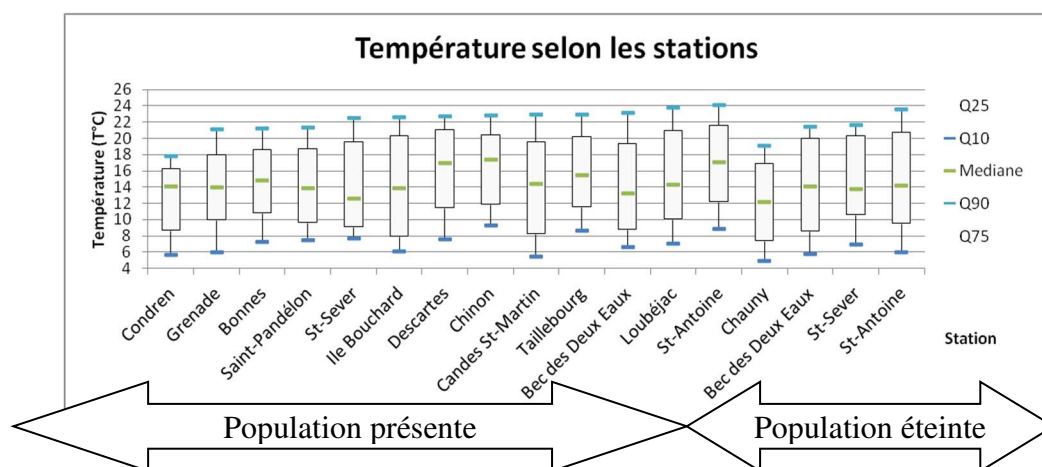


Figure n°3 : Description de la température selon les stations

- La valeur des **centiles Q10 et Q90** de température sur les 5 années de mesures, calculée en prenant l'ensemble des températures relevées au moins chaque mois durant les années de mesures choisies pour chaque lot de stations. Ces deux valeurs permettront d'identifier les stations les plus sensibles à un réchauffement de l'eau, qui peut devenir nocif au développement des moules : en effet, une haute température peut causer, entre autres, une diminution de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau (nocif pour l'espèce, qui "respire" en filtrant l'eau et en extrayant l'oxygène) et favoriser une prolifération végétale, qui peut étouffer les moules si les plantes s'ancrent dans le substrat où l'espèce vit.
- Le **nombre de jours où la température a dépassé 24°C**. Ce nombre sera obtenu en étudiant les valeurs de températures obtenues entre les mois de Mars à Mai sur les 5 années de mesures, période durant laquelle les glochidies sont relâchées dans l'eau (<http://animaldiversity.org>). De cette manière, il sera possible de déterminer les stations où la reproduction est enrayerée.

Le **taux de saturation en oxygène dissous** (Figure 4) : ce paramètre est primordial pour l'espèce, qui rappelons-le est une espèce filtreuse, et nécessite donc un certain taux d'oxygène afin de survivre. Une valeur basse peut en effet indiquer un risque d'anoxie, qui représente un danger mortel pour la moule. La valeur des **centiles Q10 et Q90** du taux de saturation sur les 5 années de mesures seront ici prises en compte, dans le but de déterminer les stations où le risque d'anoxie est le plus important, et donc celles où des actions devront être entreprises pour préserver l'espèce. Ces valeurs seront calculées en prenant l'ensemble des taux relevés au moins chaque mois durant les années de mesures choisies pour chaque lot de stations.

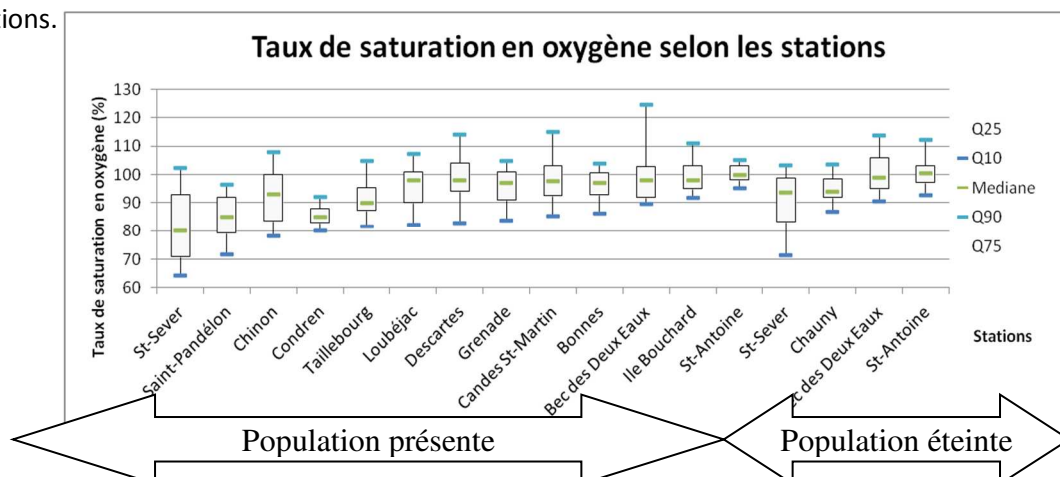


Figure n°4 : Description du taux de saturation d'oxygène selon les stations

La **demande biochimique en oxygène (DBO5)** (Figure 5) : cette valeur représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (MO) par voie biologique. Elle peut donc mettre en évidence la présence de rejets organiques. Un apport trop important de MO peut causer une prolifération végétale nocive à la grande mulette, comme expliqué plus haut. Les variables retenues seront ici **la valeur des centiles Q10 et Q90 de DBO5 sur les 5 années de mesures**, afin de déterminer les stations les plus vulnérables à un apport de matières organiques, et donc celles qui peuvent potentiellement subir des perturbations.

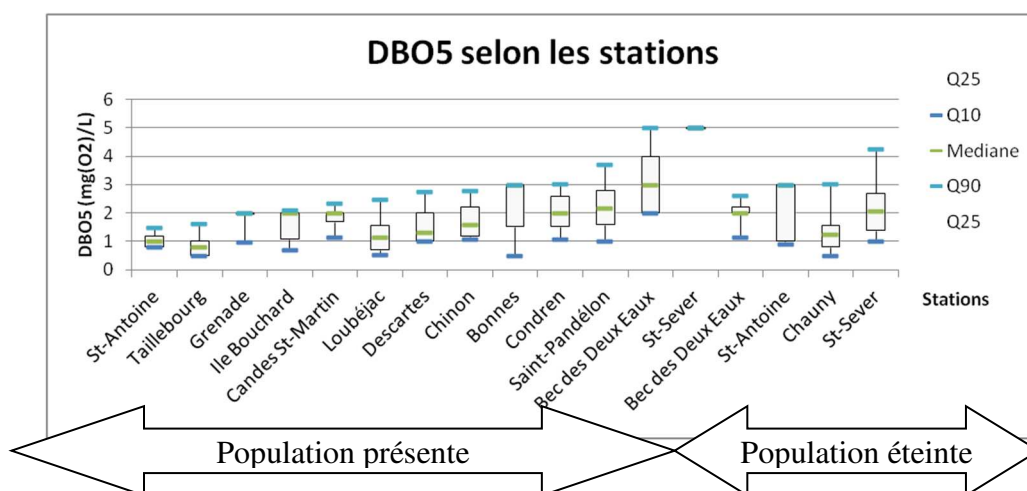


Figure n°5 : Description de la DBO5 selon les stations

Les **nitrites** (Figure 6) : Ces molécules sont nocives au développement des jeunes moules (*Boisneau C., com. pers.*), ce qui peut interférer avec la conservation de l'espèce. Ce paramètre peut donc aider à l'identification des stations où la reproduction est freinée. De plus, un taux élevé de nitrites dans l'eau est indicateur d'une eau potentiellement perturbée, et va varier selon la proximité des cours d'eau avec des activités humaines. La valeur **des centiles Q10 et Q90** de nitrites sur les 5 années de mesures seront ici prises en compte, afin de déterminer quelles stations peuvent être menacées par un apport de nitrites.

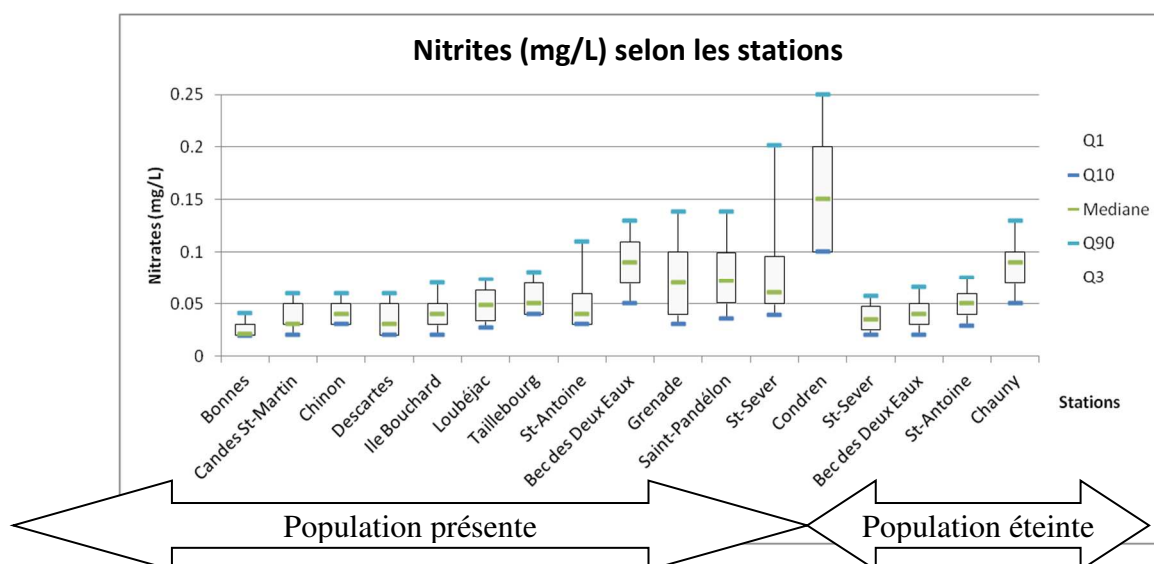
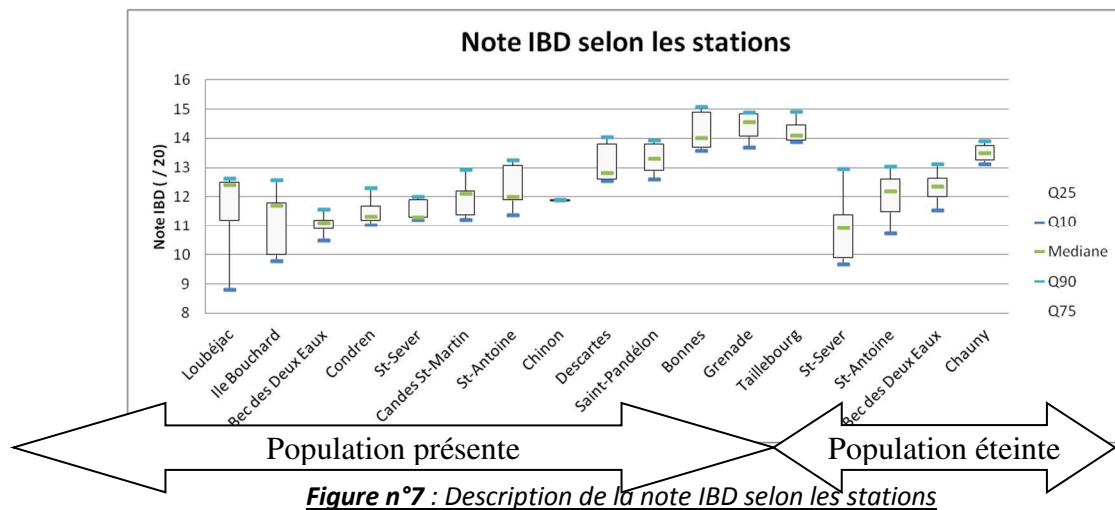


Figure n°6 : Description du taux de nitrites selon les stations

Les **paramètres biologiques** : ces variables peuvent mettre en évidence des perturbations qui n'apparaissent pas nécessairement dans les données physico-chimiques, mais pouvant avoir des impacts importants sur la faune aquatique et donc la grande mulette. Elles peuvent également servir à qualifier l'état écologique du cours d'eau, qui va varier selon la localisation des stations. Ici deux paramètres seront étudiés :

L'IBD (Figure 7): Les diatomées sont des algues unicellulaires présentes dans les eaux et particulièrement sensibles aux pollutions organiques et à la prolifération de nutriments tels que l'azote et le phosphore. L'Indice Biologique Diatomées (IBD) consiste à les analyser, afin de caractériser la qualité du milieu, et identifier les stations ayant subi des perturbations. La variable utilisée ici sera la **note IBD**, obtenue au moins une fois sur les années de mesure et présente directement dans les données des agences de l'eau.



Celle-ci, allant de 0 à 20, sera en mesure de déterminer la qualité biologique de nos stations (Tableau 3).

IBD	Code couleur qualité
17-20	Très bonne
13-17	Bonne
9-13	Passable
5-9	Mauvaise
1-5	Très mauvaise

Tableau n°3 : Relation entre la note IBD et la qualité biologique des cours d'eau
(Source : <http://www.bassinversantdumeu.fr/>)

l'IPR : l'Indice Poisson-Rivière (IPR) consiste à analyser les peuplements piscicoles des cours d'eau afin d'estimer la qualité d'un cours d'eau, et de déterminer si celui-ci subit des perturbations. De plus, ce paramètre permettra de connaître les différentes espèces piscicoles présentes dans chaque station, et donc de déterminer les espèces communes. L'étude de ces dernières pourra enfin nous donner des pistes sur les espèces compatibles avec le parasitisme de la moule perlière. Les données IPR seront obtenues grâce à la base de données (IMAGE) de l'ONEMA. Les variables retenues seront **les résultats de pêche** sous la forme d'une liste d'espèces de poissons, et du nombre d'individus associés à chacune d'entre elles. Ces résultats pourront être comparés entre les stations afin de formuler des hypothèses sur les poissons potentiellement vulnérables au parasitisme.

2.3 Sélection finale des stations

Ces trois groupes de paramètres seront constitués en recherchant diverses stations de données proches des zones habitant des grandes mulettes. Trois stations seront choisies pour chaque zone à grande mulette (Tableau 4), et différents groupes de données seront récupérés :

- les données physico-chimiques et la note IBD, obtenues d'après les données présentes dans les bases de données des différentes agences de l'eau
- les données hydrologiques, obtenues d'après les données de la banque HYDRO
- les données IPR, quant à elles issues des données de pêches de l'ONEMA, disponibles dans leur base de données IMAGE

Tableau n°4 : Tableau récapitulatif des zones à grande mulette et des stations de données, ainsi que les années retenues pour les analyses, et le statut actuel de la population
(Source des données : Cochet, 2002, Prié et al 2010, et Biotope 2012)

Cours d'eau	Répartition des moules	Station physico - chimiques	Station IPR	Station hydrologiques	Années de mesure choisies	Statut actuel de la population
L'Adour	Audon à Moulin de Bernède	St-Sever	Grenade sur l'Adour	Audon	1996-2000 2009-2013	ETEINT en 2011
L'Aveyron	Montastruc à Lamothe-Capdeville	Loubéjac			2009-2013	PRESENT en 2013
La Charente	Sainte à Port d'Envaux	Taillebourg	Chaniers (7km en amont)		2009-2013	PRESENT en 2013
La Creuse	Rhonne à Port de Pile	Descartes	La Celle St-Avant	Leugny	2009-2013	PRESENT en 2013
La Dronne	Petit Bersac à Chamadelles	Bonnes			2009-2013	PRESENT en 2013
L'Isle	Coutras à St-Astier	Saint-Antoine sur l'Isle	Saint-Médard de Guizières	Abzac (17km en amont)	1996-2000 2009-2013	ETEINT en 2003
Le Louts	Goos (embouchure du Louts)	St-Géours d'Auribat (8km en amont)	Samadet (35km en amont)	Hagetmau (27km en amont)	1996-2000 2009-2013	ETEINT en 2010
Le Luy	Saunac et Cambran	St-Pandélon (6km en aval)			2009-2013	PRESENT en 2013
La Douze	Roquefort	St-Avit (16km)	-	Roquefort	2009-2013	PRESENT en 2013
L'Oise	Sempigny à La Fère	Sempigny	Chiry-Ourscamps	Sempigny	1996-2000 2009-2013	ETEINT en 2007
La Save	Montaigu sur Save à Larra	Grenade (7km en amont)		Larra	2009-2013	PRESENT en 2013
La Vienne	Candes St-Martin à Trogue	Candes St-Martin	Candes St-Martin	Nouâtre Chinon	2009-2013	PRESENT en 2013
		Chinon				
		Ile Bouchard	Port de Pile			
La Vienne	Pussigny à Ingrandes	Pont du Bec des Deux Eaux (Port de Piles)	Port de Pile	Ingrandes	1996-2000 2009-2013	ETEINT en 2001

Ces relevés seront rassemblés afin de déterminer les zones qui ne posséderont pas tous les paramètres listés ci-dessus, par absence de station ou car ces dernières sont situées trop loin. Deux paramètres seront à étudier pour effectuer cette sélection :

- **La distance entre les stations de données et les zones à grande mulette** : les stations de données physico-chimiques et biologiques situées à plus de 10km de distance des grandes mulettes ne seront pas prises en compte. Les stations hydrologiques pourront elles être distantes de 20km au maximum, si le cours d'eau ne présente pas de confluent ou d'affluent sur cette distance.
- **La présence des différents paramètres dans les données des stations** : tous les paramètres énoncés plus haut doivent être présents, afin de permettre la comparaison des stations. Dans cette étude cependant, les données IPR ne seront pas prises en compte pour sélectionner les stations : en effet un trop grand nombre d'entre elles ne disposent pas de relevés IPR réalisés suffisamment proches, et éliminer ces stations serait peu judicieux si une comparaison doit être effectuée par la suite. La note IBD sera donc la seule à être utilisée en tant que paramètre biologique.

2.4 Analyse des données

Une fois cette sélection effectuée, les différentes variables pourront être analysées. Deux études seront ici réalisées :

2.4.1. Analyse des stations

La méthode utilisée dans cette étude sera l'analyse multi-variée, plus précisément l'analyse en composantes principales (ACP). Cette ACP permettra de séparer les stations les unes des autres, afin de pouvoir obtenir une description plus précise des stations hébergeant la grande mulette. Les variables de cette ACP seront toutes celles énoncées dans la partie précédente, à part les données IPR, et le nombre de jours où la température a dépassé 24°C : en effet, celle-ci n'a jamais été atteinte entre Mars et Mai dans cette étude.

Une fois les stations classifiées, il sera possible de décrire chaque classe selon les différentes variables utilisés dans l'ACP. Cette description permettra de connaître le type de stations dans lesquelles vivent les grandes mulettes en France. En associant les tailles de populations des diverses stations aux variables, nous pourrons également émettre des hypothèses sur la sensibilité de l'espèce à divers paramètres.

2.4.2. Etude des données piscicoles

On recherchera ici les espèces de poissons majoritairement présentes dans chaque station, et les espèces communes à ces dernières. L'occurrence intra-station de chaque espèce piscicole (O1) sera tout d'abord calculée : pour ce faire, les résultats des pêches IPR qui se dérouleront sur nos cinq années de mesures seront mis en commun, et on calculera le nombre d'années où chaque poisson a pu être observé dans les résultats de pêche IPR. Ce nombre sera ensuite divisé par le nombre d'années où des pêches IPR ont été réalisées.

$$\text{Occurrence} = \frac{\text{Nb d'années où l'espèce est apparue}}{\text{Nb d'années où des pêches IPR ont été réalisées}}$$

Par exemple, une ablette qui aurait été observée sur 2 pêches IPR, dans une station où 4 pêches IPR ont été réalisées entre 2009 et 2013, aurait une occurrence O1 de 0.5. Chaque station sera étudiée séparément : on recherchera ici les espèces qui sont majoritairement présentes, plus précisément celles ayant une occurrence O1 supérieure à 0.8. Les données de toutes les stations seront ensuite mises en commun, et on calculera une seconde occurrence : l'occurrence inter-station de chaque espèce piscicole (O2). Celle-ci sera calculée sans prendre en compte l'occurrence O1. Par exemple, une ablette qui aurait été observée dans 4 stations sur 8 aurait une occurrence O2 de 0.5. On retiendra ici les espèces ayant une occurrence O2 supérieure à 0.5.

Dans ces deux études piscicoles, on notera également les espèces ayant des occurrences plus faibles, car ces dernières peuvent potentiellement être des poissons-hôtes. En effet, nos cours d'eau sont répartis dans le Nord, l'Est et le Sud : il est donc probable que certains poissons soient limités à certaines régions, et possèdent donc une occurrence O2 faible. Mais ces espèces peuvent tout à fait être des poissons-hôtes n'apparaissant que dans certains cours d'eau. De même, une espèce possédant une occurrence O1 faible pourrait également être un poissons-hôte : celle-ci pourrait en effet n'être présente qu'une année sur deux, ce qui signifierait que les chances de reproduction sont plus faibles .

Pour finir, nous croiserons ces résultats avec des études sur les poissons-hôtes potentiels de la grande mulette, et d'autres espèces de moules, afin d'identifier les espèces communes, ainsi que les plus proches taxonomiquement des poissons-hôtes potentiels nommés dans les études. Il sera alors possible de formuler des hypothèses concernant le statut de poisson-hôte des espèces provenant de l'analyse des IPR.

3. Résultats

3.1 Analyse des stations selon l'étude A.C.P.

Valeurs propres

On atteint quasiment 80% de variabilité cumulée à partir du facteur F3, puis les 99% de variabilité cumulée sont atteints à partir du facteur F8 (Figure 8).

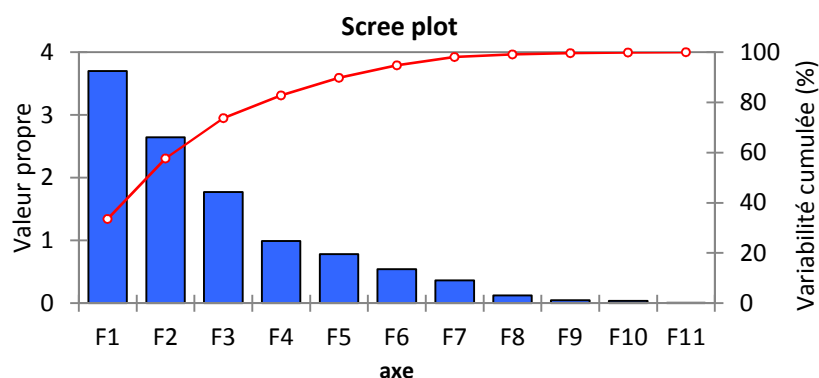


Figure n°8 : Pourcentage de variabilité cumulée selon les valeurs propres des facteurs de l'ACP

Corrélation entre les variables et les facteurs

On remarque que certaines valeurs sont corrélées : Lorsque l'on met les facteurs F1 et F2 en relation avec nos variables (Figure 9), les Q10 et Q90 de chaque paramètre forment chacun des groupes éloignés des autres variables (hormis les variables de débit et de température qui sont proches les unes des autres). Seuls les Q10 et Q90 du taux de saturation en O2 n'ont presque aucune corrélation entre elles. L'IBD est également éloigné des autres variables. On remarque enfin que seule la note IBD est proche du centre du cercle de corrélation : cette dernière est donc mal représentée sur nos axes.

Lorsque les variables sont mises en relation avec F1 et F3 (Figure 10), on remarque que les Q10 et Q90 sont moins corrélés entre eux : ils continuent cependant de former des groupes : les variables de débit et de taux de saturation en O2 en forment un premier qui n'a quasiment aucune corrélation avec celles de la température et du nitrate, qui quant à elles forment deux groupes opposés l'un de l'autre. Les variables de DBO5 et la note IBD en forment un dernier, situé à l'opposé de groupe du débit et du taux de saturation en O2. Enfin, trois variables sont également éloignées du cercle de corrélation, et donc mal représentées sur nos axes F1 et F3 : le Q10 et le Q90 de la DBO5, et la note IBD.

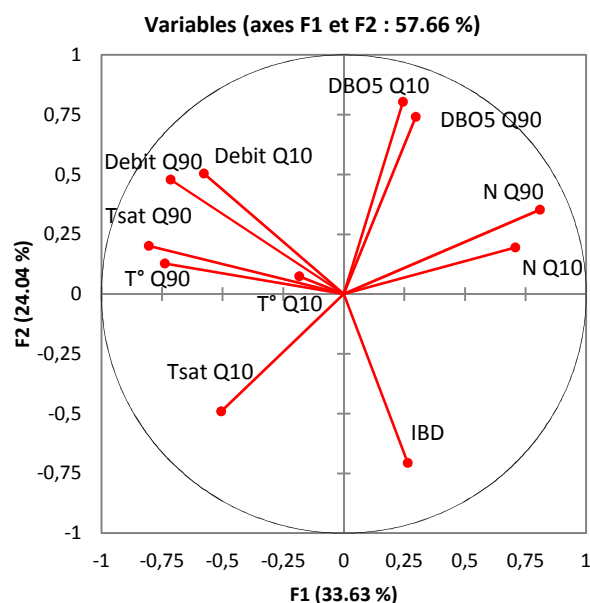


Figure n°9 : Corrélation entre les variables et les facteurs F1 et F2

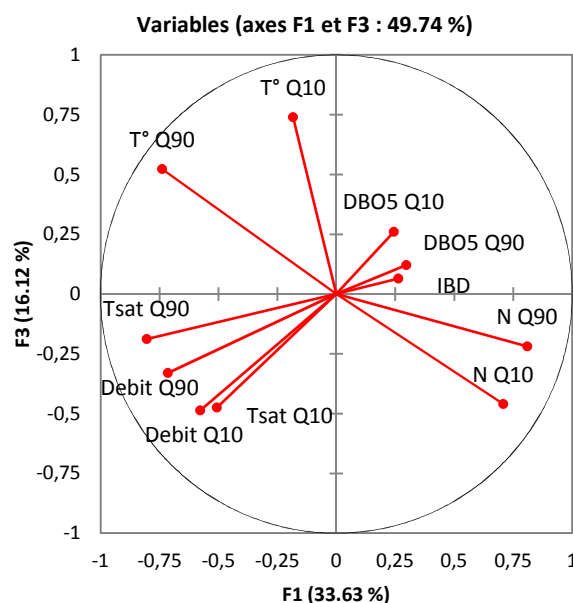


Figure n°10 : Corrélation entre les variables et les facteurs F1 et F3

Coordonnées des observations

Figure n°11 : Coordonnées des observations selon les facteurs F1 et F2

Orange : donnée de la station avant la disparition de l'espèce

Bleu : donnée de la station après la disparition de l'espèce

Vert : donnée de la station où l'espèce est toujours présente

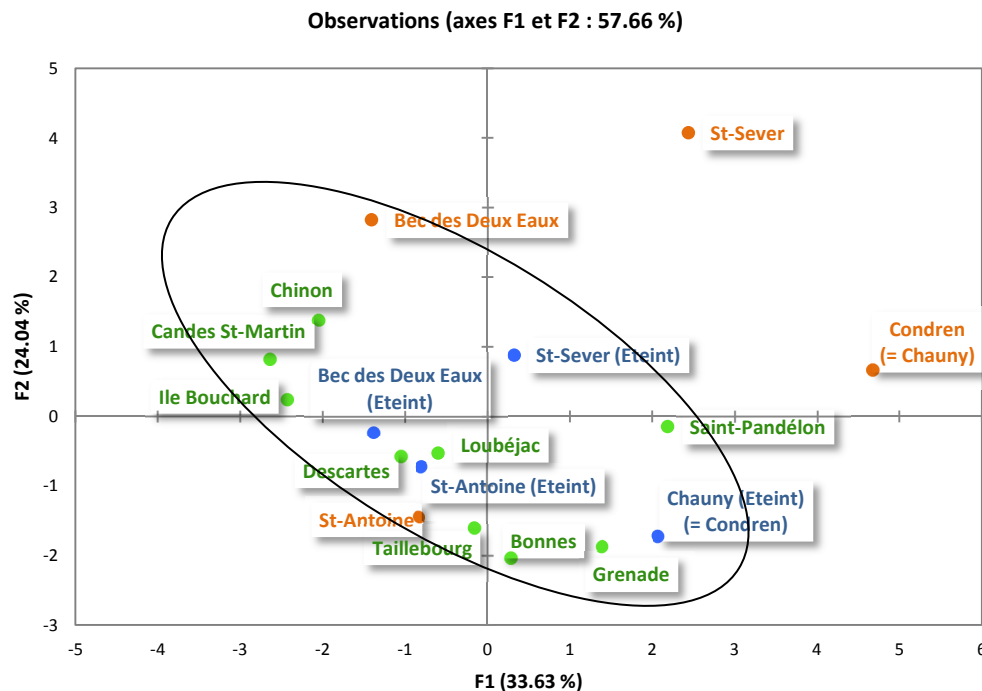
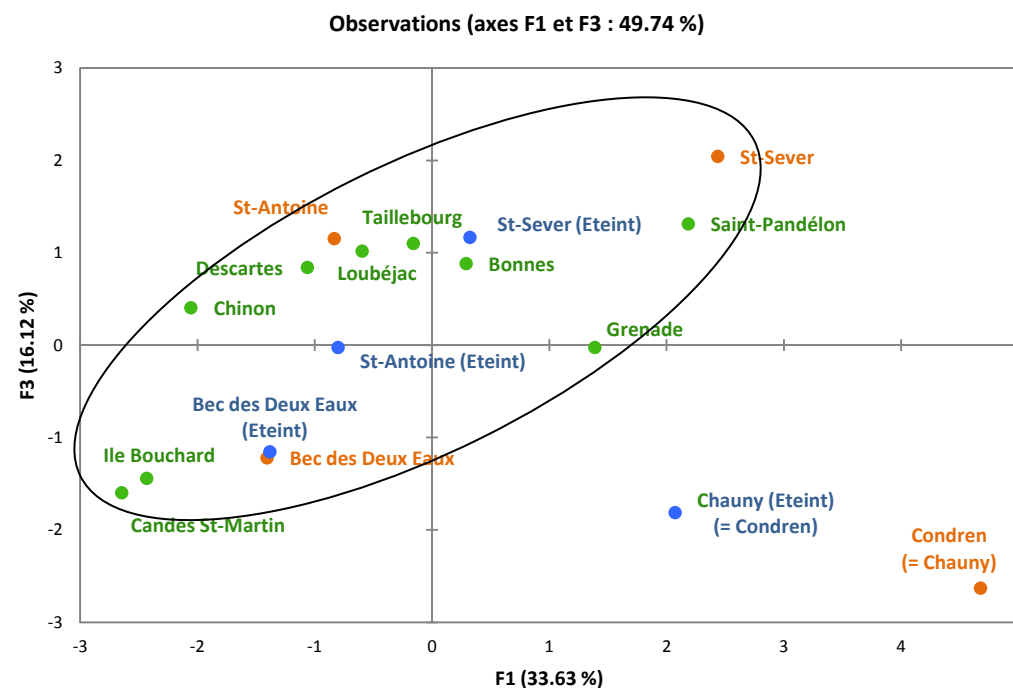


Figure n°12 : Coordonnées des observations selon les facteurs F1 et F3

Orange : donnée de la station avant la disparition de l'espèce

Bleu : donnée de la station après la disparition de l'espèce

Vert : donnée de la station où l'espèce est toujours présente



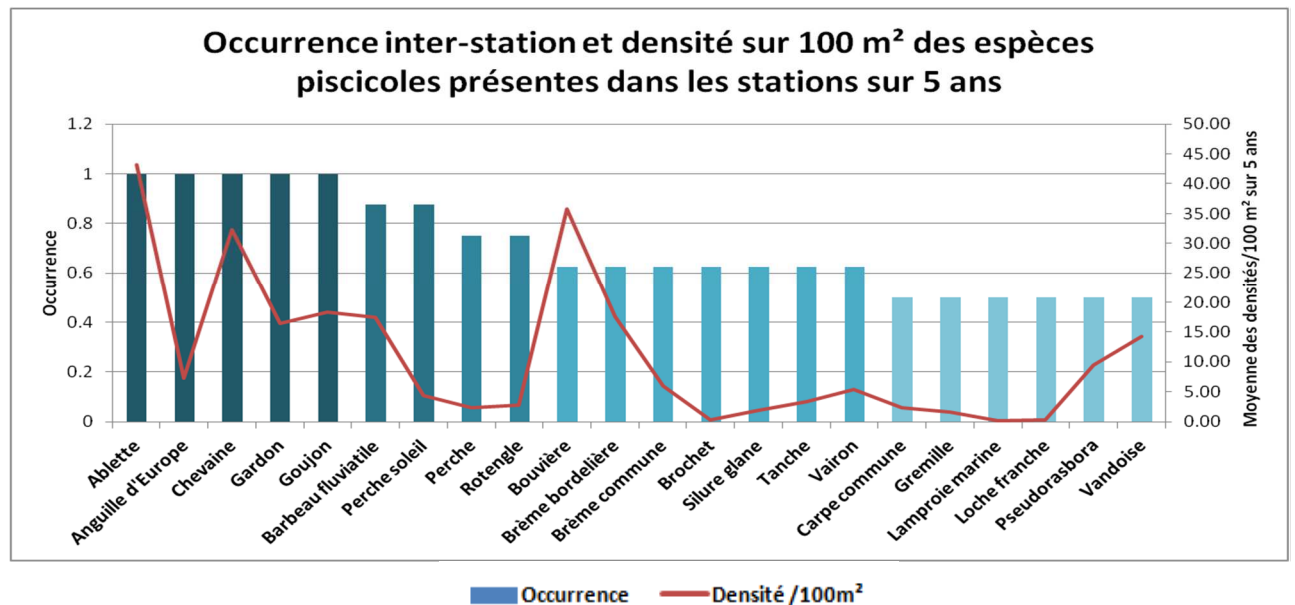
Les stations dont les données sont situées avant la disparition de l'espèce sont graphiquement éloignées les unes des autres (Figure 11 & 12). Cependant la quasi-totalité des stations sont situées dans un même nuage : il ne semble donc pas y avoir de réelle distinction entre les stations, quelle que soit le statut de l'espèce dans ces dernières. Certaines sont cependant éloignées de ce nuage :

- les stations de St-Sever et de Condren, dont les données correspondent à celles avant la disparition de la grande mulette (Figure 11).
- les stations de Condren et de Chauny, deux stations dans l'Oise dont les données correspondent respectivement à celles avant et après la disparition de l'espèce (Figure 12).

En analysant enfin les pourcentages de contribution des variables (Annexe 1), nous pouvons enfin déterminer lesquelles contribuent le plus à nos trois axes F1, F2 et F3 :

- Pour l'axe F1, il s'agit du Q10 et Q90 du nitrate (13 et 17%), et les Q90 du taux de saturation en O2 (17%), de la température (14%), et du débit (13%).
- Pour l'axe F2, il s'agit des Q10 et Q90 de la DBO5 (24 et 20%).
- Pour l'axe F3, il s'agit des Q10 et Q90 de la température (30 et 15%), ainsi que les Q10 du débit (13%), du taux de saturation en O2 (12%), et du nitrate (11%).

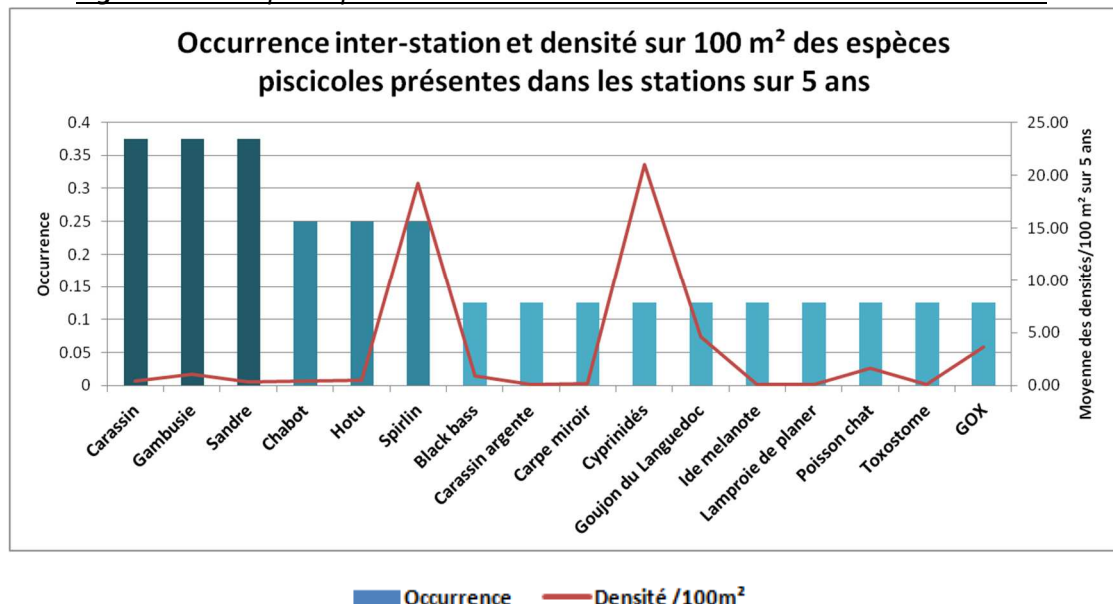
Figure n° 13 : Espèces présentes dans la majorité des stations entre 2008 et 2013



En analysant les occurrences inter-station O2 des espèces piscicoles (Figure 13), on remarque que cinq espèces sont présentes dans la totalité d'entre elles : **l'Ablette**, **l'Anguille d'Europe**, **la Chevaïne**, **le Gardon** et **le Goujon**. Quatre autres espèces sont présentes dans la quasi-totalité des stations : le **Barbeau fluviatile**, **la Perche soleil**, **la Perche** et **le Rotengle**. Les 13 espèces restantes sont présentes dans environ une station sur deux. En tout, 24 espèces sont considérées majoritaires.

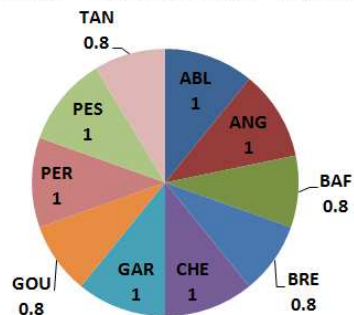
Les espèces possédant des occurrences inter-stations plus faibles (Figure 14), sont elles diverses : certaines espèces sont régionales, telles que le Goujon du Languedoc. D'autres sont introduites, comme la Black Bass à grande bouche, originaire d'Amérique du Nord (<http://www.iucnredlist.org>). Enfin, certains poissons n'ont pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce (*Cyprinidés* et *Gobio sp.*).

Figure n° 14 : Espèces présentes dans une minorité de stations entre 2008 et 2013

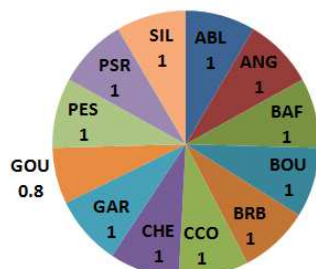


En analysant maintenant les occurrences intra-station O1 (Figure 13), on remarque que certaines stations possèdent un nombre important d'espèces majoritaires, (allant jusqu'à 15 pour la Vienne), tandis que d'autres en possèdent peu (5 espèces pour la Dronne). En moyenne, on trouve 9 espèces majoritaires par station. On retrouve globalement les mêmes espèces dans chacune d'entre elles. Cependant certaines espèces ne sont majoritairement présentes que dans une station bien précise : **le Black Bass** est présent dans l'Isle, le **Brochet** et le **Rotengle** dans la Vienne, la **Carpe commune** et le **Pseudorasbora** dans l'Aveyron, et la **Lamproie marine**, la **Loche franche** et la **Vandoise** dans le Luy. De même, des espèces ne sont majoritairement présentes que dans deux stations : la **Brème commune** est présent dans le Luy et l'Adour, la **Gremille** dans la Vienne et le Luy, la **Perche** et la **Tanche** dans l'Isle et l'Adour, et le **Spirin**, et le **Vairon** dans la Vienne et l'Adour.

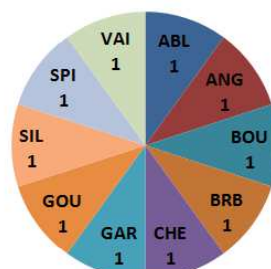
Adour - Grenade-sur-l'Adour



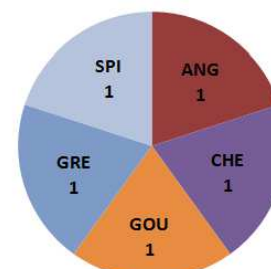
Aveyron - Loubéjac



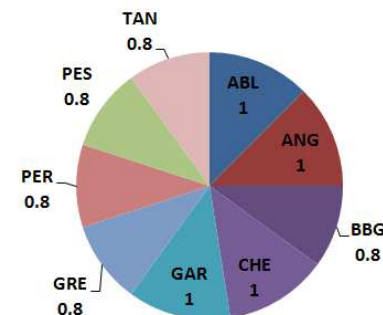
Creuse - Celle-St-Avant



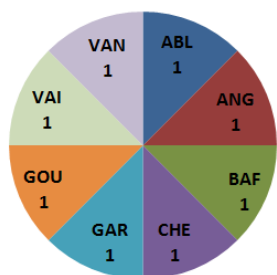
Dronnes - Bonnes



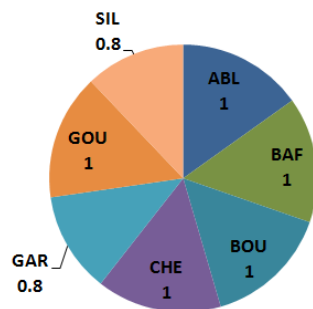
Isle - Coutras



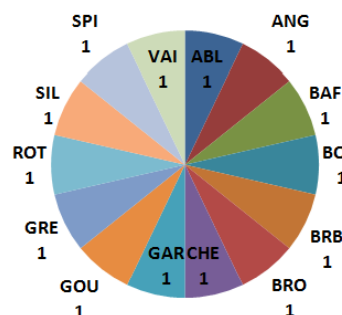
Luy - Dax



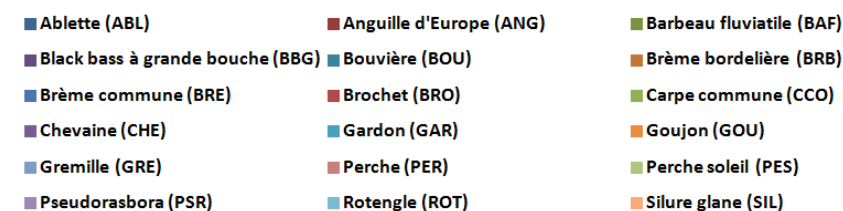
Save - Grenade



Vienne - Candes-St-Martin



Légende



4. Discussion

Figure n°15 : Effectifs sur 5 ans des espèces piscicoles majoritairement présentes dans chaque station

En comparant ces espèces avec les occurrences inter-stations, on remarque que seul le **Black Bass** possède une occurrence O2 faible : toutes les autres possèdent une occurrence O2 élevée. Les espèces possédant une occurrence inter-station faible O2 n'apparaissent donc pas tous les ans dans leurs stations respectives : en effet si celles-ci apparaissaient souvent, elles seraient présentes dans les résultats de nos occurrences intra-stations supérieures à 0.8.

4.1 Classification des stations

En analysant les résultats de l'étude ACP, on remarque que les valeurs des centiles Q10 et Q90 de chaque paramètre sont corrélées entre elles. Cela indique donc que pour cette étude, certaines variables telles que le Q10 du nitrate et de la température auraient par exemple pu être enlevées des variables de l'ACP sans faire varier les résultats.

En observant les variables, nous avons pu isoler le paramètre qui variait le plus selon les différentes stations : il s'agit ici du débit, majoritairement le Q90, qui peut varier entre 8.8 et 341.7 m3/s. En prenant en compte la moyenne des débits uniquement, on obtient le classement des stations suivant :

- Toutes les stations de la Vienne possèdent les débits les plus importants (moyenne supérieure à 90m3/s)
- Les stations de la Charente (59m3/s), la Creuse (52 m3/s), l'Adour (42 m3/s), l'Aveyron et l'Isle (34 m3/s) ont des débits moyens (30 m3/s < moyenne des débits < 60m3/s)
- Les stations de l'Oise (29 m3/s), du Luy (20 m3/s), de la Dronne (12 m3/s) et de la Save (4m3/s) possèdent des débits faibles (moyenne < 30 m3/s)

On peut donc se demander si le débit influe sur les populations de grandes mulettes. En prenant en compte le nombre d'individus selon les cours d'eau (*Richard N., comm. pers.*), on obtient le classement suivant :

Charente >>> Creuse > Luy > Vienne et Dronne > Save (population en déclin)
--

On remarque ici que les débits faibles semblent avoir un effet sur les populations de grandes mulettes : en effet la Save possède les débits les plus faibles, ne dépassant pas 9m³/s, et l'étude menée par Nina Richard semble indiquer que l'espèce est en déclin dans ce cours d'eau. De même, il semblerait que les débits moyens soient favorisés par l'espèce : la Charente et la Creuse, qui possèdent les populations les plus grandes, ont globalement des débits moyens de 50m³/s.

Hormis la valeur de débit, aucun autre paramètre ne semble permettre de classer les stations entre elles. Les stations abritant aujourd'hui encore des grandes mulettes (lot A) ont donc les caractéristiques suivantes : elles présentent des températures dépassant rarement 23°C (hormis en été), et sont globalement bien oxygénées (taux entre 80 et 100%). Leur DBO5 et leur taux de nitrites restent faibles : seule la Save et les stations du lot B ont possédé des valeurs de Nitrites pouvant aller jusqu'à 0.33mg/L. Les populations des stations de ce lot ont ensuite disparu, et celle de la Save est aujourd'hui en déclin : on peut donc ici faire l'hypothèse que des valeurs de nitrites supérieures à 0.1 mg/L peuvent être nocives à la survie de la grande mulette. Enfin, les stations du lot A possèdent une qualité biologique moyenne, les cours d'eau abritant les populations les plus importantes (Charente et Creuse) possédant des notes allant de 14.3 à 13.18 : cela pourrait indiquer que la grande mulette se développe mieux dans des eaux peu affectées par des pollutions organiques et diffuses.

On note ensuite que les stations du groupe B sont éloignées des autres lots (hormis celle du Bec des Deux Eaux) : on peut donc faire l'hypothèse que ces stations ne constituaient pas un environnement convenable à la survie des grandes mulettes, ce qui expliquerait leur disparition. En consultant les données, nous pouvons supposer les différentes causes de l'extinction de l'espèce :

- **L'Isle à St-Antoine** : cette station possède des valeurs de température élevées, notamment en été où celles-ci ont dépassé 24°C. On pourrait supposer que cette température a été nocive à l'espèce, mais cette station possède des valeurs de paramètres très similaires à ceux de la station de Loubéjac dans l'Aveyron, station qui aujourd'hui encore abrite des moules. On peut donc faire l'hypothèse que des facteurs supplémentaires sont intervenus à St-Antoine, et on causé la disparition des moules. Ces derniers ne sont cependant pas visibles dans les données.
- **Oise à Condren** : pour cette station, ce sont les valeurs de nitrites qui sont les plus élevées : leur taux a souvent dépassé les 0.2 mg/L (plus de deux fois par an), et a même atteint 0.3mg/L en Juin 1996 et Juillet 2000. Les valeurs de nitrates étaient également élevées durant cette période : en moyenne on a pu observer un taux de 20mg/L. On peut donc ici faire l'hypothèse que l'association de ces deux composants a fini par causer la disparition de l'espèce, sachant que la faune aquatique est affectée par les nitrites à partir de 0.1mg/L, et par les nitrates à partir de 10mg/L (<http://www.cpepesc.org>)
- **Vienne à Bec des Deux Eaux** : Cette station ne possède pas de variable significative qui pourrait expliquer la disparition de l'espèce. De nombreuses coquilles vides ont également été retrouvées à l'amont du Bec des Deux Eaux, et l'analyse de ces zones pourrait nous donner des pistes sur la raison de l'extinction de la grande mulette : cependant aucune station de données n'existe dans cette zone : il nous est donc impossible de rechercher des causes de disparition plus en amont.

- **Adour à St-Sever** : cette station possède une valeur constante élevée de DBO5 à 5mg(O2)/L et des taux de saturation en oxygène bas, pouvant aller jusqu'à 58% pendant les mois de Juillet et Août 1998. En consultant les autres paramètres disponibles, on a également pu noter que le taux de PO4(3-) était également très haut durant cette période (1.04 mg/L en 1996). Deux pics de DBO5 et de PO4(3-) ont été observés : un de 1996 à 2002, puis un de 2008 à 2011, année de la disparition de l'espèce. On peut donc faire ici l'hypothèse que cette station a été exposée à un apport de matières organiques et des pollutions diffuses de 1996 à 2002 qui ont pu fragiliser la population. Lorsque ces pollutions sont réapparues entre 2008 et 2011, les grandes mulettes auraient alors été incapables de supporter cette nouvelle perturbation, et se seraient alors éteintes.

4.2 Analyses piscicoles

Durant les prospections réalisées dans la **Vienne**, 4 juvéniles ont pu être observés en 2009 (Biotope, 2011). Il en est de même pour la **Charente**, où des prospections réalisées en 2010 ont pu mettre en évidence la présence d'individus dont l'âge a été estimé entre 7 et 16 ans (Biotope, 2012). Des juvéniles ont également pu être observés dans d'autres cours d'eau, tels que la **Creuse**, la **Dronne**, et l'**Adour**. Enfin, des moules sub-adultes ont été observées dans le **Luy** (Richard N., comm. pers.). Il semblerait donc que les populations piscicoles de ces cours d'eaux (Annexe 2) abritent au moins une espèce piscicole susceptible de servir d'hôte à la grande mulette.

Dans le cas de la Charente, nous avons recherché quelles espèces piscicoles étaient présentes entre 1993 et 1995 (Figure 16) : il s'agit en effet de la période durant laquelle les juvéniles auraient pu être enkystés dans les branchies d'un poisson-hôte sous forme de glochidies. La population piscicole s'est avérée être semblable à celle obtenue dans nos résultats : toutefois, il est apparu que l'anguille européenne était l'espèce majoritairement présente dans ce cours d'eau, aussi bien en terme d'occurrence que de nombre d'individus.

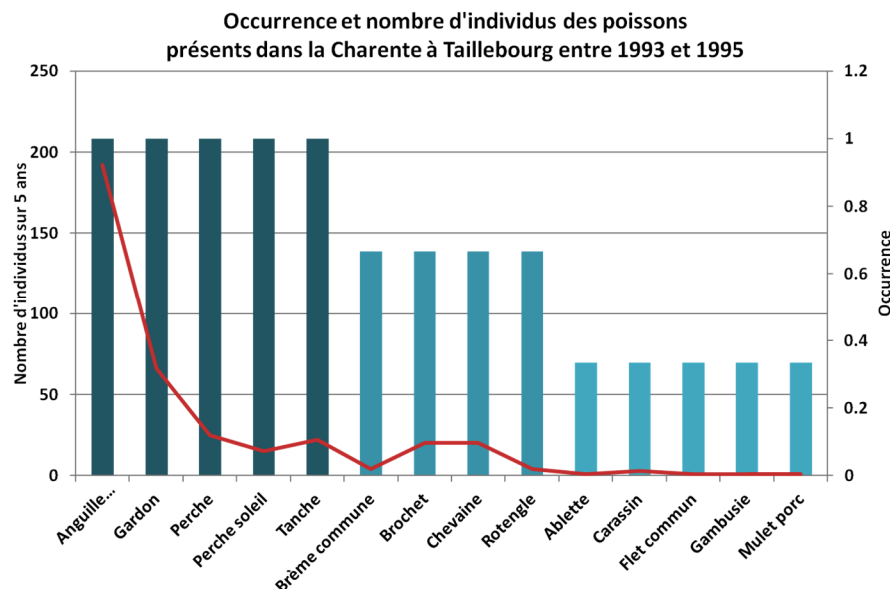


Figure n°16 : Population piscicole de la station Taillebourg sur la Charente entre 1993 et 1995

Plusieurs études espagnoles ont permis de déterminer les poissons-hôtes potentiels de l'espèce : la blennie fluviatile (*Salaria fluviatilis*) l'esturgeon sibérien (*Acipenser baeri*), l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) (Araujo, 2001) et la Gambusie (*Gambusia holbrooki*), espèce présente dans la Save, l'Isle et l'Adour (Lopez & Altaba, 2005). Nous pouvons également nous pencher sur les poissons-hôtes potentiels d'autres espèces de moules : en effet, une étude espagnole de 2004 a pu mettre en évidence que certaines espèces appartenant aux *Margaritifera* possédaient des gènes communs. Cette étude a ensuite formulé l'hypothèse que les moules proches génétiquement pourraient partager les mêmes hôtes (Huff S. et al, 2003).

Nous pouvons étudier plusieurs autres espèces de moules appartenant au genre *Margaritifera* (seules les espèces piscicoles présentes en France seront mentionnées) :

- la moule perlière (*Margaritifera margaritifera*), qui possède deux hôtes : la truite fario et le saumon atlantique (Pouleau T., 2009).
- la *Margaritifera marocana*, une moule vivant au Maroc, qui ne possède pas encore d'étude permettant d'identifier ses hôtes : cependant plusieurs genres ont pu être retenus : *Anguilla* et *Barbus*. Les Salmonidés et les blennies sont également suspectés. (Araujo, 2009 et <http://www.iucnredlist.org/>). Cette espèce semble posséder des poissons-hôtes potentiels proches de ceux de la grande mulette.
- la *Margaritifera falcata*, espèce vivant en Amérique du Nord, qui possède plusieurs hôtes, dont la truite fario (*Salmo trutta*). Ses hôtes potentiels sont également des Salmonidés, ainsi que le chabot (*Cottus asper*), espèce présente dans la Vienne et la Creuse, cours d'eau abritant des juvéniles de grande mulette (<http://www.iucnredlist.org/>).

Plusieurs espèces présentes dans nos cours d'eau sont donc considérées comme hôtes potentiels de ces diverses moules du genre *Margaritifera* : le chabot, le barbeau et l'anguille. Le chabot n'est que peu présent dans la Vienne et la Creuse (respectivement 1 et 10 individus en 5 ans), mais le barbeau et l'anguille apparaissent dans la totalité de nos cours d'eau ou presque : ces espèces piscicoles méritent donc d'être étudiées plus en détail.

5. Conclusion

Suite à cette étude, nous avons pu déterminer le type de station affectionné par la grande mulette. En France, l'espèce semble en effet vivre dans des cours d'eau restant globalement bien oxygénés toute l'année, faiblement affectés par des pollutions organiques ou diffuses, et avec une qualité biologique moyenne. Cette espèce de moule semble capable de tolérer tout type de débit, mais avec une préférence pour les débits moyens (autour de 50m³/s). Il n'est pas possible de déterminer avec certitude les exigences écologiques de la grande mulette, mais nous pouvons formuler diverses hypothèses sur les raisons de sa disparition de certaines stations : ainsi, l'espèce pourrait être affectée par une diminution de l'oxygénation de l'eau en été, si celle-ci dure plusieurs mois, par une pollution diffuse entraînant l'augmentation du taux de PO₄(3-) dans le milieu, et par des taux de nitrites et de nitrates élevés.

Afin de développer nos connaissances sur les stations abritant des grandes mulettes, il serait intéressant de réaliser une nouvelle étude, qui se baserait sur d'autres paramètres. Nous pouvons notamment citer le taux de matières fines en suspension (MES) : en effet une étude réalisée en 2015 a pu mettre en évidence qu'un taux élevé de MES pouvait enrayer la reproduction de certaines espèces de moules (Gasho Landis A. & Stoeckel J., 2015). Etudier ce paramètre pourrait donc nous permettre de formuler des hypothèses sur la sensibilité de la grande mulette au taux de MES. Nous pourrions également déterminer si nos stations possèdent un taux faible ou élevé de matières fines en suspension.

En ce qui concerne les espèces de poissons susceptibles d'être parasités par la grande mulette, aucune étude n'existe à ce jour. Cependant l'étude de plusieurs espèces de mulettes appartenant aux *Margaritifera* nous a permis d'isoler trois espèces, considérées comme hôtes potentiels des moules de cette famille : le chabot, le barbeau et l'anguille. Une étude plus approfondie de ces espèces, et un test réalisé en laboratoire, en introduisant ces poissons dans des cuves en présence de glochidies de grande mulette, pourrait nous permettre de confirmer ou démentir leur statut d'hôte de l'espèce. Diverses espèces servant d'hôte à la mulette épaisse (espèce parfois associée avec la grande mulette) ont également pu être retenus.

6. Bibliographie

ARAUJO R. & RAMOS M.A., 1998 - *Margaritifera auricularia* (Unionoidea, Margaritiferidae), the giant freshwater pearl mussel rediscovered in Spain. **Graellsia** **54** : 129-130.

ARAUJO R. et RAMOS M.A., 2000 - Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (*Bivalvia: Unionoidea*). **Biological Conservation** **96** : 233–239

ARAUJO R., BRAGADO D. & RAMOS M.A., 2001 - Identification of the river blenny, *Salaria fluviatilis*, as a host to the glochidia of *Margaritifera auricularia*. **Journal of Molluscan Studies** **57** : 128-129.

ARAUJO R., CAMARA N., and RAMOS M.A., 2002 - Glochidium Metamorphosis in the Endangered Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793): A Histological and Scanning Electron Microscopy Study. **Journal of Morphology** **254**:259–265.

ARAUJO R., QUIROS M. et RAMOS M.A., 2003 - Laboratory propagation and culture of juveniles of the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). **Journal of Conchology** **38** : 53-60.

ARAUJO R., TOLEDO C., VAN DAMME D., GHAMIZI M. & MACHORDOM A., 2009 - *Margaritifera Marocana* (PALLARY, 1918): a valid species inhabiting moroccan rivers. **Journal of Molluscan Studies** **75**: 95–101pp.

BAUER G. & WATCHEL K., 2001 - **Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida**. Rapport final. Springer Science & Business Media, Berlin.

BIOTOPE, 2011 - **Plan National d'Actions en faveur de la Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) 2012-2017**. Rapport final. MEDDE, Orléans.

BIOTOPE, 2012 - **La Grande Mulette *M. auricularia* dans le Sud-Ouest de la France**. Rapport final 2010-2013.

BONNEMERE L. 1901 - **Les mollusques des eaux douces de France et leurs perles**. Institut international de bibliographie scientifique, Paris.

CHAUSSIS R. & SUAUDEAU R., 2009 - **Morphologie des cours d'eau**. La Selva Editions, Paris.

COCHET, G. 2002 - **La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne et la Creuse**. DIREN Centre & DIREN Poitou-Charente, rapport et atlas : 40+26 pp.

GASCHO LANDIS A. & STOECKEL J., 2015 - Multi-stage disruption of freshwater mussel reproduction by high suspended solids in short- and long-term brooders. **Freshwater Biology** **61** : 229-238.

GOMEZ I & ARAUJO R., 2008 - Channels and ditches as the last shelter for freshwater mussels: the case of *Margaritifera auricularia* and other naiads inhabiting the mid Ebro River Basin, Spain. **Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.** **18**: 658–670.

HUFF S., CAMPBELL D. , GUSTAFSON D., LYDEARD C. , ALTABA C., & GIRIBET G., 2003 - Investigations into the phylogenetic relationships of freshwater pearl mussels (bivalvia: margaritiferidae) based on molecular data : Implications for their taxonomy and biogeography. **Journal of Molluscan studies** **70**: 379–388

LOPES-LIMA M, SOUSA R., GEIST J, ALDRIDGE D, ARAUJO R,

LOPES-LIMA M, SOUSA R, GEIST J, ALDRIDGE D, ARAUJO R, BERGENGREN J, BESPALAYA Y, BÓDIS E, BURLAKOVA I, VAN DAMME D, DOUDA K, FROUFE E, GEORGIEV D, GUMPINGER C, KARATAYEV A, KEBAPCI U, KILLEEN I, LAJTNER J, LARSEN B, LAUCERI R, LEGAKIS A, LOIS S, LUNDBERG S, MOORKENS E, MOTTE G, NAGEL K, ONDINA P, OUTEIRO A, PAUNOVIC M, PRIÉ V, VON PROSCHWITZ T, RICCARDI N, RUDZITE M, RUDZITIS M, SCHEDER C, SEDDON M, EREFLISAN H, SIMIC V, SOKOLOVA S, STOECKL K, TASKINEN J, TEIXEIRA A, THIELEN F, TRICKKOVA T, VARANDAS S, VICENTINI H, ZAJAC K, ZAJAC T & ZOGARIS S, 2016 - Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. **Biological Reviews** **92**, pp. 572-607.

LOPEZ M. & ALTABA R., 2005: Fish host determination for *Margaritifera auricularia* (Bivalvia : Unionoida): results and implications. **Bollettino Malacologico** **41**(9-12): 89-98

LOPEZ M., ALTABA C., ROUAULT T, GISBERT E., 2007 - The European sturgeon *Acipenser sturio* is a suitable host for the glochidia of the freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia*. **Journal of Molluscan studies** **73** : 207-209.

RICHARD N., 2009 - **Impact de l'arasement d'un seuil, le barrage de Maisons-Rouges sur la dynamique sédimentaire ainsi que sur les habitats et espèces faunistiques et floristiques - Campagne 2009**. Université François Rabelais, 260pp.

PRIE V., PHILIPPE L., COCHET G., RETHORET H., FILALI R., 2008 - Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). **MalaCo** **5** : 231-240.

PRIE, V., BOUSQUET, P., SERENA, A., TABACCHI, E., JOURDE, P., ADAM, B., DESCHAMPS, T., CHARNEAU, M., TICO, T., BRAMARD, M. & COCHET, G. 2010 - Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le Sud-ouest de la France. **MalaCo**, **6** : 294-297.

PRIE, V. & COCHET, G., 2010 - Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la grande mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction. **MalaCo**, **6** : 8 pp

POULEAU T., 2009 - **Étude du mésohabitat de la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) : caractérisation des principales altérations**. Rapport final. PNR du Morvan, 99pp.

Animal Diversity Web - University of Michigan Museum of Zoology [en ligne]. Disponible sur : <http://animaldiversity.org/accounts/Unionidae/> (consulté le 06/11/2016)

International Union for the Conservation of Nature - The IUCN Red List of Threatened Species [en ligne]. Disponible sur : <http://www.iucnredlist.org/> (consulté le 15/10/2016)

LIFE + Grande Mulette - Université François Rabelais [en ligne]. Disponible sur : <http://life.univ-tours.fr/> (consulté le 2/12/2016)

BASES DE DONNEES

BANQUE HYDRO - Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie [en ligne]. Disponible sur : <http://www.hydro.eaufrance.fr/> (consulté le 15/10/2016)

IMAGE - Information sur les Milieux Aquatiques pour la Gestion Environnementale (ONEMA)) [en ligne]. Disponible sur : (<http://www.image.eaufrance.fr/poisson/cours/Resultats/> (consulté le 16/10/2016)

OSUR - Mesure de la qualité des eaux de surface (Agence de l'Eau Loire Bretagne) [en ligne]. Disponible sur : http://www.eau-loire-bretagne.fr/informations_et_donnees/donnees_brutes/osur_web (consulté le 15/10/2016)

SIE Adour-Garonne - Système d'Information sur l'Eau du Bassin Adour-Garonne (Agence de l'Eau Adour Garonne) [en ligne]. Disponible sur : <http://adour-garonne.eaufrance.fr/liens/les-sites-du-sie-national/> (consulté le 15/10/2016)

QUALIT'EAU (Agence de l'Eau Seine Normandie) [en ligne]. Disponible sur : <http://qualiteau.eau-seine-normandie.fr/> (consulté le 19/10/2016)

7. Personnes citées

Faisant partie de l'équipe travaillant sur le projet LIFE13 *BIO*/FR/001162 Grande Mulette :

Mme Catherine BOISNEAU :

- Maître de conférences en biologie des populations et écologies aquatiques à l'Université de Tours – UMR 7324 CITERES-
- Directrice du Département IMACOF à l'EPU Polytech'Tours

Mme Nina RICHARD :

- Ingénieure d'étude au CETU Elmis Ingénierie de l'Université de Tours -Chinon

8. Table des matières

N°	Titre	Page
Figure 1	Carte de répartition des cours d'eau et stations à grandes mulettes en France en 2013	8
Tableau 1	Stations où la grande mulette est présente au moins jusqu'en 2013	9
Tableau 2	Stations où la grande mulette est aujourd'hui éteinte	10
Figure 2	Description du débit selon les stations	10
Figure 3	Description de la température selon les stations	11
Figure 4	Description du taux de saturation d'oxygène selon les stations	11
Figure 5	Description de la DBO5 selon les stations	12
Figure 6	Description du taux de nitrites selon les stations	12
Figure 7	Description de la note IBD selon les stations	13
Tableau 3	Relation entre la note IBD et la qualité biologique des cours d'eau	13
Tableau 4	Tableau récapitulatif des stations à grande mulette et des stations et les années retenues pour les analyses, ainsi que le statut actuel de la population	14
Figure 8	Pourcentage de variabilité cumulée selon les valeurs propres des facteurs de l'ACP	16
Figure 9	Corrélation entre les variables et les facteurs F1 et F2	16
Figure 10	Corrélation entre les variables et les facteurs F1 et F3	16
Figure 11	Coordonnées des observations selon les facteurs F1 et F2	17
Figure 12	Coordonnées des observations selon les facteurs F1 et F3	17
Figure 13	Espèces présentes dans la majorité des stations entre 2008 et 2013	18
Figure 14	Espèces présentes dans une minorité de stations entre 2008 et 2013	18
Figure 15	Occurrence sur 5 ans des espèces piscicoles majoritairement présentes dans chaque station	19
Figure 16	Population piscicole de la station Taillebourg sur la Charente entre 1993 et 1995	21

9. Annexes

9.1 Résultats annexes de l'Analyse en Composantes Principales (ACP)

Données de l'ACP

LOT	Cours d'eau	Station	DEBIT		TEMPERATURE		TAUX SAT O2		DBO5		NITRITES		IBD
			Q10 Débit	Q90 Débit	Q10 T°	Q90 T°	Q10 Tsat O2	Q90 TsatO2	Q10 DBO5	Q90 DBO5	Q10 N	Q90 N	IBD
A	La Save	Grenade	1.34	8.828	6	21.2	83.8	105	0.96	2	0.03	0.138	14.35
A	La Dronne	Bonnes	2.592	29.64	7.28	21.24	86.23	103.99	0.5	3	0.019	0.0408	14.26
A	Le Luy	Saint-Pandélon	1.506	50.53	7.5	21.4	71.9	96.65	1	3.71	0.0352	0.1382	13.17
A	L'Aveyron	Loubéjac	4.221	79.96	7.14	23.82	82.12	107.24	0.53	2.47	0.0265	0.0734	11.2
A	La Charente	Taillebourg	11.29	122.4	8.75	23	81.55	104.7	0.5	1.62	0.04	0.08	14.3
A	La Creuse	Descartes	10.8	138	7.6	22.8	83	114	1	2.76	0.02	0.06	13.18
A	La Vienne	Ile Bouchard	33.18	317.3	6.18	22.61	91.97	111.11	0.7	2.1	0.02	0.07	11.24
A	La Vienne	Candes St-Martin	41.85	341.7	5.46	22.94	85.33	115.09	1.14	2.34	0.02	0.06	12.04
A	La Vienne	Chinon	41.85	341.7	9.3	22.86	78.4	108	1.08	2.78	0.03	0.06	11.9
B	L'Oise	Condren	13.48	65.42	5.68	17.85	80	92.2	1.09	3.02	0.1	0.25	11.56
B	L'Isle	St-Antoine	6.398	76.55	8.95	24.16	95.4	105.3	0.8	1.5	0.03	0.11	12.27
B	L'Adour	St-Sever	13.82	97.42	7.7	22.6	64.2	102.4	5	5	0.039	0.201	11.54
B	La Vienne	Bec des Deux Eaux	30.24	258	6.72	23.14	89.6	124.7	2	5	0.05	0.13	11.04
C	L'Oise	Chauny (Eteint)	12.38	47.19	4.98	19.1	86.9	103.65	0.5	3.01	0.05	0.13	15.1
C	L'Isle	St-Antoine (Eteint)	5.849	61.34	5.98	23.61	92.76	112.4	0.9	3	0.0286	0.07539	11.96
C	L'Adour	St-Sever (Eteint)	9.378	117.6	6.98	21.73	71.38	103.4	1	4.26	0.02	0.0571	11.14
C	La Vienne	Bec des Deux Eaux (Eteint)	25.52	182.3	5.85	21.5	90.7	113.69	1.14	2.6	0.02	0.066	12.33

Matrice de Pearson (n) :

Variables	Debit Q10	Debit Q90	T° Q10	T° Q90	Tsat Q10	Tsat Q90	DBO5 Q10	DBO5 Q90	N Q10	N Q90	IBD
Debit Q10	1	0.960	-0.066	0.150	0.154	0.521	0.123	0.027	-0.066	-0.197	-0.409
Debit Q90	0.960	1	0.068	0.342	0.151	0.587	0.059	-0.009	-0.228	-0.350	-0.479
T° Q10	-0.066	0.068	1	0.525	-0.254	-0.101	0.108	-0.085	-0.202	-0.186	-0.046
T° Q90	0.150	0.342	0.525	1	0.196	0.582	0.100	-0.127	-0.645	-0.542	-0.341
Tsat Q10	0.154	0.151	-0.254	0.196	1	0.514	-0.551	-0.549	-0.144	-0.349	0.094
Tsat Q90	0.521	0.587	-0.101	0.582	0.514	1	0.018	0.066	-0.453	-0.513	-0.254
DBO5 Q10	0.123	0.059	0.108	0.100	-0.551	0.018	1	0.664	0.130	0.496	-0.345
DBO5 Q90	0.027	-0.009	-0.085	-0.127	-0.549	0.066	0.664	1	0.196	0.337	-0.365
N Q10	-0.066	-0.228	-0.202	-0.645	-0.144	-0.453	0.130	0.196	1	0.842	-0.045
N Q90	-0.197	-0.350	-0.186	-0.542	-0.349	-0.513	0.496	0.337	0.842	1	-0.072
IBD	-0.409	-0.479	-0.046	-0.341	0.094	-0.254	-0.345	-0.365	-0.045	-0.072	1

Vecteurs propres :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Debit Q10	-0.300	0.310	-0.366	0.300	-0.286	0.173	-0.048	0.120	0.068	-0.211	-0.642
Debit Q90	-0.371	0.295	-0.248	0.311	-0.247	0.034	-0.005	-0.080	0.249	0.177	0.675
T° Q10	-0.095	0.046	0.556	0.553	0.128	0.216	0.410	0.278	-0.145	0.205	-0.051
T° Q90	-0.384	0.079	0.392	-0.021	0.391	0.067	-0.144	-0.429	0.450	-0.348	-0.079
Tsat Q10	-0.263	-0.302	-0.357	-0.109	0.508	0.174	0.085	0.587	0.200	-0.093	0.105
Tsat Q90	-0.418	0.124	-0.141	-0.387	0.166	0.315	0.271	-0.338	-0.441	0.354	-0.081
DBO5 Q10	0.127	0.494	0.195	-0.186	0.058	0.437	-0.438	0.298	-0.287	-0.253	0.214
DBO5 Q90	0.155	0.456	0.091	-0.442	-0.131	-0.086	0.587	0.190	0.392	-0.069	-0.019
N Q10	0.368	0.119	-0.345	0.305	0.318	0.109	0.371	-0.321	-0.205	-0.467	0.157
N Q90	0.421	0.217	-0.165	0.121	0.333	0.258	-0.201	-0.119	0.377	0.573	-0.176
IBD	0.137	-0.435	0.049	-0.086	-0.411	0.715	0.116	-0.130	0.236	-0.109	0.063

Contribution des variables :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Debit Q10	8.999	9.596	13.362	8.991	8.192	3.001	0.226	1.437	0.464	4.463
Debit Q90	13.775	8.677	6.144	9.695	6.099	0.118	0.003	0.640	6.193	3.127
T° Q10	0.905	0.208	30.872	30.606	1.634	4.655	16.807	7.744	2.108	4.197
T° Q90	14.745	0.617	15.390	0.044	15.279	0.454	2.079	18.394	20.265	12.111
Tsat Q10	6.931	9.126	12.730	1.197	25.841	3.036	0.729	34.463	3.984	0.866
Tsat Q90	17.494	1.536	1.984	14.951	2.765	9.918	7.318	11.417	19.447	12.521
DBO5 Q10	1.611	24.431	3.807	3.444	0.338	19.075	19.196	8.893	8.217	6.399
DBO5 Q90	2.393	20.785	0.826	19.567	1.724	0.746	34.499	3.606	15.335	0.483
N Q10	13.553	1.423	11.936	9.293	10.130	1.188	13.743	10.296	4.189	21.797
N Q90	17.717	4.718	2.711	1.475	11.097	6.646	4.048	1.407	14.230	32.854
IBD	1.877	18.883	0.237	0.738	16.902	51.164	1.351	1.702	5.569	1.184

Cosinus carré des variables :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Debit Q10	0.333	0.254	0.237	0.089	0.064	0.016	0.001	0.002	0.000	0.002	0.003
Debit Q90	0.510	0.229	0.109	0.096	0.048	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001	0.003
T° Q10	0.033	0.006	0.547	0.303	0.013	0.025	0.061	0.009	0.001	0.001	0.000
T° Q90	0.545	0.016	0.273	0.000	0.119	0.002	0.008	0.022	0.009	0.004	0.000
Tsat Q10	0.256	0.241	0.226	0.012	0.201	0.017	0.003	0.042	0.002	0.000	0.000
Tsat Q90	0.647	0.041	0.035	0.148	0.022	0.054	0.026	0.014	0.009	0.004	0.000
DBO5 Q10	0.060	0.646	0.068	0.034	0.003	0.104	0.069	0.011	0.004	0.002	0.000
DBO5 Q90	0.089	0.550	0.015	0.194	0.013	0.004	0.125	0.004	0.007	0.000	0.000
N Q10	0.501	0.038	0.212	0.092	0.079	0.006	0.050	0.013	0.002	0.008	0.000
N Q90	0.655	0.125	0.048	0.015	0.086	0.036	0.015	0.002	0.006	0.012	0.000
IBD	0.069	0.499	0.004	0.007	0.132	0.278	0.005	0.002	0.003	0.000	0.000

Contribution des observations (%) :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Bec des Deux Eaux	3.139	17.697	4.957	6.999	9.495	5.260	32.021	1.503	1.285	3.468	0.001
Bec des Deux Eaux (Eteint)	3.054	0.117	4.411	2.932	0.737	0.012	2.374	10.582	15.762	1.484	8.574
Bonnes	0.135	9.211	2.575	2.959	4.423	0.047	5.167	20.552	0.402	5.664	5.125
Candes St-Martin	11.125	1.523	8.497	0.018	6.590	0.047	12.366	9.309	2.687	4.936	0.490
Chauny (Eteint)	6.810	6.558	10.896	3.850	7.036	6.435	1.480	0.131	4.337	3.693	3.195
Chinon	6.715	4.280	0.542	29.807	7.573	0.422	4.887	1.725	0.056	0.096	15.948
Condren	34.807	1.010	22.962	13.183	4.534	4.920	0.168	0.008	5.996	0.140	1.302
Descartes	1.791	0.754	2.342	1.050	0.332	1.850	1.713	2.861	16.570	10.926	12.014
Grenade	3.070	7.812	0.002	2.504	0.031	4.706	9.503	4.451	0.265	22.185	5.119
Ile Bouchard	9.400	0.131	6.912	1.481	0.014	3.172	8.147	4.484	6.179	3.575	32.583
Loubéjac	0.565	0.632	3.439	0.070	6.113	16.369	0.842	12.896	1.998	0.615	4.288
Saint-Pandélon	7.598	0.050	5.707	0.134	3.190	2.032	1.109	1.186	35.914	8.053	0.001
St-Antoine	1.101	4.667	4.395	7.303	30.230	1.154	0.991	13.363	3.479	1.198	2.888
St-Antoine (Eteint)	1.030	1.181	0.002	11.286	12.270	1.854	0.029	0.224	1.508	21.711	0.125
St-Sever	9.456	36.922	13.834	1.790	0.009	8.950	15.083	1.922	0.400	3.210	0.696
St-Sever (Eteint)	0.164	1.716	4.519	2.082	7.339	33.683	2.745	0.123	1.307	0.241	0.128
Taillebourg	0.040	5.738	4.009	12.551	0.086	9.087	1.378	14.680	1.856	8.804	7.521

Diagramme en biplot : relation entre les variables, les observations et les facteurs F1 et F2

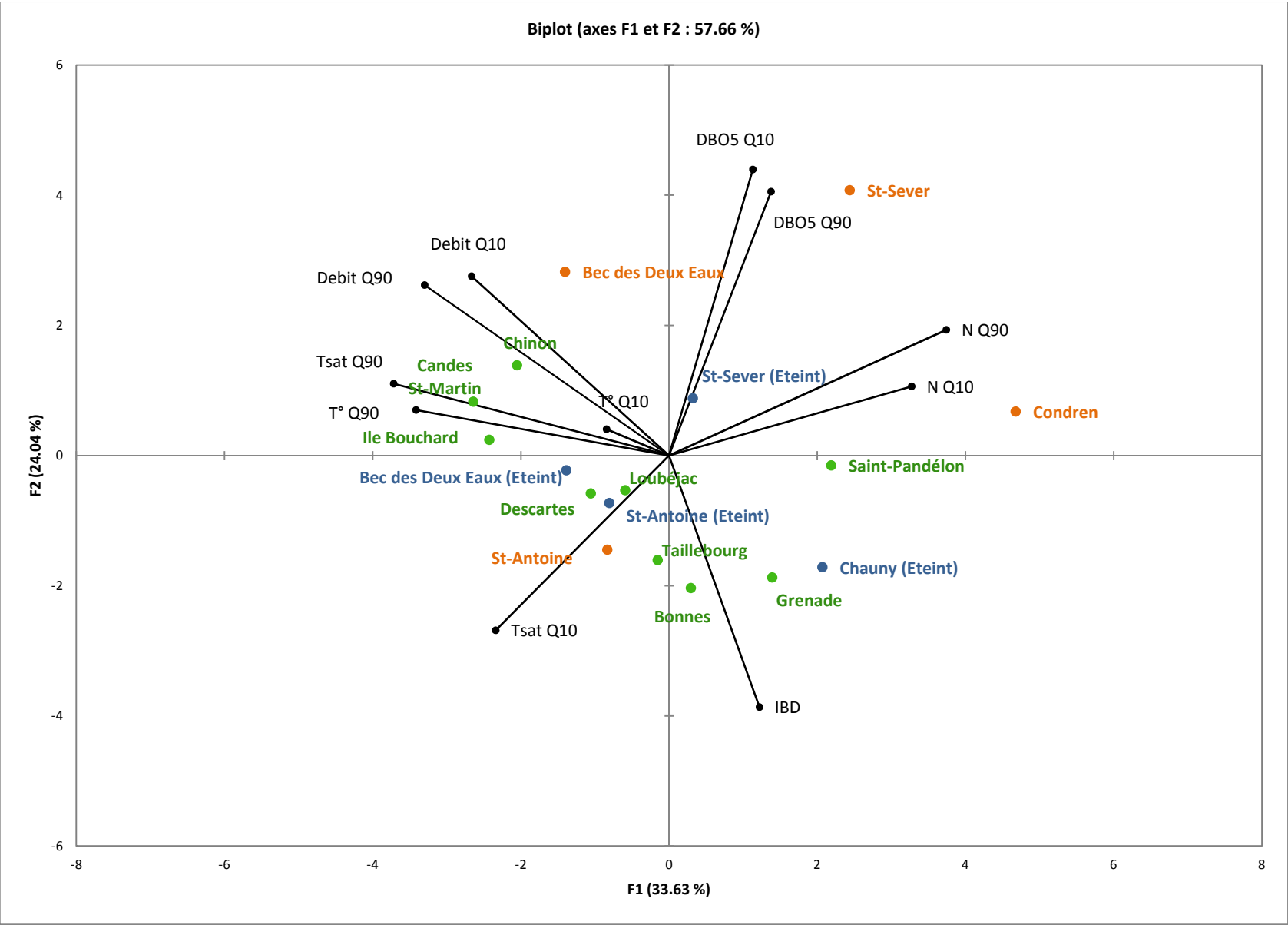
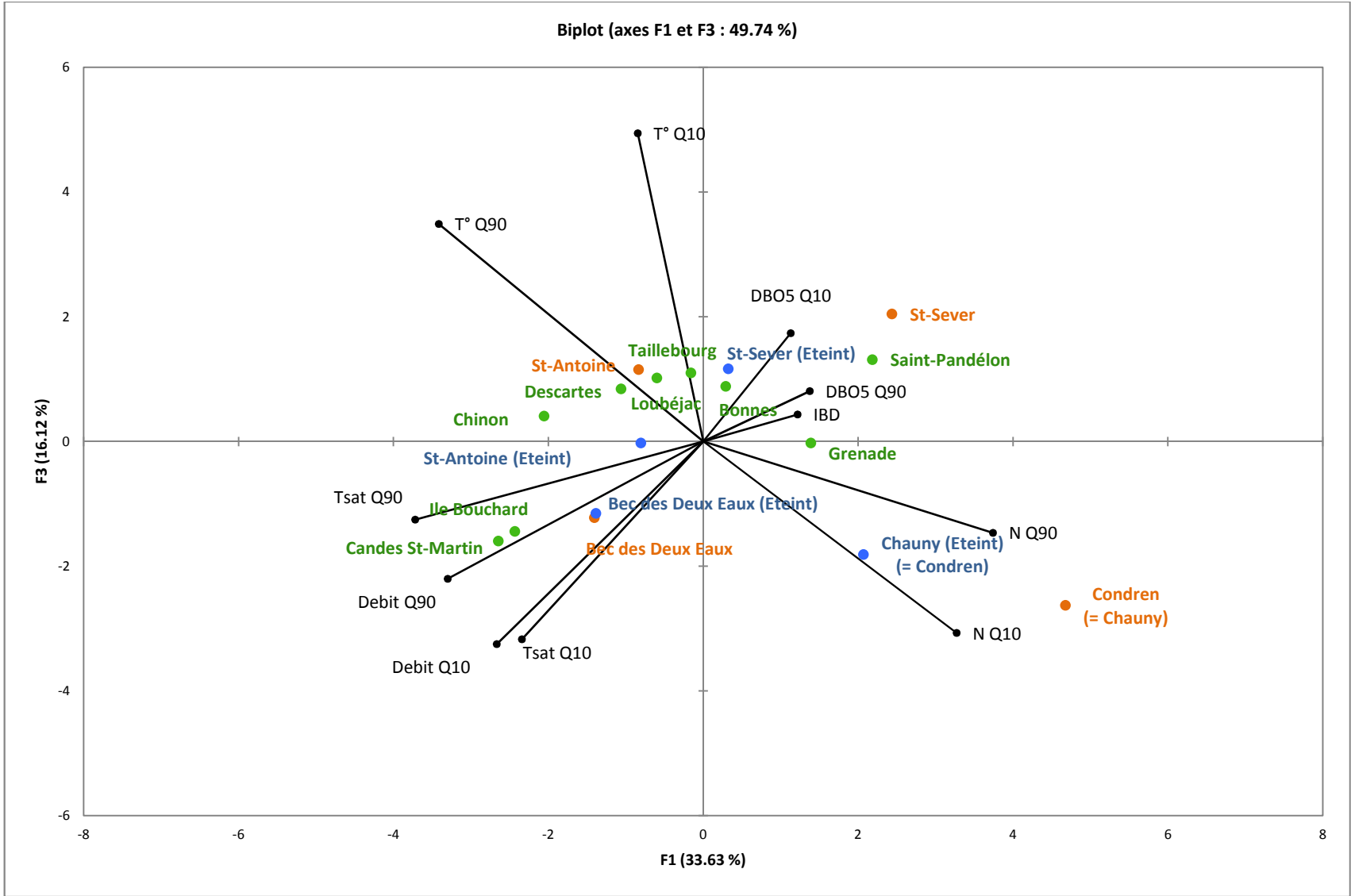


Diagramme en biplot : relation entre les variables, les observations et les facteurs F1 et F3



Cosinus carré des observations :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Bec des Deux Eaux	0.121	0.486	0.091	0.072	0.077	0.030	0.120	0.002	0.001	0.001	0.000
Bec des Deux Eaux (Eteint)	0.436	0.012	0.302	0.112	0.022	0.000	0.033	0.050	0.028	0.002	0.002
Bonnes	0.012	0.602	0.113	0.072	0.085	0.001	0.046	0.062	0.000	0.005	0.001
Candes St-Martin	0.577	0.056	0.211	0.000	0.072	0.000	0.063	0.016	0.002	0.002	0.000
Chauny (Eteint)	0.333	0.230	0.256	0.050	0.073	0.046	0.007	0.000	0.003	0.002	0.000
Chinon	0.332	0.151	0.013	0.394	0.079	0.003	0.024	0.003	0.000	0.000	0.002
Condren	0.671	0.014	0.212	0.068	0.018	0.014	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Descartes	0.384	0.116	0.240	0.060	0.015	0.058	0.036	0.020	0.043	0.023	0.005
Grenade	0.271	0.493	0.000	0.059	0.001	0.061	0.082	0.013	0.000	0.019	0.001
Ile Bouchard	0.636	0.006	0.224	0.027	0.000	0.032	0.054	0.010	0.005	0.002	0.004
Loubéjac	0.082	0.065	0.238	0.003	0.186	0.347	0.012	0.061	0.004	0.001	0.001
Saint-Pandélon	0.631	0.003	0.227	0.003	0.056	0.025	0.009	0.003	0.036	0.006	0.000
St-Antoine	0.070	0.213	0.135	0.125	0.407	0.011	0.006	0.028	0.003	0.001	0.000
St-Antoine (Eteint)	0.129	0.106	0.000	0.378	0.323	0.034	0.000	0.001	0.002	0.026	0.000
St-Sever	0.206	0.576	0.145	0.010	0.000	0.029	0.032	0.001	0.000	0.001	0.000
St-Sever (Eteint)	0.015	0.113	0.199	0.051	0.142	0.454	0.025	0.000	0.001	0.000	0.000
Taillebourg	0.003	0.356	0.167	0.292	0.002	0.116	0.012	0.042	0.002	0.007	0.001

9.2 Populations piscicoles des différentes stations

L'Adour - Grenade sur l'Adour		L'Aveyron - Loubéjac		La Creuse - Celle St-Avant		La Dronne - Bonnes		L'Isle - Coutras		Le Luy - Dax		La Save - Grenade		La Vienne - Candes St-Martin	
Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL	Ablette	ABL
Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG	Anguille d'Europe	ANG
Barbeau fluviatile	BAF	Barbeau fluviatile	BAF	Barbeau fluviatile	BAF	Brème bordelière	BRB	Barbeau fluviatile	BAF	Barbeau fluviatile	BAF	Barbeau fluviatile	BAF	Barbeau fluviatile	BAF
Brème commune	BRE	Bouvière	BOU	Bouvière	BOU	Brochet	BRO	Black bass	BBG	Brème commune	BRE	Bouvière	BOU	Bouvière	BOU
Brochet	BRO	Brème bordelière	BRB	Brème bordelière	BRB	Chevaine	CHE	Bouvière	BOU	Chevaine	CHE	Chevaine	CHE	Brème bordelière	BRB
Carpe commune	CCO	Brème commune	BRE	Brème commune	BRE	Ecrevisse américaine	OCL	Brème bordelière	BRB	Ecrevisse de Louisiane	PCC	Gambusie	GAM	Brochet	BRO
Chevaine	CHE	Carassin	CAS	Brochet	BRO	Ecrevisse de Louisiane	PCC	Brème commune	BRE	Gardon	GAR	Gardon	GAR	Carassin	CAS
Ecrevisse américaine	OCL	Carpe commune	CCO	Carassin argente	CAG	Gardon	GAR	Brochet	BRO	Goujon	GOU	Goujon	GOU	Carpe commune	CCO
Gambusie	GAM	Carpe miroir	CMI	Carpe commune	CCO	Goujon	GOU	Carassin	CAS	Lamproie marine	LPM	Loche franche	LOF	Chabot	CHA
Gardon	GAR	Chevaine	CHE	Chabot	CHA	Gremille	GRE	Chevaine	CHE	Loche franche	LOF	Pseudorasbora	PSR	Chevaine	CHE
Goujon	GOU	Ecrevisse américaine	OCL	Chevaine	CHE	Lamproie de planer	LPP	Cyprinidés	CYP	Perche soleil	PES	Silure glane	SIL	Ecrevisse américaine	OCL
Lamproie marine	LPM	Ecrevisse de Louisiane	PCC	Cyprinidés	CYP	Perche	PER	Ecrevisse américaine	OCL	Vairon	VAI			Gardon	GAR
Perche	PER	Gardon	GAR	Ecrevisse américaine	OCL	Perche soleil	PES	Ecrevisse de Louisiane	PCC	Vandoise	VAN			Goujon	GOU
Perche soleil	PES	Goujon	GOU	Gardon	GAR	Rotengle	ROT	Gambusie	GAM					Gremille	GRE
Poisson chat	PCH	Goujon du Languedoc	GOO	Goujon	GOU	Silure glane	SIL	Gardon	GAR					Hotu	HOT
Rotengle	ROT	Loche franche	LOF	Gremille	GRE	Tanche	TAN	Goujon	GOU					Ide melanote	IDE
Sandre	SAN	Perche	PER	Hotu	HOT			Gremille	GRE					Lamproie marine	LPM
Tanche	TAN	Perche soleil	PES	Lamproie marine	LPM			Perche	PER					Perche	PER
Vairon	VAI	Pseudorasbora	PSR	Loche franche	LOF			Perche soleil	PES					Perche soleil	PES
Vandoise	VAN	Rotengle	ROT	Perche	PER			Rotengle	ROT					Pseudorasbora	PSR
		Silure glane	SIL	Perche soleil	PES			Silure glane	SIL					Rotengle	ROT
		Toxostome	TOX	Pseudorasbora	PSR			Tanche	TAN					Sandre	SAN
		Vairon	VAI	Rotengle	ROT			Vandoise	VAN					Silure glane	SIL
			GOX	Sandre	SAN				GOX					Spirilin	SPI
				Silure glane	SIL									Tanche	TAN
				Spirilin	SPI									Vairon	VAI
				Tanche	TAN									Vandoise	VAN
				Vairon	VAI										

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et
Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement,
Paysage,
Environnement



35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeur de recherche :
BOISNEAU Catherine

MESSAGER Marie
Projet de Fin d'Etudes
DA5 IMA
2016-2017

Titre Recherche de caractéristiques communes aux cours d'eau hébergeant des grandes mulettes (*Margaritifera auricularia*) en France

Résumé :

La grande mulette (*Margaritifera auricularia*) est une espèce filtreuse présente en France, nécessitant la présence d'un poisson-hôte qu'elle va parasiter durant son cycle de vie afin de se développer. Auparavant considérée disparue suite à la disparition de ce poisson, des individus ont été redécouverts en France, dont des juvéniles. Afin d'accroître les connaissances sur l'espèce, les données physico-chimiques, hydrologiques et biologiques de diverses stations abritant la grande mulette ont été rassemblées. Elles ont ensuite été analysées via une analyse à composantes principales (ACP), grâce à laquelle les stations ont pu être classées selon divers paramètres. Cette ACP a révélé que celles-ci étaient globalement bien oxygénées et peu affectées par des pollutions. Les paramètres pouvant potentiellement être nocifs à la grande mulette ont également pu être identifiés.

Dans un second temps, les données piscicoles des stations ont été rassemblées, afin de déterminer les espèces communes, et les poissons-hôtes potentiels de la grande mulette. Pour ce faire, l'occurrence intra-station de chaque espèce a été calculée, ainsi que l'occurrence inter-station de celles-ci : nous avons ainsi pu déterminer les espèces majoritaires. Enfin, les poissons-hôtes potentiels d'espèces de moules proches de la grande mulette ont été recherchées, et croisées avec les données piscicoles. Trois espèces ont été obtenues: le chabot, le barbeau, et l'anguille. Ces espèces seront à étudier plus en détail afin de déterminer si celles-ci sont à même de servir d'hôte à l'espèce.

Mots Clés : grande mulette, programme LIFE, poisson-hôte, perturbations, paramètres hydrologiques, paramètres biologiques, paramètres physico-chimiques, points communs, comparaison de stations